รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

"การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ และการเพิ่มมูลค่าพืชและวัสดุเหลือใช้จากแหล่งการเพาะปลูกจังหวัดน่าน"

(Studies on the Industrial Potential and Value-Added of Plants and By-Products from NAN)

ปีงบประมาณ ๒๕๔๘ - ๒๕๕๐

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ

รศ.ดร.กัลยา เลาหสงคราม

รศ.ดร. สุเมธ ตันตระเธียร

ผศ.ดร. พาสวดี ประทีปะเสน

ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล

ผศ. สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

ผศ.ดร. จิรารัตน์ ทัดติยกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2548-2550 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณยิ่ง

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ดังนี้คือ ส่วนบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์แสงแก้ว คำกวน อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน อาจารย์ปิยะนุช รสเครือ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตน่าน ที่ได้กรุณาช่วยติดต่อและประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ เพื่อการเข้าเยี่ยมชมและสำรวจพืชในจังหวัดน่าน เจ้าอาวาสวัดพญาวัด ชมรมหมอพื้นบ้าน อ.เมือง จ.น่าน คุณพ่ออินปั๋น ทาคำสม, ต.ดู่ใต้ อ.เมือง จ.น่าน คุณสงวน ไทยน้อย, ต.เบือ อ. เชียงกลาง จ.น่าน คุณบุญรวม ยอดศรี สาธารณสุขอำเภอสองแคว อ.สองแคว จ.น่านที่ให้ข้อมูลด้านสมุนไพรพื้นบ้าน ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ตลอดจนสถานที่ในการวิจัย ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์เหล่านี้ทำให้งานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้

งานวิจัยนี้มีส่วนในการสร้างบัณฑิตระดับปริญญาตรีจำนวน 6 คน ปริญญาโทจำนวน 3 คน และปริญญาเอก 1 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. บทนำ

ชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีอย่างยั่งยืนของชาวน่านขึ้นอยู่กับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในจังหวัดน่านอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ดังนั้น นอกจากการศึกษาความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติแล้ว การนำทรัพยากรธรรมชาติเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต้องอาศัยการศึกษาวิจัยคุณค่าเชิงอุตสาหกรรมของทรัพยากรเหล่านั้น

เพื่อเป็นการสืบเนื่องจากการศึกษาความหลากหลายของทรัพยากรชีวภาพของจังหวัดน่านและเพื่อนำพืชที่มีอยู่ในจังหวัดน่านมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าเชิงอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สำหรับประเมินศักยภาพของพืชเหล่านั้น ข้อมูลทางด้านองค์ประกอบและสมบัติเชิงหน้าที่ของสารประกอบในพืชต่างๆ จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชในจังหวัดน่านอย่างมีประสิทธิภาพ และได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มมากที่สุด

นอกจากนี้ ในการที่จะทำให้จังหวัดน่านสามารถดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากทรัพยากรของจังหวัดได้ด้วยตนเองอย่างยั่งยืนในอนาคต ทางโครงการจะต้องสร้างบุคลากรของจังหวัดน่านให้มีความรู้ ความสามารถ และมีความชำนาญในการสานต่องานวิจัยนี้พร้อมกับมีความสามารถที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีต่อไปได้

จากการวิจัยเป็นระยะเวลา3 ปีงบประมาณ (2548-2550) พบว่าพืชที่น่าจะศึกษาถึงศักยภาพในการนำไปใช้ ได้แก่ เกาลัดน่าน ถั่วมะแฮะ กระเจี๊ยบเขียว และพืชสมุนไพร โดยเกาลัดเป็นพืชที่มีการปลูกในจังหวัดน่าน และจังหวัดใกล้เคียง เป็นการปลูกตามบ้าน ซึ่งในปีที่มีการสำรวจเบื้องต้นพบว่ามีปริมาณมากพอสมควร แต่ยังไม่มีการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้ปลูก ฉะนั้นหากมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ก็อาจจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ส่งเสริมให้ปลูกได้ต่อไป สำหรับถั่วมะแฮะเป็นพืชที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อปรับปรุงดินทั้งในจังหวัดน่านและจังหวัดอื่นๆ ของประเทศไทย โดยในปี 2550 มีผลผลิตถั่วมะแฮะแห้งของจังหวัดน่านประมาณ 70 ตัน ดังนั้น เกษตรกรที่ปลูกถั่วมะแฮะจึงมีถั่วมะแฮะเป็นผลผลิตซึ่งนำไปใช้ประกอบอาหารบ้างหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ ขณะที่ถั่วมะแฮะมีแป้ง/สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก (> ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก) ขณะที่แป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะอาจนำมาใช้ได้ทำอาหารแทนแป้งอื่นๆได้อย่างหลากหลาย และอุปกรณ์ในการสกัดแป้ง/สตาร์ชก็สามารถจัดหาได้ไม่ยาก สำหรับสมุนไพรเป็นพืชที่มีการปลูกในท้องถิ่น และมีการศึกษาเกี่ยวกับการสกัด หรือสมบัติของสารสกัดมาบ้างแล้ว งานวิจัยนี้จึงมองถึงการนำสารสกัดนั้นไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และกระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชที่มีการปลูกทั่วไป และมีการส่งออกไปต่างประเทศมากโดยเมือกจากกระเจี๊ยวเขียวมีสรรพคุณทางยาที่มีการรวบรวมไว้ แต่ยังไม่มีการศึกษาสมบัติด้านการไหลของเมือกนั้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการวิจัยเพื่อหากระบวนการและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแป้ง/สตาร์ชที่บริสุทธิ์จากเกาลัดและถั่วมะแฮะ พร้อมทั้งทำการดัดแปรและศึกษาสมบัติของแป้ง/สตาร์ชที่ได้เพื่อประเมินศักยภาพในการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำอาหารที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งจะนำไปสู่การประกอบอาชีพเสริมใหม่ให้แก่เกษตรกรและ/หรือชาวบ้านในจังหวัดน่าน แป้ง/สตาร์ชนอกจากใช้ทำอาหารแล้วยังใช้ในอุตาหกรรมอื่นๆอีกหลายหลากซึ่งต้องการแป้ง/สตาร์ชที่มีสมบัติต่างๆกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงอาจเป็นงานวิจัยที่รองรับอุตสาหกรรมระดับชุมชนที่อาจเกิดในจังหวัดน่านและ/หรือจังหวัดอื่นๆในอนาคต

ซึ่งโครงการวิจัยนี้เป็นงานวิจัยพื้นฐานอันจะนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการแปรรูปผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากพืชที่ปลูกในจังหวัดน่าน และ/หรือจังหวัดใกล้เคียง และสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในพืชของจังหวัดน่าน รวมทั้งนำเสนอแนวทางในการแปรรูปผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มบางชนิด

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาองค์ประกอบ วิธีการสกัดแป้งและสตาร์ช และสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่บางอย่างของแป้งและสตาร์ชจากเกาลัดน่าน รวมถึงการนำแป้งและสตาร์ชไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.2 ศึกษาวิธีการสกัดแป้ง/สตาร์ช และสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่บางอย่างของแป้งจากถั่วมะแฮะจากจังหวัดน่าน

2.3 ศึกษาวิธีการสกัด และสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรที่ปลูกในจังหวัดน่าน และศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เพื่อนำไปทดสอบการลดแบคทีเรียนในผักสด

2.4 ศึกษาวิธีสกัดและและสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมือกในกระเจี๊ยบเขียว รวมทั้งศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในอาหารที่มีไขมันสูง

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

3.1 วิธีการสกัด และสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่บางอย่างของพอลิแซคคาไรด์จากเกาลัดน่าน ถั่วมะแฮะ และกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

3.2 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากพืช และการนำมาใช้ประโยชน์ในการลดแบคทีเรียในผักสด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรมได้

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 วิธีดำเนินการ

จากการเข้าพื้นที่เพื่อสำรวจวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ของท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดน่าน ครั้งแรกเมื่อวันที่ 9-11 มกราคม 2548 โดยได้สำรวจพืชพันธุ์ที่มีขายในตลาดสด อำเภอเมือง พบว่าพืชพื้นเมืองของจังหวัดน่านมีค่อนข้างมากในเชิงชนิด แต่มีปริมาณน้อย และเป็นฤดูกาล มีพืชเพียงไม่กี่ชนิดที่พอจะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม เช่น เกาลัด มะไฟจีน มะแขว่น ข้าวเย็น (เป็นรากไม้สมุนไพร) จะข่านหรือชะข่าน (เป็นรากไม้ที่ใช้ประกอบอาหารเพื่อให้รสเปรี้ยว) มะต๋าว และจากการเยี่ยมชมโครงการภูฟ้าพัฒนา ต.ภูฟ้า อ.บ่อเกลือ พบว่ามีการนำวัตถุดิบท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในโครงการภูฟ้า คือผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก และมะไฟจีน และเมื่อเข้าเยี่ยมกลุ่มสตรีสหกรณ์บ้านหนองบัว ต.ป่าคา อ.ท่าวังผา เพื่อชมการผลิตสาหร่ายไกและผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายไก คณะผู้วิจัยได้เห็นปัญหาในเรื่องการแยกเศษกรวด และสิ่งสกปรกที่ปนกับสาหร่าย เนื่องจากสาหร่ายหลังการตากแห้งจะค่อนข้างละเอียดเป็นผง การแยกเอาเศษกรวดและสิ่งสกปรกออกใช้วิธีฝัดด้วยกระด้ง ทำให้มีเศษผงสาหร่ายฟุ้ง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ทำ จึงเห็นว่าน่าจะมีการศึกษาวิธีการแยกเศษกรวดและผงออกให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยแก่ผู้ทำ ซึ่งกลุ่มวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากพืชท้องถิ่นในจังหวัดน่าน จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ได้รับไปศึกษาเรื่องนี้

นอกจากนี้จากการเข้าพื้นที่ครั้งแรกนี้คณะผู้วิจัยมีโอกาสได้เยี่ยมชมห้องปฏิบัติการในคณะวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตน่าน กิ่งอำเภอภูเพียง อำเภอเมือง ซึ่งมีเครื่องมืออุปกรณ์พร้อมในการทำวิจัยร่วมกัน

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงแบ่งออกเป็น 4 โครงการย่อย ดังนี้

โครงการย่อยที่ 1 การสกัด การศึกษาสมบัติทางกายภาพและการเพิ่มมูลค่าจากพืชและของเหลือจากพืชที่มีการปลูกของจังหวัดน่าน โดยในโครงการย่อยนี้ได้คัดเลือกเกาลัดน่านเป็นวัตถุดิบในการศึกษา (เอกสารแนบที่ 1)

โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาลักษณะและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ (เอกสารแนบที่ 2)

โครงการย่อยที่ 3 การศึกษาสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากพืชที่มีปลูกในจังหวัดน่าน (เอกสารแนบที่ 3)

โครงการย่อยที่ 4 การสกัดและการศึกษาสมบัติของเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว (เอกสารแนบที่ 4)

4.2 ผลการดำเนินการ และวิจารณ์

ดูรายละเอียดในเอกสารแนบที่ 1-4

5. สรุปผลการดำเนินการ

ดูรายละเอียดในเอกสารแนบที่ 1-4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(เอกสารแนบ ๑)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 1
การสกัดแป้งและสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากเมล็ดเกาลัด
Extraction and Physico-Chemical Properties of Flour/Starch from Chestnut (*Sterculia monosperma* Vent.)

ในโครงการวิจัย

"การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ และการเพิ่มมูลค่าพืชและวัสดุเหลือใช้จากแหล่งการเพาะปลูกจังหวัดน่าน"

ปีงบประมาณ 2550

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ

รศ.ดร. กัลยา เลาหสงคราม

ผศ.ดร. พาสวดี ประทีปะเสน

ผศ.ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จากการสำรวจข้อมูลพืชที่มีการปลูกในจังหวัดน่านพบว่า เกาลัดเป็นพืชที่น่าจะมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร หรือใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องจากเกาลัดที่เพาะปลูกในจังหวัดน่านมีลักษณะภายนอกเหมือนเกาลัดจีนที่มีขายทั่วไป แต่เนื้อในมีสีเหลืองอ่อน และมีรสชาติใกล้เคียงกับเมล็ดแปะก๊วย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการสกัดแป้งและสตาร์ชจากเกาลัดน่าน (*Sterculia monosperma* Vent.) และศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ชที่ได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร

จากการศึกษาวิธีการโม่ (โม่แห้ง, โม่เปียก) พบว่า แป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีปริมาณผลผลิตและเส้นใยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แป้งจากการโม่แห้งมีปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้ามากกว่า แต่คาร์โบไฮเดรตและแอมิโลสต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก เม็ดแป้งเกาลัดมีทั้งรูปร่างกลม และรูปไข่ที่มีรอยตัด เม็ดแป้งจากการโม่แห้งสูญเสีย birefringence ไปบางส่วน และมีองค์ประกอบอื่นหรือเม็ดสตาร์ชที่แตกหักเกาะติดอยู่บริเวณผิวชัดเจนกว่าเม็ดสตาร์ชของแป้งโม่เปียก จากการวัดค่าสี พบว่าแป้งโม่แห้งมีค่า L, a และดัชนีความขาวต่ำกว่า แต่ค่า b สูงกว่าแป้งโม่เปียก แป้งโม่แห้งมีปริมาณ damaged starch, ความสามารถในการจับน้ำ, การละลายน้ำ, อุณหภูมิในการเกิดเจล (T_o, T_p และ pasting temperature) สูงกว่า แต่ค่ากำลังการพองตัว, peak viscosity, breakdown, ΔH_{gel} และการคืนตัวต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก จากการศึกษาการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัด โดยแปรชนิดและความเข้มข้นของสารสกัด (น้ำ, สารละลาย $NaHSO_3$ ความเข้มข้น 0.3-0.7% และสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1-0.5%) พบว่าการสกัดด้วยสารละลาย 0.5% NaOH ให้สตาร์ชที่มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด (0.28% db) และจากการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ พบว่าสตาร์ชมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใย และแอมิโลส 99.58%, 0.28%, 0.15% และ 36.63% โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณเถ้าและไขมันน้อยมาก มีลักษณะ birefringence ชัดเจน เม็ดสตาร์ชมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 9.10 μm มีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ C มีช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน 70-81°C และ ΔH_{gel} 18.19 J/g เมื่อวัดสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA ที่ความเข้มข้น 7% พบว่ามี pasting temperature 82.37°C, peak viscosity, breakdown และ setback เท่ากับ 150.53, 17.58 และ 63.36 RVU ตามลำดับ และพบว่าไม่ทนต่อการแช่เยือกแข็ง ละลายน้ำแข็ง จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (3-9) ต่อความหนืดของแป้งและสตาร์ช พบว่าแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่มีความเป็นกรด-ด่าง 9 มีความหนืดสูงที่สุด เมื่อนำสตาร์ชและแป้งจากการโม่เปียกมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริก และใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าสตาร์ชและแป้งเกาลัดสามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริกได้ แต่ไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

Abstract

From the site survey at Nan province, the researchers decided that the chestnut locally planted in the area might have a potential to be used in food industry due to its yellowish color of the meat and the distinct texture and flavor similar to ginko meat. Therefore the aim of this research was to investigate the physicochemical properties of flours and starch from chestnut (*Sterculia monosperma* Vent.), and their uses in food products.

Two milling methods (dry-milling and wet-milling) were studied and found that the yield and fiber content of the dry-milled and wet-milled flours were not significantly different ($p>0.05$). Flour from dry-milling had higher protein, fat and ash and lower carbohydrate and amylose contents than those from wet-milling. The starch granules of both flours were round and half cut oval shape. The dry-milled flour granules were found to lose their birefringence partially and had more other components or damaged starch attached on the surface than the wet-milled flour granules. From the color measurement it was found that the dry-milled flour had lower L, a values and white index, but higher b values than the wet-milling. The dry-milled flour were found to have higher damaged starch, water binding capacity, solubility, onset temperature (T_o), peak (T_p) and pasting temperatures but lower swelling power, peak viscosity, breakdown, enthalpy of gelatinization (ΔH_{gel}) and retrogradation than the wet-milled flour. Type and concentration of extracted solution (water, 0.3-0.7% $NaHSO_3$ and 0.1-0.5% NaOH) were studied. The results showed that starch isolated by using 0.5% NaOH had the lowest protein content (0.28 %db). The starch obtained had carbohydrate, protein, fiber and amylose contents of 99.58%, 0.28%, 0.15% and 36.63%db, respectively, and trace amounts of ash and fat. Clear birefringence of starch granules was observed under the polarized light. The china-chestnut starch granules had the average sizes of 9.10 μm and exhibited a C-type X-ray diffraction pattern. The gelatinization temperature of the starch was 70-81°C and ΔH_{gel} was 18.19 J/g. The pasting properties of starch as measured by RVA at concentration of 7 % showed to be pasting temperature of 82.37°C, peak viscosity, breakdown and setback of 150.53, 17.58 and 63.36 RVU, respectively. In addition, the starch had low freeze-thaw stability. From the study on the effect of pH (3-9) on pasting properties of china-chestnut flour and starch pastes, it was found that the pastes at pH 9 had the highest viscosity. The application of the wet-milled flour and starch showed that they could be used as thickener in acidic food such as chilli sauce but were not suitable for rice noodle.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ดังนี้คือ ส่วนบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาจารย์ปิยะนุช รสเครือ และคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตน่าน ที่ได้กรุณาช่วยติดต่อและประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ เพื่อการเข้าเยี่ยมชมและสำรวจพืชในจังหวัดน่าน ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ ตลอดจนสถานที่ในการวิจัย ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์เหล่านี้ทำให้งานวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้

โครงการวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2548-2550 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณยิ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่	หน้า
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	1
2.1 เกาลัดน่าน	1
2.2 แป้งและสตาร์ช	2
3. ขั้นตอนการทดลอง	
3.1 การหาปริมาณเนื้อและเมล็ดเกาลัด	5
3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัด	5
3.3 การศึกษาผลของวิธีการไม่ต่อสมบัติของแป้ง	5
3.4 การศึกษาการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัด	9
3.5 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัด	10
3.6 การประยุกต์แป้งและสตาร์ชเกาลัดในผลิตภัณฑ์อาหาร	11
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัด	14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติของแป้ง 14

4.3 การสกัดสตาร์ชและสมบัติของสตาร์ชเกาลัดน่าน 21

4.4 การประยุกต์แป้งและสตาร์ชในผลิตภัณฑ์อาหาร 33

5. สรุปผลการทดลอง 39

6. เอกสารอ้างอิง 40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	องค์ประกอบของซอสพริก	11
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัดหลังแกะเปลือก	14
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก	15
4.3	สมบัติทางกายภาพบางอย่างของแป้งเกาลัด	16
4.4	สมบัติด้านความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ที่วิเคราะห์โดย RVA ของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่ระดับความเข้มข้น 7%	20
4.5	สมบัติทางความร้อนของแป้งเกาลัดน่าน	21
4.6	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารสกัดต่อปริมาณผลผลิตและโปรตีน	21
4.7	องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชเกาลัด	22
4.8	สมบัติทางกายภาพของแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH	25
4.9	สมบัติด้านความหนืดของสารละลายสตาร์ชเกาลัดเข้มข้น 7%	27
4.10	สมบัติด้านความร้อนของสตาร์ชเกาลัดที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC	27
4.11	การเกิดรีโทรเกรเดชันที่อุณหภูมิ 4°C ของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก	29
4.12	ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันที่อุณหภูมิ 4°C ของสตาร์ชเกาลัด	30
4.13	ความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดเปรียบเทียบกับซอสพริกทางการค้า	35
4.14	ความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดหลังการปรับขั้นตอนการผลิตเปรียบเทียบกับซอสพริกทางการค้า	36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	สมบัติทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด	38
4.16	คะแนนทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด	38

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3.1	ขั้นตอนการโม่แห้ง	7
3.2	ขั้นตอนการโม่เปียก	8
3.3	ขั้นตอนการสกัดสตาร์ชเกาลัด	10
3.4	ขั้นตอนการเตรียมซอสพริก	12
3.5	ขั้นตอนการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว	12
4.1	รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชในแป้งเกาลัดจากการ (ก) โม่เปียก (ข) โม่แห้ง	16
4.2	ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชของแป้งเกาลัดจากการ (ก) โม่เปียก (ข) โม่แห้ง	17
4.3	กำลังการพองตัวของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90 °C	18
4.4	การละลายของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90 °C	19
4.5	ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชเกาลัด	22
4.6	ขนาดและการกระจายของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด	23
4.7	ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด	23
4.8	X-ray diffraction pattern แสดงโครงสร้างผลึกของสตาร์ชเกาลัด	24
4.9	กำลังการพองตัวของสตาร์ชและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90°C	26
4.10	การละลายของสตาร์ชและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90°C	26
4.11	โครงสร้างของเจล (ก) แป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (ข) สตาร์ชเกาลัด เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็งรอบที่ 1	28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	ผลของ pH ต่อค่า peak viscosity ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด	32
4.13	ผลของ pH ต่อค่า breakdown ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด	32
4.14	ผลของ pH ต่อค่า setbeack ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด	33
4.15	ผลของ pH ต่อค่า pasting temperature ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด	33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. บทนำ

จากการไปสำรวจผลิตผลทางการเกษตรที่มีปลูกใน 3 อำเภอ และการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่าพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ถั่วต่างๆ และเกาลัด คณะผู้วิจัยสนใจเลือกเกาลัดเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ไม่ซ้ำกับที่อื่นและมีผู้ศึกษาการนำไปใช้ประโยชน์ยังไม่มากนัก โดยทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตน่านได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นเกาลัดในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋องวางจำหน่ายในร้านสหกรณ์ของสถาบันเท่านั้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกเกาลัดที่ปลูกในจังหวัดน่านมาใช้เป็นตัวอย่างศึกษา โดยสนใจที่จะศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งและสตาร์ชจากเกาลัดน่าน และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งข้อมูลด้านการวิจัยและพัฒนาของแป้งและสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัดน่านยังไม่มีผู้ศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งและสตาร์ชดังกล่าว

2. วารสารปริทัศน์

2.1 <u>เกาลัดน่าน</u>

เกาลัดน่านเป็นไม้ยืนต้นชนิดหนึ่งในวงศ์ Sterculiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sterculia monosperma* Vent. และมีชื่อพ้องอื่นๆ คือ *Sterculia nobilis* Smith. และ *Southwellia nobilis* Roxb. ซึ่งต่างจากเกาลัดจีน (Chinese chestnut) ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Castanea mollissima* Blume ซึ่งจัดอยู่ในวงศ์ Fagaceae (จำลอง เพ็งคล้าย, 2538) ชื่ออื่นๆ ของเกาลัดน่าน เรียกตามแหล่งเพาะปลูก เช่น ประเทศจีน เรียกว่า เท็งท้อ (Theng-tho) ประเทศไทย (กรุงเทพ) เรียกว่า เกาลัด ทางตอนใต้ของไทย เรียก หงอนไก่ใบใหญ่ เป็นต้น (เต็ม สมิตินันท์, 2544) เกาลัดน่านเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของประเทศจีน ถูกนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยทางภาคเหนือและภาคกลาง เพื่อบริโภคเมล็ด โดยพบในจังหวัดเชียงใหม่, เชียงราย, น่าน, ลำปาง, นครปฐม และยังพบในจังหวัดตรังอีกด้วย นอกจากนี้เกาลัดพันธุ์ดังกล่าวยังมีการแพร่กระจายจากประเทศจีนไปยังประเทศอินเดีย ทางตอนใต้ของประเทศมาเลเซีย ประเทศอินโดนีเซีย และบังคลาเทศ เพื่อใช้เป็นอาหารเช่นกัน (จำลอง เพ็งคล้าย, 2538)

ผลของเกาลัดน่านออกรวมเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มย่อยมักมี 2 ผล ผลมีสีแดงหรือสีแสด รูปร่างมนหรือค่อนข้างกลม เปลือกแข็ง มีขนนุ่มคล้ายกำมะหยี่ เปลือกเป็นคลื่นไปตามรูปเมล็ดที่อยู่ภายใน ปลายผลมักเป็นจะงอยโค้งเล็กน้อย ผลแก่จะแตกออกตามรอยประสานด้านข้าง เมล็ดมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 3 เซนติเมตร แต่ละผลมี 1-2 เมล็ด เกาลัดน่านจะออกดอกเป็นผลระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป (จำลอง เพ็งคล้าย, 2538)

เมล็ดเกาลัดน่านมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 4 กรัม โดยมีส่วนของเนื้อเมล็ด (kernel) ประมาณ 59% โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน (มีโปรตีน 10%) และกรดไขมันที่จำเป็น โดยมีกรดไขมัน

ชนิดไลโนเลอิก 18.24%ของกรดไขมันทั้งหมด ไลโนเลนิก และอะราชิดิก 3.21%ของกรดไขมันทั้งหมด (Berry, 1982)

การบริโภคนิยมนำเกาลัดน่านมารับประทานในรูปของเมล็ดต้มสุก ซึ่งจะมีสีเหลืองคล้ายไข่แดงที่ต้มแล้ว แต่รสชาติไม่เหมือนเกาลัดจีน จึงทำให้ไม่นิยมปลูกเพื่อเชิงการค้า มักพบเจริญเติบโตเองตามป่าธรรมชาติ ซึ่งจะพบเห็นได้ไม่มากนัก ทั้งที่เกาลัดพันธุ์ดังกล่าวเป็นไม้ยืนต้นที่ปลูกง่าย แข็งแรง ไม่มีโรคแมลงรบกวน ติดผลดก และเนื้อในของเมล็ดมีลักษณะเป็นแป้ง (Allen, 1967) ซึ่งเป็นแหล่งของสตาร์ช, โปรตีน และกรดไขมันจำเป็นที่ดีแหล่งหนึ่ง (Berry, 1982)

2.2 <u>แป้งและสตาร์ช</u>

แป้ง (flour) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาบดหรือโม่หรือตีจนละเอียดมาก ดังนั้นแป้งจึงประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และแร่ธาตุ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับวัตถุดิบเริ่มต้น ในขณะที่สตาร์ช (starch) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัตถุดิบทางการเกษตรและใช้กระบวนการผลิตเช่นเดียวกับแป้ง แต่จะมีการแยกเอาองค์ประกอบอื่น ๆ ออกจากวัตถุดิบให้มากที่สุด เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ทำให้สตาร์ชประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ โดยมีองค์ประกอบอื่น ๆ ปะปนมาน้อยมาก ดังนั้นสตาร์ชจึงมีองค์ประกอบ สมบัติและการนำไปใช้แตกต่างจากแป้ง

2.2.1 การโม่แป้ง

แป้ง (flour) ได้จากการแปรรูปสารคาร์โบไฮเดรตที่พืชเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ในรูปของสตาร์ชโดยอาศัยหลักการลดขนาด (size reduction) หรือการโม่ (milling) แป้งจากแต่ละแหล่งแต่ละชนิดมีลักษณะสำคัญทางเคมีและกายภาพเฉพาะตัว เช่น ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง อุณหภูมิในการเกิดเจล (gelatinization temperature) การพองตัว (swelling) การคืนตัว (retrogradation) ความหนืดของแป้ง (paste) เป็นต้น เป็นเหตุให้แป้งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานต่างกัน (Richard,1968)

ก. การโม่แห้ง (Dry milling)

วิธีการโม่ที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งที่ได้ โดยพบว่าแป้งที่ได้จากการโม่แห้ง จะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าวิธีโม่เปียก เนื่องจากในระหว่างการสกัดแป้งด้วยวิธีโม่เปียก โปรตีนที่ละลายน้ำจะถูกชะล้างไป (Chen, Lu and Lii, 1999; Piacquadio, Stefano and Sciacalepore, 2000; Mukprasirt and Sajjaanantakul, 2004)

ข. การโม่เปียก (Wet milling)

โปรตีนและไขมันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว และการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้ง โดยโปรตีนจะไปขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช (Schoch and Maywald, 1968 cited in Galvez and Resurreccion, 1993) ดังเห็นได้จากรายงานของ Mukprasirt และ Sajjaanantakul (2004) ซึ่งพบว่าโปรตีนและไขมันในแป้งเมล็ดขนุนที่ได้จากการโม่เปียก มีปริมาณต่ำกว่าแป้งที่ได้จากการโม่แห้ง

ส่งผลให้ค่า peak viscosity, breakdown และ setback สูงกว่าแป้งที่ได้จากการโม่แห้งอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากโปรตีนที่ละลายน้ำถูกชะออกไป และไขมันสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลสได้

นอกจากนี้วิธีโม่ยังมีผลต่อปริมาณ damaged starch โดยการโม่ข้าวเหนียวแบบแห้งทำให้มีปริมาณ damaged starch สูงกว่าการโม่ข้าวเหนียวแบบเปียก เนื่องมาจากการโม่แห้งมีความร้อนเกิดขึ้น จึงทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนเสียหายและเกิดเจล ส่วนการโม่เปียกเป็นการโม่ข้าวพร้อมกับน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิและแรงเสียดทานในการโม่ จึงทำให้สตาร์ชเกิดการเสียหายน้อยกว่า ดังนั้นจึงมีปริมาณ damaged starch น้อยกว่า (สุพัตรา งามอุรุเลิศ, 2545)

2.2.2 การสกัดสตาร์ช

สารละลายที่ใช้ในการสกัดสตาร์ชจากวัตถุดิบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการสกัดนั้นมีความหลากหลายตามชนิดและส่วนต่างๆ ของพืชที่เป็นวัตถุดิบ แต่โดยทั่วไปจะมีหลักการเดียวกันคือ การทำให้เม็ดแป้งเป็นอิสระจากองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เส้นใย คัพภะ และโปรตีน จากนั้นจึงทำให้บริสุทธิ์โดยการกรอง ล้างด้วยน้ำหรืออาศัยเครื่องเหวี่ยงแยก แล้วจึงสะเด็ดน้ำ และนำสตาร์ชที่ได้ไปอบ (Wurzburg, 1986) โดยประสิทธิภาพของการสกัดสตาร์ชขึ้นอยู่กับการล้างโปรตีนออกจากสตาร์ชเป็นสำคัญ (Graze,1965 อ้างถึงใน ขจี บุญดี, 2543)

จากการศึกษาการสกัดสตาร์ชถั่วเขียวด้วยน้ำ พบว่าการแช่เมล็ดถั่วเขียวในน้ำนาน 18 ชั่วโมง จะทำให้สตาร์ชที่ได้มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า (ประสิทธิภาพในการสกัดดีกว่า) สตาร์ชถั่วเขียวที่ได้จากการแช่น้ำนาน 4 ชั่วโมง และยังพบว่าการสกัดด้วยน้ำจะมีประสิทธิภาพในการสกัด และให้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระยะเวลาเดียวกัน (Galvez and Resurreccion, 1993) เช่นเดียวกับการสกัดสตาร์ชจากกระจับสด (ขจี บุญดี, 2543) ในขณะที่การสกัดสตาร์ชจากกล้วยตานีโดยใช้น้ำ จะได้สตาร์ชที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ (วสันต์ ศิริวงศ์, 2543) นอกจากนี้ยังมีการใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ในการสกัดสตาร์ช โดยพบว่า การใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.5% จะได้สตาร์ชเมล็ดขนุนที่มีโปรตีน 0.81% (Mukprasirt and Sajjaanantakul, 2004) และการใช้สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 0.16% นาน 12 ชั่วโมง ในการสกัดสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์ต่างๆ จะได้สตาร์ชถั่วเขียวที่มีโปรตีนอยู่ในช่วง 0.04-0.09% (Singh, Sanndhu and Kaur, 2004)

ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการสกัดเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของสตาร์ช จากการสกัดสตาร์ชจากถั่วแดงและข้าวฟ่าง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1% และ 0.25% นาน 1 คืน พบว่าปริมาณผลผลิตสตาร์ชที่ได้มีค่าเท่ากับ 46% และ 30% (Lii and Chang, 1981; Sira and Amaiz, 2004)

2.2.3 สมบัติของสตาร์ช

สตาร์ชมีความสำคัญในทางการค้า เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาหารต่างๆ มีการนำสตาร์ชมาใช้เป็นส่วนผสมมากมาย สมบัติขั้นต้นของสตาร์ชในการประยุกต์ในระบบอาหาร ได้แก่ สมบัติการเกิดเจลาติไนเซชัน สมบัติด้านความหนืด ความสามารถในการละลาย สมบัติในการเกิดเจล การพองตัว และความสามารถในการย่อย (Singh, Sanndhu and Kaur, 2004) โดยลักษณะเด่นของสตาร์ชแต่ละชนิด เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างของอัตราส่วนของปริมาณอะมิโลสกับอะมิโลเพกติน และขนาดโมเลกุลของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน โดยองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ก็มีผลต่อสมบัติของสตาร์ชเช่นกัน (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

เนื่องจากสตาร์ชที่มีปริมาณอะมิโลสสูง จะเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งที่แข็งแรง ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดจึงทำให้มีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าการพองตัว (swelling power) และค่าการละลาย (solubility) ต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature) และอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) สูงขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546; Singh, Sanndhu and Kaur, 2004; Osundahunsi *et al*., 2003) และจากการศึกษาสมบัติของสตาร์ชถั่วเขียวพันธุ์ต่างๆ ของประเทศอินเดีย พบว่า สตาร์ชถั่วเขียวมีความสามารถในการการต้านทานการพองตัวสูงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนโดยที่สตาร์ชยังไม่breakdown (Singh, Sanndhu and Kaur, 2004)

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งจากการโม่แบบต่างๆ
2. ศึกษาการสกัดสตาร์ชและสมบัติทางเคมีและกายภาพของสตาร์ช

ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งจะเป็นการขยายการใช้ประโยชน์จากแป้งและสตาร์ชดังกล่าวให้กว้างขวางยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ของการใช้วัตถุดิบภายในประเทศในอุตสาหกรรมแป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้งอีกด้วย และเป็นการนำเกาลัดไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ขั้นตอนการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้งานวิจัย คือ เกาลัด (china-chestnut) *Sterculia monosperma* Vent. จากจังหวัดน่าน โดยนำเมล็ดเกาลัดมาแกะเปลือกออก 2 ชั้น จะได้เนื้อเมล็ดเกาลัด โดยเนื้อเมล็ดเกาลัดที่จะนำไปศึกษาวิเคราะห์จะต้องมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียด สีขาวเหลืองจนเหลืองเข้ม สำหรับเมล็ดที่อ่อนเกินไปซึ่งเนื้อเมล็ดจะมีลักษณะเป็นวุ้นใส จะไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

3.1 การหาปริมาณผลผลิตเนื้อเมล็ดเกาลัด (%yield)

สุ่มตัวอย่างเมล็ดเกาลัดสดทั้งเปลือก มาครั้งละ 500 กรัม แกะเปลือก และชั่งน้ำหนักเนื้อเมล็ดเกาลัดที่ได้ คำนวณปริมาณผลผลิตจากสมการ (1)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อเมล็ดเกาลัด} \times 100}{\text{น้ำหนักเมล็ดเกาลัดทั้งเปลือก}} \qquad (1)$$

ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัด

นำเนื้อเมล็ดเกาลัด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เส้นใยหยาบ ตามวิธี AOAC (1995) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยนำองค์ประกอบอื่น ๆ หักออกจาก 100 ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

3.3 ศึกษาผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติของแป้ง

นำเนื้อเมล็ดเกาลัดมาโม่แห้งและโม่เปียกโดยดัดแปลงวิธีโม่เปียกของ Mukprasirt และ Sajjanantakul (2004) โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

3.3.1 คำนวณปริมาณผลผลิต (% yield) ในรูปของร้อยละโดยน้ำหนักแห้งจากสมการ (2)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่ได้} \times 100}{\text{น้ำหนักเนื้อเมล็ดเกาลัดเริ่มต้น}} \qquad (2)$$

3.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเกาลัด เช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.3.3 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งเกาลัด ดังนี้

3.3.3.1 ค่าสี (L, a, b) โดยใช้เครื่อง Chroma Meter (Minolta รุ่น CR-300 series, Japan) ระบบ Hunter L, a, b และหาค่าดัชนีความขาว (White index) จากสมการ (3) (Chen, Lu, and Lii, 1999)

$$\text{ค่าดัชนีความขาว} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \qquad (3)$$

3.3.3.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH meter (EUTECH รุ่น CyberScan pH 1000 Bench, Singapore) ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.3.3.3 ปริมาณ damaged starch (AACC, 2000)

3.3.3.4 ปริมาณแอมิโลส (Juliano, 1971)

3.3.3.5 รูปร่าง และพื้นผิวเม็ดสตาร์ชของแป้งเกาลัด โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (JEOL รุ่น JSM-5800 LV, Japan) ตามวิธีของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3.6 ลักษณะ birefringence โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus รุ่น CH30RF200) และแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง

3.3.3.7 ความสามารถในการจับน้ำ (Water binding capacity) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Medcalf และ Gilles (1965)

3.3.3.8 กำลังการพองตัวและการละลาย (Schoch, 1964)

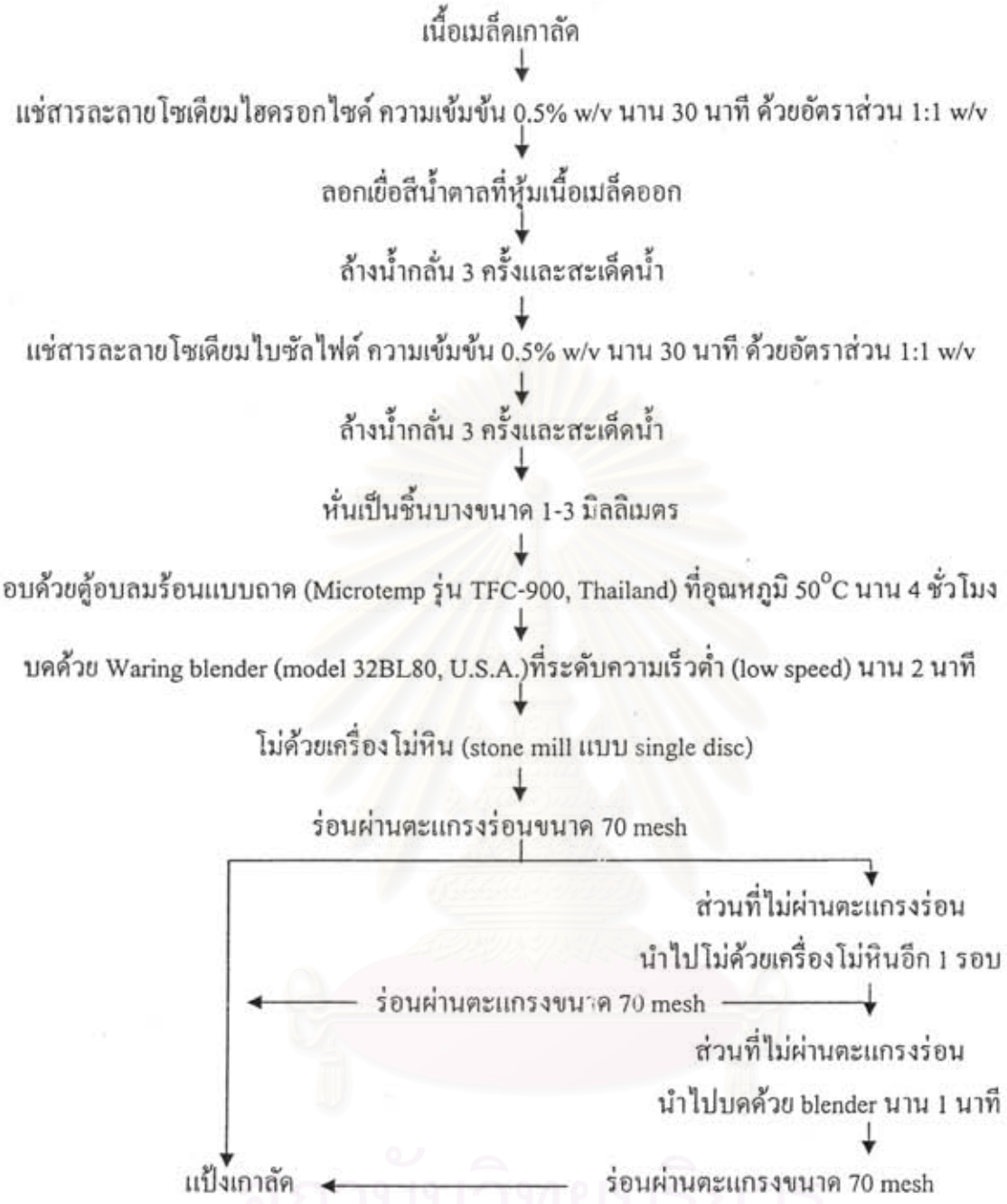
3.3.3.9 สมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA 4 D, Newport Scientific, Pty.Ltd)

3.3.3.10 สมบัติการเกิดเจลาติไนเซชัน โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) (Perkin Elmer รุ่น Diamond DSC, U.S.A.) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Kim และคณะ (1995)

3.3.3.11 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw stability) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Hoover และ Manuel (1995) และถ่ายรูปเจลแป้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus รุ่น CH30RF200)

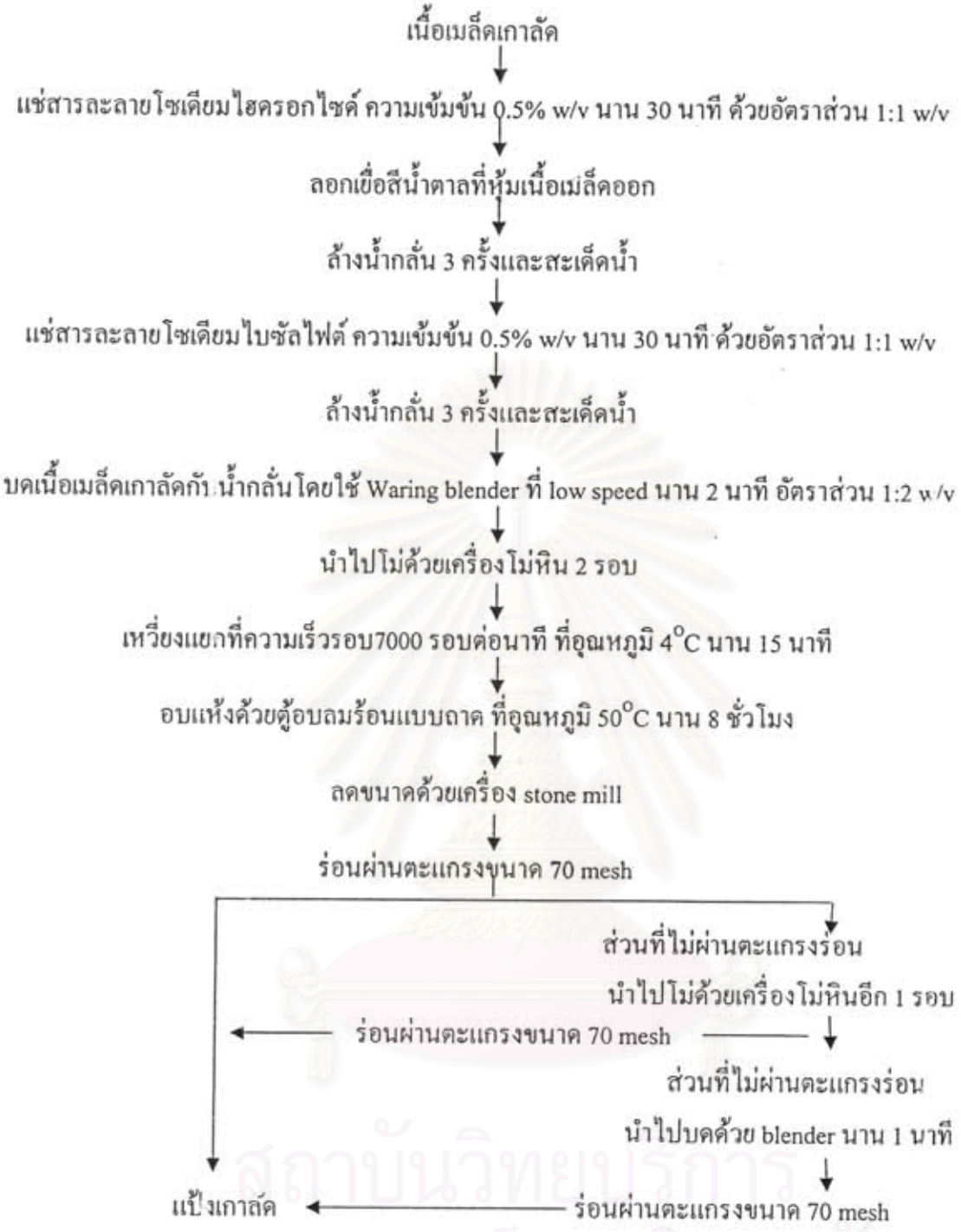
3.3.3.12 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งเกาลัดด้วยเครื่อง DSC โดยเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 7 และ 14 วัน โดยดัดแปลงจากวิธีของ Baker และ Duarte (1995) และคำนวณหาร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันตามสมการ (4)

$$\text{ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชัน (\% retrogradation)} = \frac{\Delta H_{retrogradation} \times 100}{\Delta H_{gelatinization}} \qquad (4)$$



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการโม่แห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการโม่เปียก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 <u>การศึกษาการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัด</u>

สกัดสตาร์ชจากเนื้อเมล็ดเกาลัด (ดัดแปลงวิธีของ Mukprasirt and Sajjaanantakul, 2004) ดังรูปที่ 3.3 โดยแปรชนิดและความเข้มข้นของสารสกัด คือ น้ำ, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้น0.1 %, 0.3% และ0.5 %) และสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ (ความเข้มข้น0.3%, 0.5% และ0.7 %) นำสตาร์ชที่ได้ทั้งหมดมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณปริมาณผลผลิต (%yield) ในรูปของร้อยละของน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC (1995)

เนื้อเมล็ดเกาลัด

↓

แช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น0.5 % w/v นาน 30 นาที ด้วยอัตราส่วน1 :1 w/v

↓

ลอกเยื่อสีน้ำตาลที่หุ้มเนื้อเมล็ดออก

↓

ล้างน้ำกลั่น 3 ครั้งและสะเด็ดน้ำ

↓

แช่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น0.5 % w/vนาน 30 นาที ด้วยอัตราส่วน1 :1 w/v

↓

ล้างน้ำกลั่น 3 ครั้งและสะเด็ดน้ำ

↓

บดกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วย Waring blender ที่ความเร็วต่ำ นาน 2 นาที ด้วยอัตราส่วน1 : 1w/v

↓ ล้างอนุภาคที่ค้างบนตะแกรงด้วยน้ำกลั่น

ร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 mesh

↓

เหวี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7000 rpm ที่อุณหภูมิ4 ^{o}C นาน 15 นาที

↓

นำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยน้ำกลั่น และปรับความเป็นกรดด่างของสารละลายแป้งให้มีค่าเท่ากับ 7.00 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก 1 N

↓

เหวี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ7000 rpm ที่อุณหภูมิ4 ^{o}C นาน 15 นาที

↓

นำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยน้ำกลั่น

↓

เหวี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7000 rpm ที่อุณหภูมิ4 °C นาน 15 นาที

↓

นำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 80%

↓

เหวี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7000 rpm ที่อุณหภูมิ4 °C นาน 15 นาที

↓

นำตะกอนสตาร์ชที่ได้มาล้างด้วยน้ำกลั่น

↓

เหวี่ยงแยกสารละลายด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ7000 rpm ที่อุณหภูมิ4 °C นาน 15 นาที

↓

นำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ50 °C นาน 8 ชั่วโมง

↓

ลดขนาดโดยนำไปบดด้วยเครื่อง blender

↓

ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

↓

สตาร์ชเกาลัด

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสกัดสตาร์ชเกาลัด

เลือกชนิดและความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการสกัดสตาร์ชจากเมล็ดเกาลัดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสารสกัดที่ให้ปริมาณผลผลิตสูง ปริมาณโปรตีนต่ำสุด เพื่อนำสตาร์ชจากเกาลัดที่ได้ไปศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.3 และศึกษาขนาดของเม็ดสตาร์ชเกาลัด โดยใช้เครื่อง Laser particle size analyzer ตามวิธีของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด โดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray diffraction มุมในการวัดตั้งแต่ 4 องศา ถึง 35 องศา

3.5 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัด

นำแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่สกัดได้มาศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความหนืดของแป้งและสตาร์ชเปียก โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งและสตาร์ชเปียกใน heating-cooling cycle ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer และควบคุมความเข้มข้นของสารละลายแป้งและ

สตาร์ชร้อยละ 7 ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรด-ด่าง 3, 5, 7 และ 9 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัดโดยใช้ค่า peak viscosity, breakdown, setback และ pasting temperature

3.6 ศึกษาการนำแป้งและสตาร์ชเกาลัดไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ

นำแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่ผ่านการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพมาใช้ทดแทนแป้งบางชนิดในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ซอสพริก และเส้นก๋วยเตี๋ยว

3.6.1 ศึกษาการใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดในซอสพริก

นำแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่ผลิตได้มาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริก โดยแปรความเข้มข้นของแป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็น 5 ระดับ คือ 1- 5% โดยน้ำหนัก ดัดแปลงสูตรและวิธีการผลิตซอสพริกจากวิธีของกัลยา เลาหสงคราม และคณะ (2546) ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของซอสพริก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
พริกชี้ฟ้าแดงดอง (บริษัท ไทยเทพรส)	28.0	27.7	27.4	27.2	26.9
กระเทียมดอง (บริษัท ไทยเทพรส)	7.3	7.2	7.2	7.1	7.0
น้ำส้มสายชูหมัก ความเข้มข้น 4.2%ยี่ห้อ คิวพี	9.3	9.2	9.1	9.0	8.9
น้ำตาลทราย	28.6	28.3	28.0	27.7	27.4
น้ำ	25.8	25.6	25.3	25.0	24.8
แป้งโม่เปียกหรือสตาร์ชเกาลัด	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผสมส่วนผสมทั้งหมดตามสูตร(ยกเว้นน้ำตาล)ด้วยเครื่องผสม Kenwood model 9070
โดยใช้ความเร็วรอบต่ำสุด เป็นเวลา 1 นาที

↓

ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 5 นาที

↓

เติมน้ำตาลลงในส่วนผสมและคนจนน้ำตาลละลายจนหมด

↓

บรรจุซอสพริกลงในขวดแก้วขณะร้อน ปิดฝาทันที
และทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็น จนมีอุณหภูมิเป็น 30°C

↓

เก็บที่4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาวัดความหนืด

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมซอสพริก

วัดความหนืดของซอสพริกที่ผลิตได้ด้วยเครื่องวัดความหนืด (BROOKFIELD model DVI+) ที่ความเร็วรอบ 100 rpm หัวเข็มเบอร์ 5 วัดความหนืดที่เวลา 30 วินาที เปรียบเทียบกับซอสพริกที่ผลิตในทางการค้า (ซอสพริกศรีราชา ยี่ห้อศรีราชาพานิช ชนิดเผ็ดปานกลาง)

3.6.2 ศึกษาการทดแทนบางส่วนของแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งและสตาร์ชเกาลัดในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว

ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร ของบริษัทชฮเฮง) โดยดัดแปลงจากวิธีของณัฐญา โกมลมณี (2541) ดังรูปที่ 3.5

เตรียมน้ำแป้งข้าวเจ้าความเข้มข้น 32.5% โดยน้ำหนัก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

↓

เทใส่ถาดสเตนเลส ขนาด 18 ซม. x 24 ซม. (กว้างxยาว) ที่ทาน้ำมันพืช

↓

นึ่งเป็นเวลา 4 นาที และผึ่งให้เย็นในถาดนาน 5 นาที

↓

ดึงแผ่นก๋วยเตี๋ยวออกจากถาด และตัดเป็นเส้นขนาด 2 ซม. x 24 ซม. x 0.1 ซม.

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการเตรียมวัตถุดิบพบว่า ได้ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยของเมล็ดเกาลัดหลังแกะเปลือกร้อยละ 74.64 ± 1.87

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัดหลังแกะเปลือก (ตารางที่ 4.1) พบว่าเนื้อเมล็ดเกาลัดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักมากที่สุด คือ 84.71% (%db) รองลงมาคือ โปรตีน เถ้า เส้นใย และไขมัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดเกาลัดหลังแกะเปลือก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%db)*
ความชื้น (%wb)	42.60±0.27
คาร์โบไฮเดรต	84.71±0.27
โปรตีน	6.76±0.05
เถ้า	3.56±0.05
เส้นใย	3.54±0.13
ไขมัน	1.42±0.38

*ค่าเฉลี่ยจากการสุ่มวิเคราะห์ตัวอย่าง 5 ซ้ำ

4.2 ผลของวิธีการ โม่ต่อสมบัติของแป้ง

จากการนำเนื้อเมล็ดเกาลัดไปผ่านการโม่แห้งและโม่เปียกเพื่อผลิตเป็นแป้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 70 mesh พบว่าวิธีการโม่ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยได้ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยร้อยละ 43.78 ± 0.52 โดยน้ำหนักแห้ง

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่ผ่านการโม่แห้งและโม่เปียก (ตารางที่ 4.2) พบว่าวิธีโม่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้าและแอมิโลส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณเส้นใยและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ($p>0.05$) โดยแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและแอมิโลสต่ำกว่า แต่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้า สูงกว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียก ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Chen และคณะ (1999) และ Mukprasirt และ Sajjaanantakul (2004) ที่พบว่าการโม่แห้งจะให้แป้งข้าวเหนียวและแป้งเมล็ดขนุนที่มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าการโม่เปียก ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการโม่เปียก เป็นการโม่วัตถุดิบพร้อมกับน้ำ ทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำได้, น้ำตาล และ

nonstarch-bound lipids บางส่วนถูกชะล้างออกไปกับน้ำในระหว่างการโม่ (Medcalf and Lund, 1985; Juliano and Hicks, 1996)

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสในแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก พบว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งมีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งมีปริมาณไขมันสูงกว่า จึงอาจเกิดสารประกอบเชิงซ้อน amylose-lipid complexes ได้มากกว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียก แอมิโลสจึงไม่สามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนให้สีน้ำเงินได้ ส่งผลให้ปริมาณแอมิโลสในแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งซึ่งวิเคราะห์ด้วย Iodine method มีค่าต่ำกว่าแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%db) ในแป้ง	
	โม่แห้ง	โม่เปียก
คาร์โบไฮเดรต	89.40[a]±0.15	93.64[b]±0.43
โปรตีน	6.37[b]±0.19	3.01[a]±0.15
เถ้า	0.02[b]±0.00	0.01[a]±0.00
เส้นใย[ns]	2.81±0.07	2.80±0.30
ไขมัน	1.40[b]±0.04	0.53[a]±0.01
แอมิโลส	27.17[a]±0.96	29.76[b]±0.17
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)[ns]	6.71±0.01	6.70±0.01

a, b ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

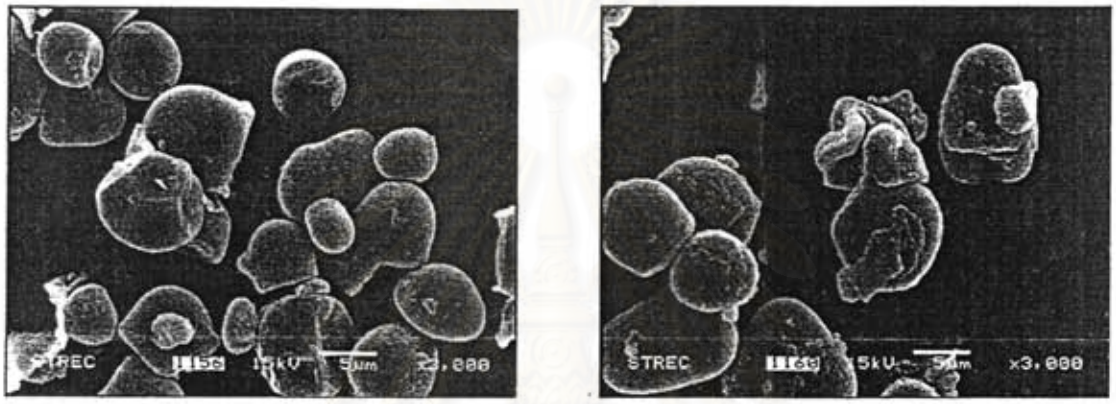
จากการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่ทั้ง 2 วิธี พบว่ามีค่าประมาณ 6.70 ซึ่งเป็นค่าปกติของแป้ง โดยอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับแป้งทางการค้าทั่วไป เช่น แป้งมันสำปะหลัง (pH 4.5-7.0) และแป้งข้าวเจ้า (pH 5.0-7.0) ตาม มอก. 274-2521 (อุตสาหกรรม, 2521) และ มอก. 638-2529 (อุตสาหกรรม, 2529)

4.2.2 สมบัติทางกายภาพของแป้งเกาลัด

4.2.2.1 รูปร่างและพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษารูปร่างและพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชเกาลัดโดยใช้ SEM (รูปที่ 4.1) พบว่า เม็ดสตาร์ชเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก มีทั้งรูปร่างกลม และรูปไข่ที่มีรอยตัดคล้ายเม็ด

สตาร์ชมันสำปะหลัง มีพื้นผิวไม่เรียบ โดยเม็ดสตาร์ชเกาลัดจากการโม่แห้งมีองค์ประกอบอื่นหรือเศษของเม็ดสตาร์ชที่แตกหักเกาะติดอยู่บริเวณผิวของเม็ดสตาร์ชชัดเจนกว่าเม็ดสตาร์ชจากการโม่เปียก ทั้งนี้อาจเนื่องจากในระหว่างการโม่แห้งมีความร้อนเกิดขึ้นจึงทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนเกิดการแตกหักเสียหาย ในขณะที่การโม่เปียกเป็นการโม่พร้อมน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิและแรงเสียดทานในการโม่ (Jomduang and Mohamed, 1994; Lumdubwong and Seib, 2000; Chaing and Yeh, 2002) นอกจากนี้น้ำยังช่วยชะล้างเอาองค์ประกอบอื่นๆ บางส่วนออกไปพร้อมกับน้ำด้วย (Medcalf and Lund, 1985; Juliano and Hicks, 1996)



ก. ข.

รูปที่ 4.1 รูปร่างและลักษณะพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชในแป้งเกาลัดผ่านจากการ (ก) โม่เปียก (ข)โม่แห้ง

4.2.2.2 สีและดัชนีความขาว

จากการวัดค่าสี (L, a, b) พบว่าแป้งจากการโม่แห้งและโม่เปียกมีสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งจากการโม่แห้งมีสีเหลือง (b) และความสว่าง (L) มากกว่า แต่มีสีแดง (a) และดัชนีความขาวน้อยกว่าแป้งจากการโม่เปียก (ตารางที่ 4.3) ทั้งนี้เนื่องจากในการโม่เปียก มีการใช้น้ำในการสกัด ทำให้รงควัตถุภายในเม็ดเกาลัดถูกชะล้างออกไปพร้อมกับน้ำ

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพบางอย่างของแป้งเกาลัด

วิธีโม่	ค่าสี			ดัชนีความขาว	% damaged starch	WBC (g น้ำ/g แป้ง)
	L	a	b			
โม่แห้ง	92.05 ± 0.11^{b}	-1.00 ± 0.07^{b}	20.46 ± 0.05^{b}	81.34 ± 0.26^{a}	6.64 ± 0.29^{b}	1.86 ± 0.04^{b}
โม่เปียก	91.54 ± 0.08^{a}	-0.14 ± 0.04^{a}	11.38 ± 0.27^{a}	88.59 ± 0.06^{b}	2.53 ± 0.22^{a}	1.38 ± 0.04^{a}

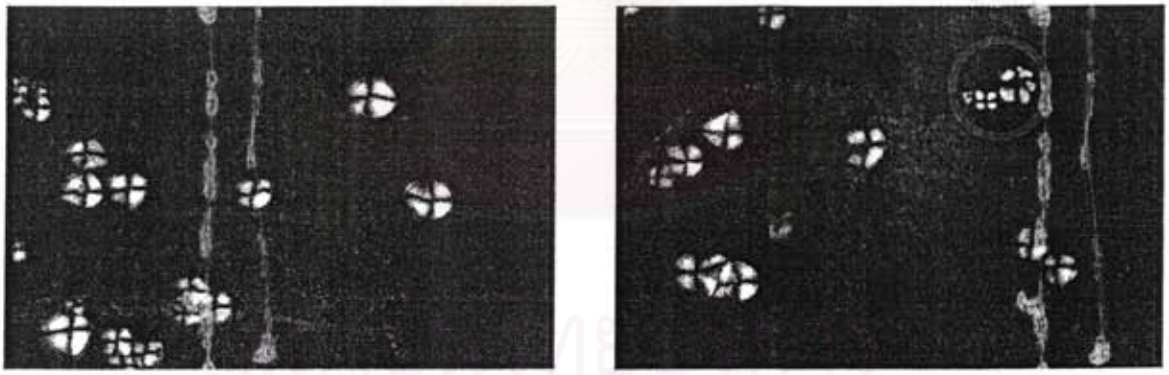
a, b ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

4.2.2.3 ปริมาณ damaged starch

จากการวิเคราะห์ปริมาณ damaged starch ของแป้งจากการโม่แห้งและโม่เปียก (ตารางที่ 4.3) โดยการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) ย่อยตัวอย่างและวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น พบว่าแป้งจากการโม่แห้งมีปริมาณ damaged starch มากกว่าแป้งจากการโม่เปียก เนื่องจากในระหว่างการโม่แห้งมีความร้อนเกิดขึ้น จึงทำให้เม็ดสตาร์ชบางส่วนเกิดการเสียหายและเกิดการเจลาติไนซ์ ส่วนการโม่เปียกเป็นการโม่พร้อมน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิและแรงเสียดทานในการโม่ จึงทำให้สตาร์ชเกิดการเสียหายน้อยกว่า

4.2.2.4 ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชในแป้งเกาลัด

จากการตรวจสอบลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชเกาลัด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์และแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง (รูปที่ 4.2) พบว่า เม็ดสตาร์ชส่วนใหญ่มีตำแหน่งไฮลัมที่จุดศูนย์กลางของเม็ดสตาร์ช แต่เม็ดสตาร์ชบางเม็ดของแป้งจากการโม่แห้งเริ่มมีการสูญเสีย birefringence ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการโม่แห้งมีความร้อนเกิดขึ้น จึงทำให้เม็ดสตาร์ช บางส่วนเกิดการเสียหาย โครงสร้างผลึกภายในเม็ดสตาร์ชถูกทำลาย และอาจเกิดการเจลาติไนซ์ (Gallant, Bouchet, and Baldwin, 1997) ในขณะที่การโม่เปียกเป็นการโม่พร้อมน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระหว่างการโม่ เม็ดสตาร์ชจึงได้รับความเสียหายน้อย และยังคงลักษณะ birefringence



ก. ข.

รูปที่ 4.2 ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชของแป้งเกาลัดจากการ (ก) โม่เปียก (ข) โม่แห้ง

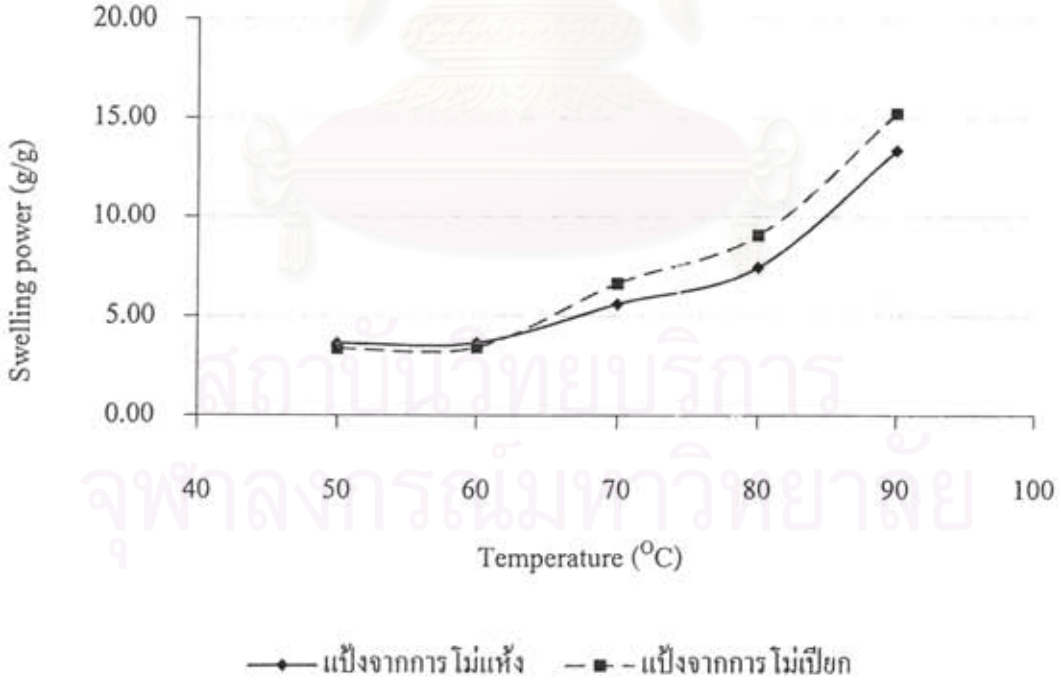
4.2.2.5 ความสามารถในการจับน้ำของแป้งเกาลัด (WBC)

โดยทั่วไปแป้งจะไม่สามารถละลายในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดสตาร์ชจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) จากการวัดค่าความสามารถในการจับน้ำของแป้งจากการโม่แห้งและโม่เปียก พบว่าวิธีการโม่มีผลต่อความสามารถในการจับน้ำ

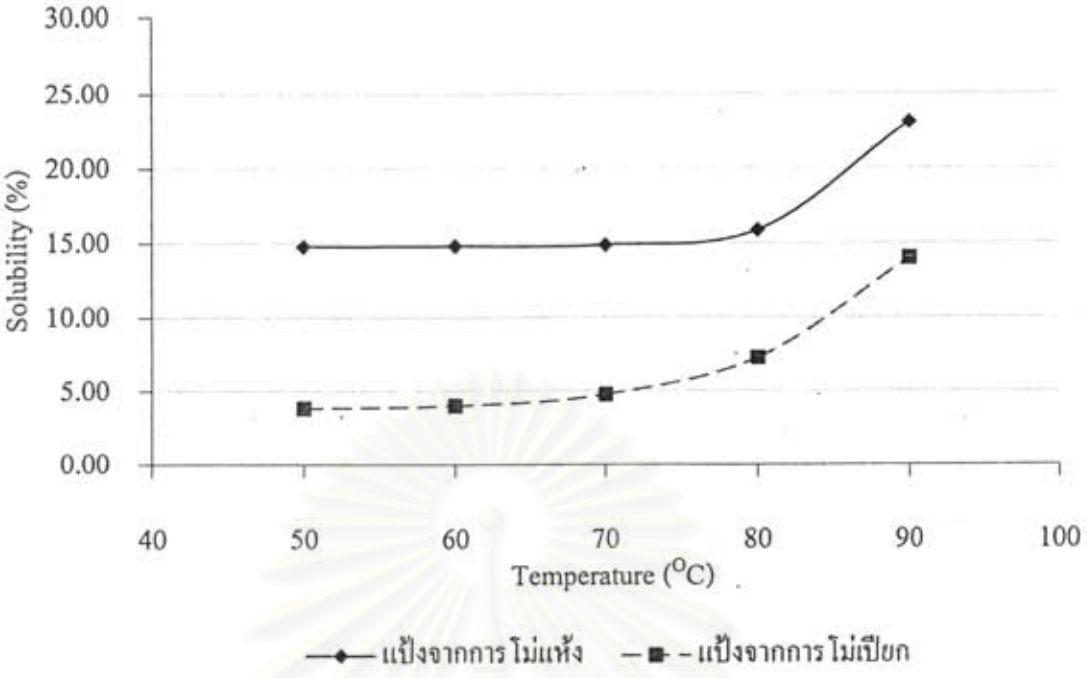
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งจากการโม่แห้งมีค่าความสามารถในการจับน้ำมากกว่าแป้งจากการโม่เปียก (ตารางที่ 4.3) เช่นเดียวกับ Jomduang และ Mohamed (1994) ที่รายงานว่า แป้งข้าวเหนียวจากการโม่แห้งจะมีค่าความสามารถในการจับน้ำมากกว่าแป้งข้าวเหนียวจากการโม่เปียก และยังพบว่าความสามารถในการจับน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ damaged starch คือ ถ้าแป้งมีปริมาณ damaged starch มาก จะมีค่าความสามารถในการจับน้ำได้มากด้วย

4.2.2.6 กำลังการพองตัวและการละลายของแป้งเกาลัด

จากการวัดกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 50, 60, 70, 80 และ 90 °C (รูปที่ 4.3) พบว่าแป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีกำลังการพองตัวค่อนข้างต่ำ โดยกำลังการพองตัวของแป้งเกาลัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน (50 และ 60 °C) แป้งจากการโม่แห้งจะมีค่ากำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งจากการโม่เปียก แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (70 °C) แป้งจากการโม่เปียกจะมีกำลังการพองตัวสูงกว่าแป้งจากการโม่แห้ง และเมื่อวัดค่าการละลาย (รูปที่ 4.4) พบว่าแป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีการละลายเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยแป้งจากการโม่แห้งมีการละลายสูงกว่าแป้งจากการโม่เปียกในทุกช่วงอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากการโม่แห้งทำให้มีปริมาณ damaged starch มากกว่าการโม่เปียก ดังนั้นเมื่อเม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัว โมเลกุลของแอมิโลสในเม็ดสตาร์ชจึงสามารถละลายออกจากเม็ดสตาร์ชได้ง่ายกว่าแป้งที่มีปริมาณ damaged starch น้อย



รูปที่ 4.3 กำลังการพองตัวของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90 °C



รูปที่ 4.4 การละลายของแป้งเกาลัดจากการไม่แห้งและไม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50 - 90°C

4.2.2.7 สมบัติด้านความหนืดของแป้งเกาลัด

จากการศึกษาสมบัติด้านความหนืดใน heating-cooling cycle ด้วยเครื่อง RVA ที่ความเข้มข้น 7 % และ pH 7 พบว่าวิธีการไม่มีผลต่อค่า peak viscosity, breakdown และ setback อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแป้งจากการไม่เปียก จะมีค่า peak viscosity, breakdown และ setback สูงกว่าแป้งจากการไม่แห้ง (ตารางที่ 4.4) ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งเกาลัดจากการไม่แห้งมีปริมาณไขมันและโปรตีนมากกว่าแป้งจากการไม่เปียก ซึ่งไขมันสามารถสร้างพันธะกับแอมิโลสเกิดเป็นโครงสร้างผลึกอย่างอ่อนที่ไปเสริมให้เม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงขึ้น ซึ่งจะไปยับยั้งการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ช ส่วนโปรตีนจะไปขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ชทำให้แป้งมีค่า peak viscosity ต่ำ (Chandrashekar and Kirleis, 1988; Hamaker, Griffin, and Moldenhauer, 1991; Hamaker and Griffin, 1993; Lim *et al.*, 1999)

เมื่อพิจารณาค่า pasting temperature ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อน กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2546) และค่า peak time ซึ่งเป็นเวลาที่ความหนืดมีค่าสูงสุด พบว่าวิธีการไม่ไม่มีผลต่อค่า pasting temperature และ peak time อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.4) แต่ค่า pasting temperature และ peak time ของแป้งเกาลัดจากการไม่แห้งมีแนวโน้มสูงกว่าแป้งจากการไม่เปียก ทั้งนี้เนื่องจากแป้งจากการไม่แห้งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งจากการไม่เปียก ซึ่งโปรตีนในแป้งจะไปจำกัดการพองตัวของเม็ดสตาร์ช (Chandrashekar and Kirleis, 1988; Hamaker, Griffin, and Moldenhauer, 1991;

Hamaker and Griffin, 1993; Lim *et al.*, 1999) นอกจากนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของปริมาณไขมันในแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่ทั้ง 2 วิธี ดังกล่าวข้างต้น

เมื่อเปรียบเทียบกำลังการพองตัวกับค่า pasting temperature ของแป้งเกาลัด พบว่ากำลังการพองตัวของแป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีค่าเพิ่มสูงขึ้นที่ช่วงอุณหภูมิ 80 – 90 °C และค่า pasting temperature จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA มีค่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนี้ค่า pasting temperature และค่า peak time ของแป้งจากการโม่เปียกมีค่าต่ำกว่าแป้งจากการโม่แห้ง แสดงว่าแป้งจากการโม่เปียกสามารถพองตัวได้ง่ายกว่า สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์กำลังการพองตัว ที่พบว่าที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวแป้งจากการโม่เปียกมีกำลังการพองตัวสูงกว่า จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้เร็วกว่า ส่งผลให้ pasting temperature และ peak time ต่ำกว่าแป้งจากการโม่แห้ง แม้จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติก็ตาม

ตารางที่ 4.4 สมบัติด้านความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ที่วิเคราะห์โดย RVA ของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกที่ระดับความเข้มข้น7 %

Pasting properties	โม่แห้ง	โม่เปียก
Peak viscosity (RVU)	$43.97^{a} \pm 3.46$	$88.33^{b} \pm 1.13$
Trough (RVU)	$36.92^{a} \pm 2.89$	$75.42^{b} \pm 1.13$
Breakdown (RVU)	$7.06^{a} \pm 0.70$	$12.92^{b} \pm 0.14$
Final viscosity (RVU)	$38.64^{a} \pm 2.86$	$90.81^{b} \pm 1.25$
Setback (RVU)	$12.25^{a} \pm 1.91$	$29.47^{b} \pm 0.31$
Pasting temperature (^{O}C)^{ns}	84.25 ± 0.44	83.88 ± 0.12
Peak time (minute)^{ns}	7.98 ± 0.10	7.82 ± 0.03

a, b ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.2.8 สมบัติทางความร้อนของแป้งเกาลัดน่าน

จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนของแป้งเกาลัดน่านจากการโม่แห้งและโม่เปียกด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) (ตารางที่ 4.5) พบว่า วิธีการโม่มีผลต่อค่า onset temperature (T_o), peak temperature (T_p), conclusion temperature (T_c) และเอนทาลปีของการเกิดเจลาติไนซ์ (ΔH_{gel}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แป้งจากการโม่แห้งมีค่า T_o, T_p, T_c สูงกว่า แต่มีค่า ΔH_{gel} ต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก อาจเนื่องมาจากแป้งจากการโม่แห้งมีปริมาณ damaged starch และปริมาณโปรตีนมากกว่าแป้งจากการโม่เปียก

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางความร้อนของแป้งเกาลัดน่าน

วิธีโม่	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH_{gel} (J/g)
โม่แห้ง	75.30±0.15[b]	79.70±0.11[b]	84.50±0.20[b]	11.29±0.52[a]
โม่เปียก	73.16±0.18[a]	77.69±0.16[a]	82.64±0.50[a]	14.58±0.31[b]

a, b ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.3 การสกัดสตาร์ชและสมบัติของสตาร์ชเกาลัดน่าน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าชนิดและความเข้มข้นของสารสกัดไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตสตาร์ชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.6) แต่มีผลต่อปริมาณโปรตีนในสตาร์ช โดยเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนจะลดลง และการสกัดด้วยสารละลาย NaOH 0.5% w/v จะให้สตาร์ชที่มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด

ตารางที่ 4.6 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารสกัดต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณโปรตีน

สารละลาย ที่ใช้ในการสกัดสตาร์ช	ปริมาณผลผลิตของสตาร์ช (% โดยน้ำหนักแห้ง)[NS]	ปริมาณโปรตีนในสตาร์ช (% โดยน้ำหนักแห้ง)[1]
น้ำ	25.73±0.52	1.21±0.01[f]
0.3% w/v $NaHSO_3$	25.39±1.74	1.18±0.02[f]
0.5% w/v $NaHSO_3$	24.99±0.81	1.08±0.04[e]
0.7% w/v $NaHSO_3$	25.74±1.21	1.01±0.02[d]
0.1% w/v NaOH	24.96±1.05	0.60±0.02[c]
0.3% w/v NaOH	24.53±1.70	0.33±0.01[b]
0.5% w/v NaOH	25.79±0.47	0.28±0.01[a]

[1] ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

[NS] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชเกาลัด

จากตารางที่ 4.7 พบว่าสตาร์ชเกาลัดที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง มีปริมาณโปรตีน 0.28% ปริมาณเส้นใย 0.15% มีเถ้าและไขมันในปริมาณน้อยมาก และมีปริมาณแอมิโลส 36.63% โดยค่า pH อยู่ในเกณฑ์ปกติคือ6.78 ± 0.01

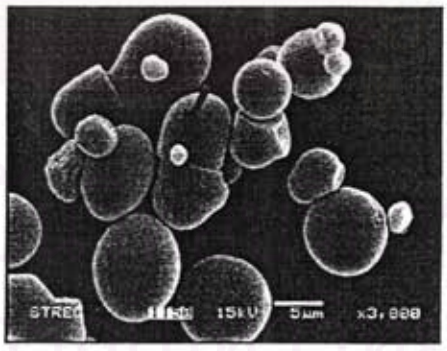
ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชเกาลัด

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%db)*
คาร์โบไฮเดรต	99.58 ± 0.05
โปรตีน	0.28 ± 0.01
เถ้า	trace
เส้นใย (crude fiber)	0.15 ± 0.06
ไขมัน	trace
แอมิโลส	36.63 ± 0.30
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.78 ± 0.01

*ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.3.2 รูปร่างและพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษารูปร่างและพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด โดยใช้กล้อง SEM (รูปที่ 4.5) พบว่า เม็ดสตาร์ชมีทั้งรูปร่างกลม และรูปร่างคล้ายไข่ที่มีรอยตัดเช่นเดียวกับแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งและโม่เปียก แต่มีลักษณะสภาพพื้นผิวเรียบ แสดงว่าการใช้สารละลาย NaOH ในการสกัดสตาร์ช ไม่ทำให้รูปร่างของเม็ดสตาร์ชเปลี่ยนแปลง แต่ทำให้สภาพพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัดเรียบขึ้น อย่างไรก็ตามยังพบองค์ประกอบอื่นหรือเศษของเม็ดสตาร์ชที่แตกหักเกาะติดอยู่ (บริเวณลูกศรชี้)

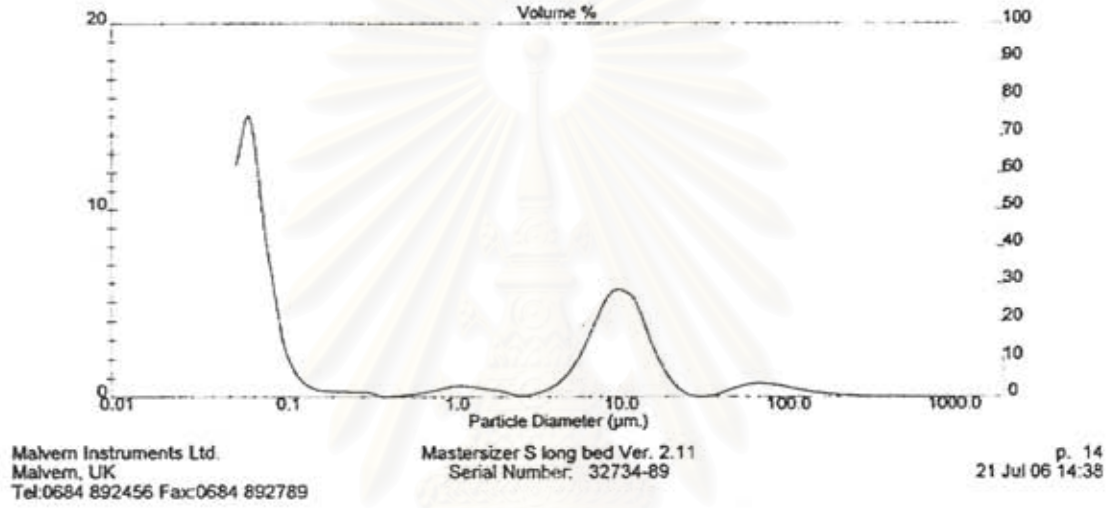


รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายจาก SEM แสดงลักษณะพื้นผิวของเม็ดสตาร์ชเกาลัด (หัวลูกศรแสดงบริเวณที่องค์ประกอบอื่นหรือเศษของเม็ดสตาร์ชที่แตกหักเกาะติดอยู่บนผิวของเม็ดสตาร์ช)

4.3.3 ขนาดและการกระจายของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษาขนาดและการกระจายของเม็ดสตาร์ช ด้วยเครื่อง laser particle size analyzer (รูปที่ 4.6) พบว่าเม็ดสตาร์ชเกาลัดมีขนาดอยู่ในช่วง 0.06 – 15.82 ไมครอน โดยมีขนาด

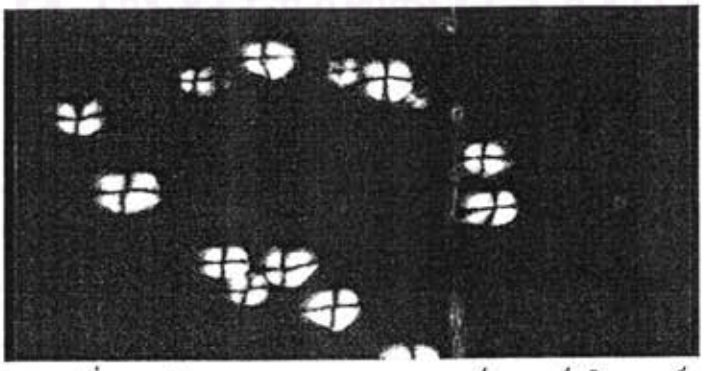
เฉลี่ยเท่ากับ 9.10 ± 0.04 ไมครอน ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของศจี น้อยดั้ง, ศรินทิพ สุกใส และอมร เพชรสม (2548) ที่พบว่าขนาดของเม็ดสตาร์ชเกาลัดที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM อยู่ในช่วง 10 – 15 ไมครอน นอกจากนี้เม็ดสตาร์ชเกาลัดยังมีขนาดใกล้เคียงกับสตาร์ชเมล็ดขนุน (6 - 9 ไมครอน) (Mukprasirt and Sajjanantakul, 2004) ซึ่งจัดว่าเป็นสตาร์ชที่มีเม็ดสตาร์ชขนาดค่อนข้างเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับสตาร์ชจากธัญพืชและพืชหัว ซึ่งมีขนาดเม็ดสตาร์ชเฉลี่ย 11.7 – 38.3 μm ยกเว้นสตาร์ชข้าวที่มีขนาดเม็ดสตาร์ชเฉลี่ยเล็กกว่าสตาร์ชเกาลัด โดยมีขนาดเม็ดสตาร์ชเฉลี่ยเพียง 6.4μm (Li and Yeh, 2001)



รูปที่ 4.6 ขนาดและการกระจายของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด

4.3.4 ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชเกาลัดในสตาร์ชเกาลัด

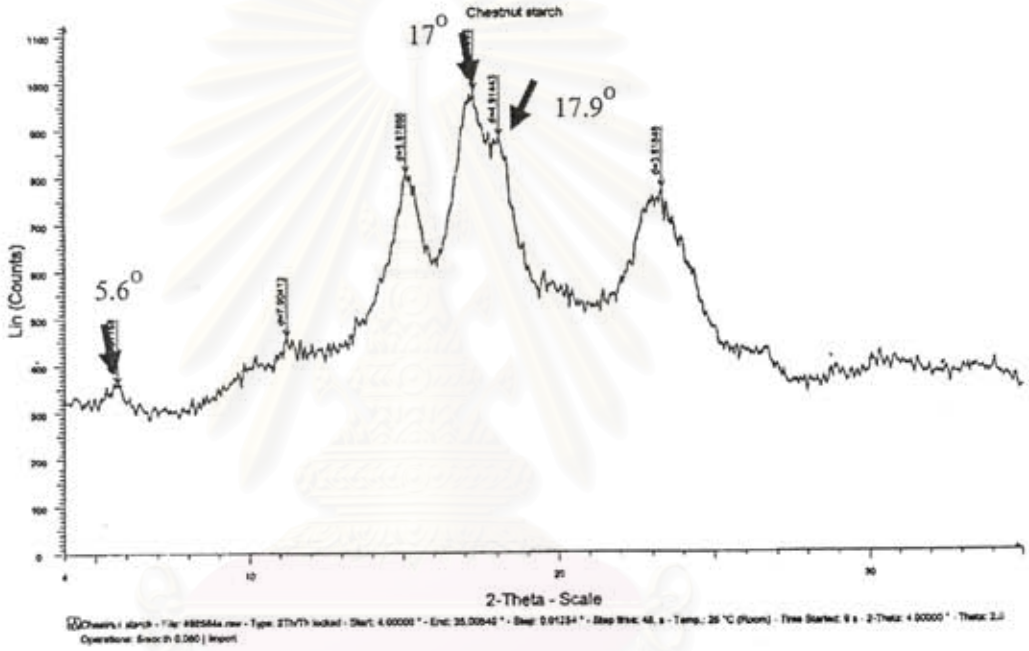
จากการตรวจสอบ พบว่าสตาร์ชเกาลัดมี birefringence ที่ชัดเจน และมีตำแหน่งไฮลัมที่จุดศูนย์กลางของเม็ดสตาร์ช (รูปที่ 4.7) แสดงว่าการสร้างสายพอลิเมอร์ของแอมิโลสและอะมิโลเพกตินเริ่มจากจุดศูนย์กลางของเม็ดสตาร์ชและขยายออกตามแนวรัศมีของสตาร์ช (Gallant *et al.*, 1997)



รูปที่ 4.7 ลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด

4.3.5 โครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชในสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษาโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ช พบว่าสตาร์ชเกาลัดมี peak เกิดขึ้นที่ 5.6°, 17.0°, และ 17.9° (รูปที่ 4.8) ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ C ที่มักพบในสตาร์ชจากพืชตระกูลถั่ว เมื่อพิจารณาปริมาณแอมิโลสของสตาร์ชเกาลัด เม็ดสตาร์ชน่าจะมีโครงสร้างผลึกแบบ A เนื่องจากมีปริมาณแอมิโลสค่อนข้างสูง (36.63 %) ซึ่งสูงกว่าสตาร์ชจากธัญพืช (23 – 30 %) (Oates, 1997) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากปัจจัยอื่นนอกเหนือจากปริมาณแอมิโลส เช่น ความยาวสายโซ่ของอะมิโลเพกติน (Hoover, 2001)



รูปที่ 4.8 X-ray diffraction pattern แสดงโครงสร้างผลึกของสตาร์ชเกาลัด

4.3.6 ค่าสี และค่าดัชนีความขาวของสตาร์ชเกาลัด

จากการวัดค่าสีและดัชนีความขาวของสตาร์ชเกาลัด (ตารางที่ 4.8) พบว่า มีค่า L=96.78, ค่า a=0.14, ค่า b=2.58 และค่าดัชนีความขาว 95.87 เมื่อเปรียบเทียบค่าสีและดัชนีความขาวระหว่างสตาร์ชเกาลัดกับแป้งเกาลัดที่ได้จากการ โม่เปียก พบว่าสตาร์ชเกาลัดมีค่าดัชนีความขาวและค่า L มากกว่า แต่มีค่า a และค่า b ต่ำกว่าแป้งเกาลัด นั่นคือสตาร์ชเกาลัดมีสีขาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ซึ่งใช้เป็นสารสกัดสตาร์ชมีสมบัติเป็นสารฟอกสี (bleaching) (Freeman and Watson, 1971)

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางกายภาพของแป้งและสตาร์ชเกาลัดที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH

ตัวอย่าง	ค่าสี			ดัชนีความขาว	%damaged starch	WBC (g น้ำ/g แป้ง)
	L	*a*	*b*			
สตาร์ช	96.78^{b}±0.09	0.14^{a}±0.02	2.58^{a}±0.17	95.87^{b}± 0.17	0.55 ^{a} ± 0.12	1.26^{a}± 0.03
แป้ง	91.87^{a}±0.07	0.59^{b}±0.03	7.97^{b}±0.05	88.59^{a}±0.06	2.53^{b}±0.22	1.38^{b}±0.04

a, b ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

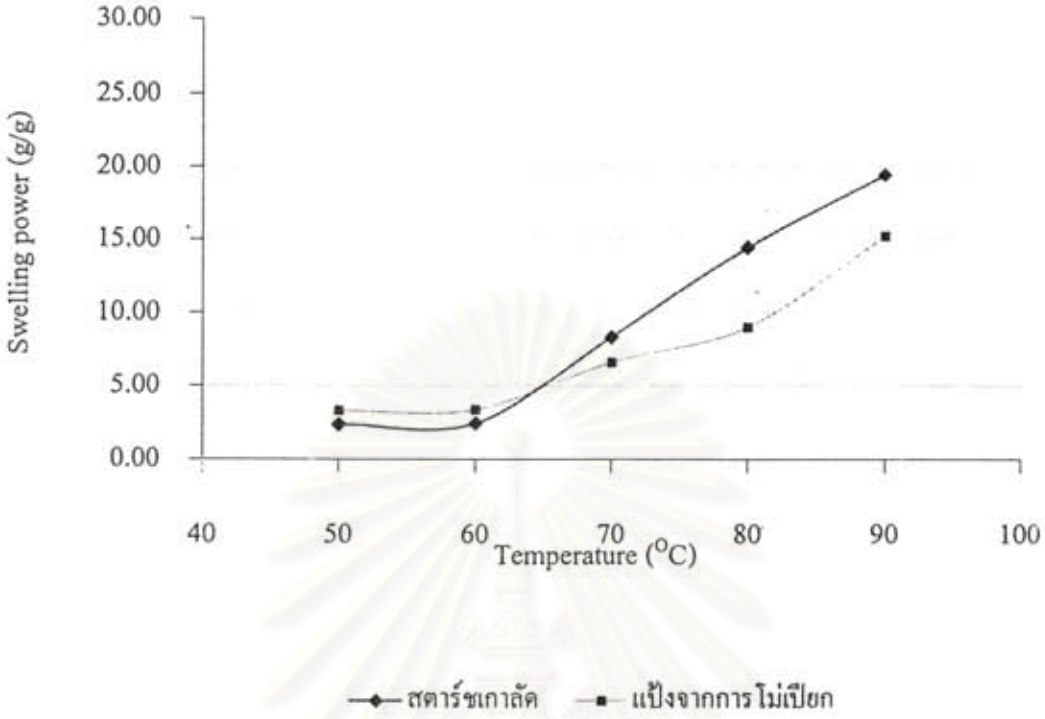
4.3.7 Damaged starch และค่าความสามารถในการจับน้ำของสตาร์ชเกาลัด

จากการวิเคราะห์ปริมาณ damaged starch ในสตาร์ชเกาลัด (ตารางที่ 3.8) พบว่ามีปริมาณ damaged starch ค่อนข้างต่ำ (0.55 %) และมีปริมาณน้อยกว่าแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (2.53 %) เนื่องจากสตาร์ชที่เสียหายอาจละลายไปกับสารละลายในระหว่างขั้นตอนการล้างและการเหวี่ยงแยกตะกอนระหว่างการสกัดสตาร์ช (Matsunaga and Seib, 1997; Lim *et al.*, 1999) และการที่สตาร์ชเกาลัดมีปริมาณ damaged starch ต่ำยังมีส่วนทำให้ค่าความสามารถในการจับน้ำของสตาร์ชมีค่าค่อนข้างต่ำ (1.26 %)

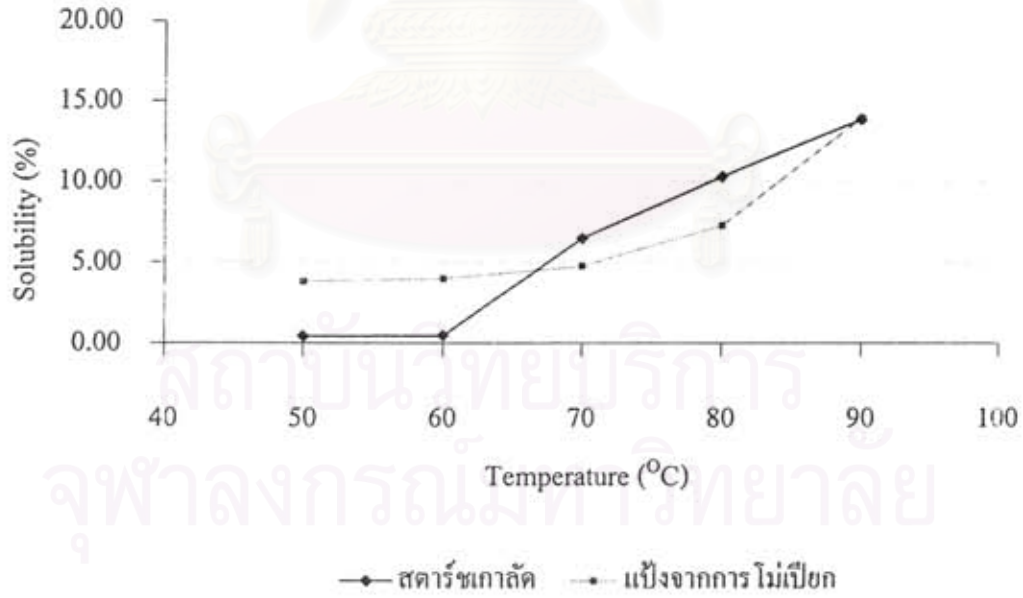
4.3.8 กำลังการพองตัวและการละลายของสตาร์ชเกาลัด

จากรูปที่ 4.9 - 4.10 พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กำลังการพองตัวและการละลายของสตาร์ชเกาลัดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดสตาร์ช ทำให้น้ำสามารถเข้าไปทำพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของแอมิโลสและอะมิโลเพกติน เม็ดสตาร์ชจึงพองตัวเพิ่มขึ้น และละลายออกมาภายนอกเม็ดสตาร์ชได้มากขึ้น (Hoover, 2001)

เมื่อเปรียบเทียบกำลังการพองตัวของสตาร์ชเกาลัดกับแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (รูปที่ 4.9) พบว่าที่อุณหภูมิ 50 – 60 ^{o}C กำลังการพองตัวของสตาร์ชเกาลัดต่ำกว่าแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก อาจเนื่องจากสตาร์ชเกาลัดมีปริมาณ damaged starch ต่ำกว่า และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (70-90 ^{o}C) กำลังการพองตัวของสตาร์ชเกาลัดมีค่าสูงกว่า เนื่องจากสตาร์ชมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่า ซึ่งโปรตีนและไขมันจะไปยับยั้งการพองตัวของเม็ดสตาร์ช และเมื่อเปรียบเทียบการละลายของสตาร์ชกับแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (รูปที่ 4.10) พบว่า ที่อุณหภูมิ 50 – 60^{o}C สตาร์ชเกาลัดมีการละลายต่ำกว่าแป้ง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (70 - 80 ^{o}C) พบว่าสตาร์ชเกาลัดมีการละลายสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและมีค่าสูงกว่าแป้งจากการโม่เปียก แต่มีค่าไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C



รูปที่ 4.9 กำลังการพองตัวของสตาร์ชและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ 50-90 °C



รูปที่ 4.10 การละลายของสตาร์ชและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียกที่ช่วงอุณหภูมิ50 – 90°C

4.3.9 สมบัติด้านความหนืดของสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษาสมบัติด้านความหนืดใน heating-cooling cycle ด้วยเครื่อง RVA ของสตาร์ชเกาลัด ที่ความเข้มข้น7 % และ pH7 (ตารางที่ 4.9) และเปรียบเทียบกับแป้งเกาลัดจากการโม่

เปียก (ตารางที่ 4.4) พบว่า pasting temperature ของสตาร์ชเกาลัด (82.4 °C) มีแนวโน้มต่ำกว่า แต่มีความหนืดสูงกว่าแป้งโม่เปียก โดยมีค่า peak viscosity, breakdown และ setback สูงกว่า แสดงว่าสตาร์ชมีความคงตัวต่อความร้อนและแรงเฉือนต่ำกว่า แต่มีการคืนตัวสูงกว่าแป้งเกาลัด เนื่องจากปริมาณโปรตีนและไขมันในสตาร์ชเกาลัดที่มีค่าต่ำกว่าแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก

ตารางที่ 4.9 สมบัติด้านความหนืดของสารละลายสตาร์ชเกาลัดเข้มข้น 7%

สมบัติด้านความหนืด	สตาร์ชเกาลัด*
Peak viscosity (RVU)	150.53±0.13
Trough (RVU)	133.09±0.47
Breakdown (RVU)	17.58±0.30
Final viscosity (RVU)	196.30±2.89
Setback (RVU)	63.36±2.91
Pasting temperature (^{o}C)	82.4±0.8

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3ซ้ำ

4.3.10 สมบัติด้านความร้อนของสตาร์ชเกาลัด

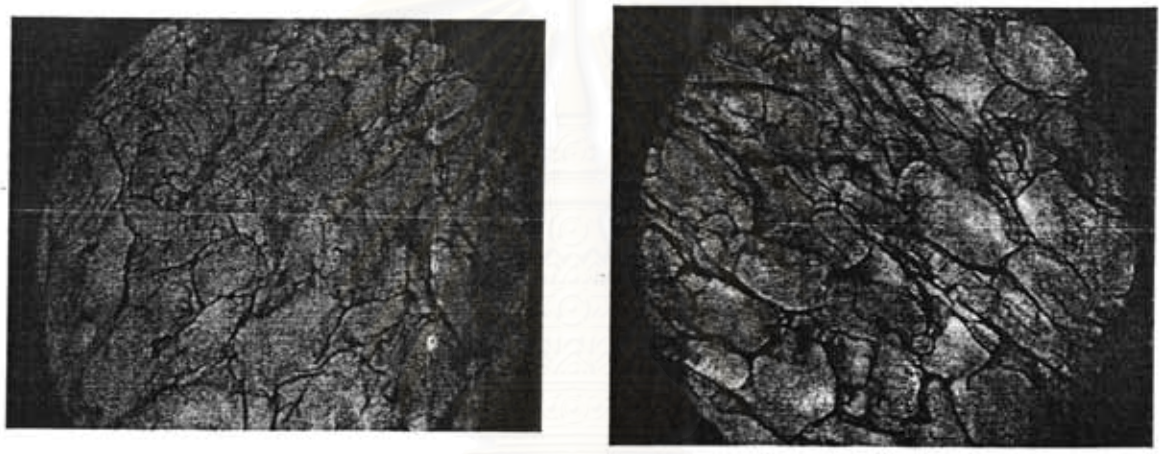
จากการศึกษาสมบัติด้านความร้อนด้วยเครื่อง DSC ที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30 ถึง 95 ^{o}C ที่ความเข้มข้นของสตาร์ช30 % (dry basis) (ตารางที่ 4.10) และเปรียบเทียบกับแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (ตารางที่ 4.5) พบว่า สตาร์ชเกาลัดมีค่า T_O และ T_P ต่ำกว่า เนื่องจากแป้งจากการโม่เปียกมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่า แต่มี ΔH_{gel} สูงกว่าแป้งโม่เปียก เนื่องจากแป้งจากการโม่เปียกมีปริมาณ damaged starch มากกว่า และโครงสร้างส่วนที่เป็นผลึกของเม็ดสตาร์ชบางส่วนถูกทำลายในระหว่างการโม่ (Chen *et al.*, 1999) ดังนั้นพลังงานความร้อนที่จำเป็นสำหรับการเกิดเจลาติไนซ์จึงมีค่าต่ำกว่า (Kerr *et al.*, 2000)

ตารางที่ 4.10 สมบัติด้านความร้อนของสตาร์ชเกาลัดที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC

สมบัติด้านความร้อน	สตาร์ชเกาลัด
T_O (^{o}C)	70.38 ± 0.05
T_P (^{o}C)	74.94 ± 0.04
T_C (^{o}C)	81.15 ± 0.09
ΔH_{gel} (J/g)	18.19 ± 0.40

4.3.11 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็งของแป้งและสตาร์ชเกาลัด

จากการศึกษา freeze-thaw stability ด้วยการวัดปริมาณน้ำที่แยกออกมาหลังการปั่นเหวี่ยงเอาน้ำออกจากเจลแป้งด้วยเครื่อง centrifuge (การเกิด syneresis) พบว่าจากการเตรียมสารละลายแป้งความเข้มข้น 6% (w/v) แป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งไม่สามารถเตรียมเป็นเจลแป้งได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนและไขมันในแป้งไปขัดขวางการจัดเรียงตัวใหม่ของแอมิโลสในการเกิดการคืนตัว สำหรับแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียกและสตาร์ชเกาลัดเมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งรอบที่ 1 พบว่าโครงสร้างของเจลแป้งเปลี่ยนแปลงไปเป็นโครงสร้างคล้ายฟองน้ำ (รูปที่ 4.11) ซึ่งโครงสร้างนี้สามารถดูดน้ำกลับได้ ทำให้ไม่สามารถวัดการเกิด% syneresis ได้ แสดงว่าแป้งและสตาร์ชเกาลัดไม่สามารถทนต่อการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็งได้



ก. ข.

รูปที่ 4.11 โครงสร้างของเจล (ก) แป้งเกาลัดจากการโม่เปียก (ข) สตาร์ชเกาลัด
เมื่อผ่านการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็งรอบที่ 1 (กำลังขยาย 100 เท่า)

4.3.12 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งและสตาร์ชเกาลัด

4.3.12.1 การเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งเกาลัด

การเกิดรีโทรเกรเดชันของเจลแป้งเกิดจากการที่โมเลกุลของสตาร์ชจัดเรียงตัวกันใหม่เป็นโครงสร้างที่เป็นผลึก (Atwell *et al.*, 1988) ดังนั้นเมื่อนำสตาร์ชที่เกิดเจลาติไนเซชันด้วยเครื่อง DSC ไปวัดสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC อีกครั้งภายหลังการเก็บ จะเกิด peak ของรีเจลาติไนเซชัน และสามารถหาร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันกับค่าพลังงานที่ใช้ในการเกิดรีเจลาติไนเซชัน หรือค่าพลังงานในการเกิดรีโทรเกรเดชัน จากการศึกษาการเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยนำแป้งเกาลัดที่ผ่านการเจลาติไนซ์ด้วยเครื่อง DSC ไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 3, 7 และ 14 วัน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านความร้อนของเจลหลังการเก็บ และคำนวณร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชัน (ตารางที่ 4.11) พบว่าแป้ง

เกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียกเกิดรีโทรเกรเดชันในวันที่ 3 และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยวิธีโม่มีผลต่อร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ระยะเวลาการเก็บนาน 3 และ 7 วัน แต่ไม่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ระยะเวลาการเก็บ 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน คือ เวลาในการเก็บรักษา (Liu and Thompson, 1998) และจากผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเจลเพิ่มขึ้นจาก 3 เป็น 7วัน ความแตกต่างของร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันระหว่างแป้งโม่แห้งและโม่เปียกมีค่าลดลง โดยความแตกต่างของร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันลดลงจากประมาณ 7% เป็น 4% และเมื่อระยะเวลาการเก็บเจลเพิ่มขึ้นเป็น 14 วัน พบว่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากระยะเวลาการเก็บเจลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน สำหรับแป้งโม่เปียกซึ่งมีปริมาณไขมันและโปรตีนน้อยกว่า การจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลแอมิโลสในการเกิดรีโทรเกรเดชันจึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่า ในขณะที่แป้งโม่แห้งที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนมากกว่า จะขัดขวางการจัดเรียงตัวใหม่ของแอมิโลสในการเกิดรีโทรเกรเดชัน ทำให้แป้งโม่แห้งมีร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าในช่วงระยะเวลาการเก็บ 3 วัน แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โมเลกุลของแอมิโลสจะค่อยๆ จัดเรียงตัวได้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งจากการโม่ ทั้งสองวิธีที่ระยะเวลาการเก็บ 7 วัน มีความแตกต่างกันน้อยลง จนไม่มีความแตกต่างกันที่ระยะเวลาการเก็บ 14วัน ซึ่งแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งมีค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันที่ระยะเวลาการเก็บนาน 3และ 7 วัน (25.98% และ 34.97% ตามลำดับ) ต่ำกว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียก (32.89 % และ38.55 % ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันกับค่า setback ซึ่งได้จากการศึกษาสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA พบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องกัน คือ แป้งเกาลัดจากการโม่แห้งมีการคืนตัวหรือการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าแป้งจากการโม่เปียก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณไขมันและโปรตีนในแป้งจากการโม่แห้งสูงกว่าแป้งจากการโม่เปียก

ตารางที่ 4.11 การเกิดรีโทรเกรเดชันที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C ของแป้งเกาลัดจากการโม่แห้งและโม่เปียก

วิธีโม่	ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชัน		
	3 วัน	7วัน	14วัน
โม่แห้ง	25.98^{a} ± 0.76	34.97^{a} ± 0.54	38.18^{a} ± 0.42
โม่เปียก	32.89^{b} ± 1.02	38.55^{b} ± 0.67	38.44^{a} ± 0.59

a, b ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.12.2 การเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชเกาลัด

เมื่อนำสตาร์ชเกาลัดมาวิเคราะห์การเกิดรีโทรเกรเดชัน โดยนำสตาร์ชที่ผ่านการ

เจลาติไนซ์ด้วยเครื่อง DSC ไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 3, 7, และ 14 วัน แล้วนำมาหาสมบัติทางความร้อนอีกรอบหนึ่ง และคำนวณร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชัน (ตารางที่ 4.12) พบว่าสตาร์ชเกาลัดมีค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจาก 3 วัน เป็น 7 วัน และมีแนวโน้มคงที่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 7 วัน เป็น 14 วัน โดยที่ระยะเวลาการเก็บนาน 3 วัน มีร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าการเก็บเป็นระยะเวลา 7 วันเล็กน้อย

ตารางที่ 4.12 ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันที่อุณหภูมิ 4 °C ของสตาร์ชเกาลัด

ตัวอย่าง	ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชัน		
	3 วัน	7 วัน	14 วัน
สตาร์ชเกาลัด	34.34 ± 0.31	39.26 ± 0.62	38.39 ± 1.04

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเกิดรีโทรเกรเดชันระหว่างสตาร์ชเกาลัดและแป้งเกาลัด จากการโม่แห้งพบว่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชเกาลัดที่ระยะเวลาการเก็บ 3, 7 และ 14 วัน (34.34%, 39.26% และ 38.69% ตามลำดับ) มีแนวโน้มสูงกว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้ง (25.98%, 34.97% และ 38.18% ตามลำดับ) แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างสตาร์ชเกาลัดและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก พบว่าที่ระยะเวลาการเก็บ 3 วัน ค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชเกาลัดมีแนวโน้มสูงกว่า เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำกว่าแป้งเกาลัด สอดคล้องกับผลการทดลองของ Teo และคณะ (2000) ที่พบว่าเจลแป้งข้าวมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่าเจลสตาร์ชข้าวที่อุณหภูมิการเก็บเจลอุณหภูมิเดียวกัน อาจเนื่องจากเจลแป้งมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น ไขมันและโปรตีนมากกว่า จึงทำให้มีความเข้มข้นที่แท้จริงของสตาร์ชต่ำกว่าเจลสตาร์ชข้าว ส่งผลให้เจลสตาร์ชข้าวเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีกว่า นอกจากนี้ไขมันและโปรตีนที่มีอยู่ในเจลแป้งข้าวจะขัดขวางการเกิดรีโทรเกรเดชันของเจลแป้งได้ เมื่อพิจารณาค่าร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันเปรียบเทียบระหว่างสตาร์ชเกาลัดและแป้งเกาลัดจากการโม่เปียก ที่ระยะเวลาการเก็บนาน 7และ 14 วัน พบว่ามีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากแป้งโม่เปียกมีปริมาณไขมันและโปรตีนสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่งจะไปขัดขวางการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลแอมิโลส ในการเกิดรีโทรเกรเดชันจะเห็นได้จากที่ระยะเวลาการเก็บเจล 3 วัน แป้งโม่เปียกจะมีร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันต่ำกว่า แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บมากขึ้น โมเลกุลของแอมิโลสในเจลแป้งโม่เปียกจะค่อยๆ จัดเรียงตัวได้มากขึ้น ส่งผลให้ร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งโม่เปียกและสตาร์ชเกาลัดที่ระยะเวลาการเก็บ 7 และ 14 วัน มีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน

4.3.13 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัด

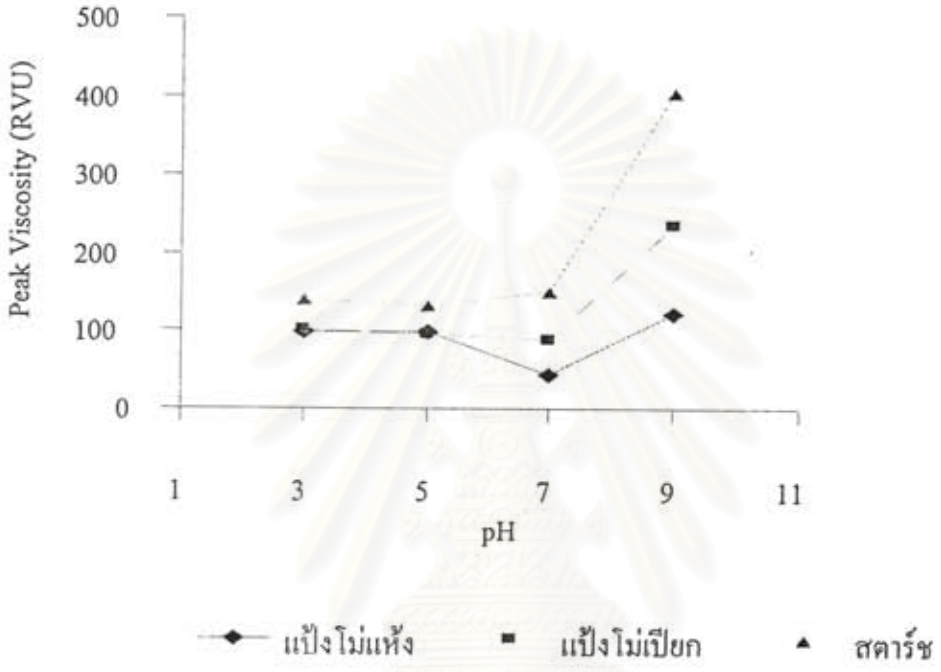
การใช้แป้งในอุตสาหกรรมอาหารอาจมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน ขึ้นกับลักษณะ

ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Furia, 1972) เช่น การใช้แป้งเพื่อเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickening agent) ในซอสมะเขือเทศและซุป สารให้เสถียรภาพ (stabilizer) ในน้ำสลัดเข้มข้น เป็นต้น แม้ว่าการใช้แป้งจะมีความแตกต่างในวัตถุประสงค์การใช้งาน แต่ในเชิงปฏิบัติจะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกัน เช่น ใช้แป้งในรูปของแป้งเปียก โดยผ่านกระบวนการให้ความร้อน การกวน และอาจมีการปรับ pH ของอาหาร เป็นต้น ดังนั้นในการทดสอบเสถียรภาพของแป้ง จึงควรพิจารณาถึงผลของความเป็นกรด-ด่างต่อเสถียรภาพของแป้ง โดยทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเปียกใน heating-cooling cycle เพื่อให้มีสภาพใกล้เคียงกับการใช้งานจริง

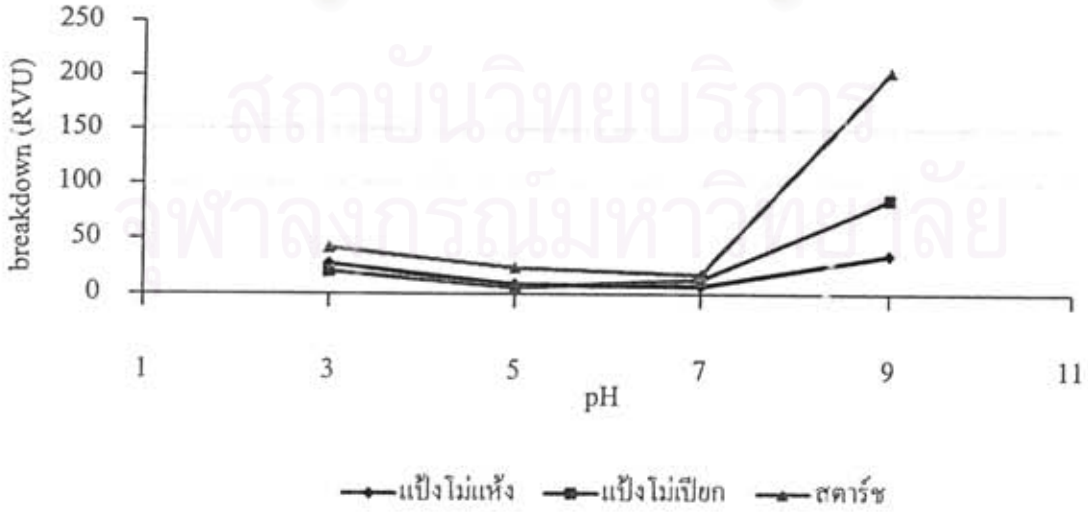
จากการนำสารละลายแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งและโม่เปียก ความเข้มข้น 7% มาศึกษาผลของ pH ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3, 5, 7 และ 9 (รูปที่ 4.12 – 4.15) พบว่า ที่ pH ต่ำกว่า 7 แป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่ทั้งสองวิธี มีค่า peak viscosity, breakdown และ setback ต่ำกว่า แต่จะมีค่า pasting temperature ใกล้เคียงกับแป้งที่ pH มากกว่า 7 เมื่อพิจารณาแป้งจากการโม่ทั้ง 2 วิธี ที่ pH 7 และ 9 พบว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ค่า peak viscosity, breakdown และ setback เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในสภาวะด่าง สตาร์ชจะเกิดเจลาติไนเซชันบางส่วน ส่งผลให้สตาร์ชเกิดการพองตัวเพิ่มขึ้น ความหนืดจึงเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่า pasting temperature จะลดลง เมื่อพิจารณาความคงตัวต่อสภาพความเป็นกรด-ด่างของแป้งกาลัดที่ pH 3, 5 และ 7 พบว่าค่า peak viscosity, setback และ breakdown ของแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่ทั้ง 2 วิธี มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ pasting temperature มีค่าลดลงเมื่อ pH ต่ำลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อ pH เป็นกรดมากขึ้น อาจเนื่องจากช่วง pH 5-3 เป็นช่วง isoelectric point ของโปรตีนในแป้งเกาลัด ส่งผลให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน โมเลกุลของน้ำอิสระที่สามารถจับกับเม็ดแป้งมีจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ pasting temperature ลดลง และมีความหนืดสูงขึ้น (Lin, Breene, and Sargent, 1990)

เมื่อนำสารละลายสตาร์ชเกาลัด ความเข้มข้น 7% มาศึกษาผลของ pH ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3, 5, 7 และ 9 (รูปที่ 4.12 – 4.15) พบว่า ที่ pH ต่ำกว่า 7 สตาร์ชเกาลัดมีค่า peak viscosity, breakdown และ setback ต่ำกว่า แต่จะมีค่า pasting temperature สูงกว่าสตาร์ชที่ pH มากกว่า 7 เมื่อพิจารณาสตาร์ชที่ pH 7 และ 9 พบว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ค่า peak viscosity, breakdown และ setback เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในสภาวะด่าง สตาร์ชจะเกิดเจลาติไนเซชันบางส่วน ส่งผลให้สตาร์ชเกิดการพองตัวเพิ่มขึ้น ความหนืดจึงเพิ่มสูงขึ้น แต่ค่า pasting temperature จะลดลง เมื่อพิจารณาความคงตัวต่อสภาพความเป็นกรด-ด่างของสตาร์ชเกาลัดที่ pH 3, 5 และ 7 พบว่าค่า peak viscosity, setback และ pasting temperature ของสตาร์ชเกาลัดมีค่าลดลงตามค่า pH ในขณะที่ breakdown มีค่าเพิ่มขึ้น แม้ว่าค่า peak viscosity จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า pH ลดลงจาก 5 เป็น 3 แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงมากนัก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อ pH เป็นกรดมากขึ้น เนื่องจากในสภาพเป็นกรด พันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ของโมเลกุลสตาร์ชจะถูกไฮโดรไลซ์ ทำให้สายโมเลกุลมีขนาดสั้นลง โมเลกุลแป้งฉีกขาดได้ง่าย ความหนืดจึงลดลงมาก (Saartrat *et al.*, 2005;

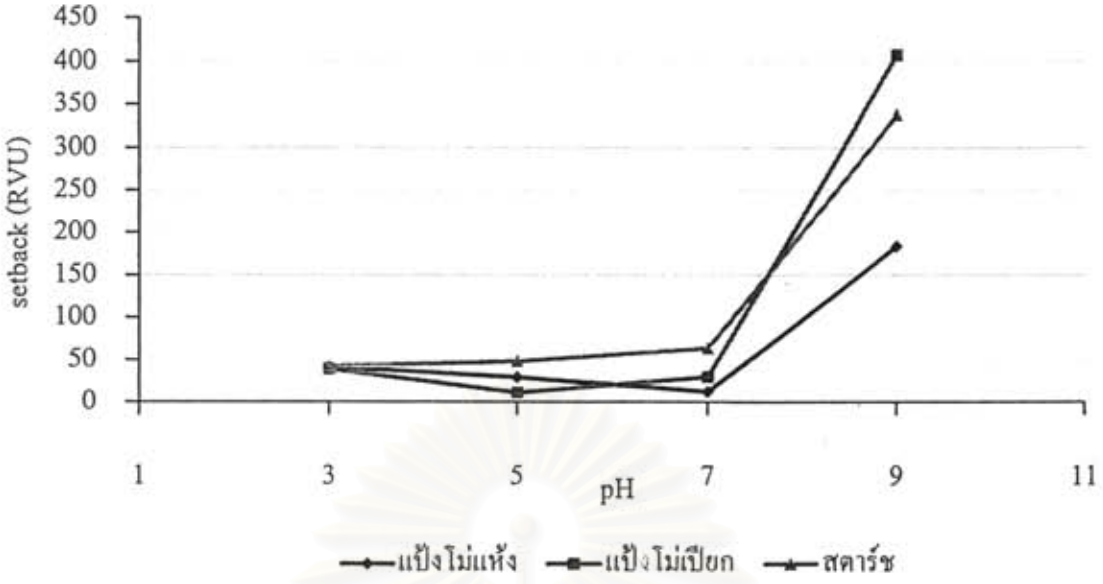
Wang *et al.*, 2000) และในสภาพความเป็นกรดมากขึ้น โมเลกุลแป้งถูกไฮโดรไลซ์ ซึ่งจะทำให้โมเลกุลของทั้งแอมิโลสและอะมิโลเพกตินกระจัดกระจายออกมามาก โมเลกุลน้ำจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ของแป้งมากขึ้นหรือสายของแอมิโลสที่สั้นลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้โอกาสที่แอมิโลสจะกลับมาสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเมอร์ลดลง ดังนั้นค่า setback จึงลดลง (Saartrat *et al.* , 2005; Wang *et al.*, 2000)



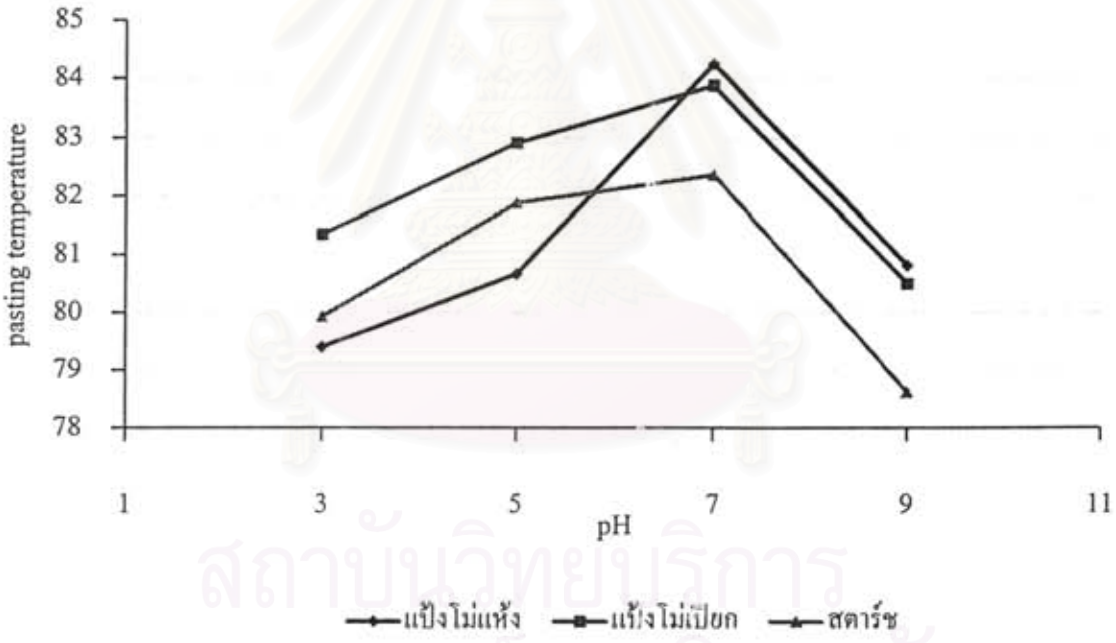
รูปที่ 4.12 ผลของ pH ต่อค่า peak viscosity ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด



รูปที่ 4.13 ผลของ pH ต่อค่า breakdown ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด



รูปที่ 4.14 ผลของ pH ต่อค่า setback ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด



รูปที่ 4.15 ผลของ pH ต่อค่า pasting temperature ของแป้งและสตาร์ชเกาลัด

4.3.14 การนำแป้งและสตาร์ชเกาลัดไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัด พบว่าเมื่อความเป็นกรด-ด่างลดลง จาก pH 7 เป็น pH 5 และ pH 3 ความหนืดของของสารละลายแป้งและสตาร์ชเกาลัดเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงน่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรด และจากการวิเคราะห์ปริมาณ

แอมิโลสของแป้งและสตาร์ชเกาลัด พบว่ามีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วง 27-36% ซึ่งเป็นช่วงปริมาณแอมิโลสที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า (เสนอ ร่วมจิตร2522 ,; ณรงค์ นิยมวิทย์, 2535) และมีร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้า (ปรินทิพย์ จิรหฤทัย, 2548) โดยมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย จึงนำแป้งและสตาร์ชเกาลัดมาทดแทนส่วนของแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้จะเป็นแป้งเกาลัดจากการโม่เปียกเท่านั้น เนื่องจากแป้งจากการโม่เปียกมีความหนืดและร้อยละการเกิดรีโทรเกรเดชันสูงกว่าแป้งจากการโม่แห้ง

4.3.14.1 การใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในซอสพริก

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างต่อสมบัติด้านความหนืดของแป้งและสตาร์ชเกาลัด (รูปที่ 4.12 – 4.15) พบว่าเมื่อค่า pH ลดลงจาก pH 7 เป็น pH 3-5 ความหนืดของสารละลายแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียก และสารละลายสตาร์ชมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงนำสตาร์ชเกาลัดและแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียกมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นกรด (pH < 4.6) โดยเลือกซอสพริกเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในการศึกษา

เมื่อวัดความหนืดซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดด้วยเครื่อง BROOKFIELD (ตารางที่ 4.13) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและซอสพริกที่ผลิตในทางการค้า (ซอสพริกศรีราชา ยี่ห้อศรีราชาพานิช ชนิดเผ็ดปานกลาง) พบว่า ซอสพริกทางการค้ามีความหนืดมากกว่าซอสพริกที่ผลิตโดยใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดในทุกๆ ความเข้มข้น (1 – 5%, w/w) อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งผู้บริโภคทั่วไปร้อยละ 59.7 ชอบซอสพริกที่มีลักษณะความหนืดค่อนข้างข้น (กัลยา ลาหสงคราม และคณะ, 2546) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดกับตัวอย่างควบคุม พบว่าความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชดังกล่าวในทุกๆ ความเข้มข้น (1 – 5%, w/w) มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมากหรือแทบไม่ต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารให้ความข้นหนืด ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำตาลที่เป็นส่วนผสมหลักอย่างหนึ่งในซอสพริกซึ่งมีปริมาณมาก (ประมาณ 30%, w/w) ไปขัดขวางการดูดน้ำ (hydration) ของเม็ดสตาร์ช และลดปริมาณน้ำอิสระในระบบทำให้ในระบบมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งและสตาร์ช (Derby *et al.*, 1975) จึงทำให้ซอสพริกที่เติมแป้งและสตาร์ชเกาลัดมีความหนืดไม่เป็นไปตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตซอสพริก โดยเติมน้ำตาลเป็นส่วนผสมสุดท้ายหลังจากให้ความร้อนส่วนผสมทุกอย่างแล้ว (รูปที่ 4.16) ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำตาลไปขัดขวางการดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชและทำให้เม็ดสตาร์ชสามารถเกิดเจลาติไนซ์ได้อย่างเต็มที่

ตารางที่ 4.13 ความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืด เปรียบเทียบกับซอสพริกทางการค้า

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (% w/w)	ความหนืดที่อุณหภูมิ 25°C (centipoises)
ซอสพริกทางการค้า	-	$1296^{e} \pm 16.00$
ตัวอย่างควบคุม	0	$195^{abc} \pm 4.62$
ซอสพริกที่ใช้แป้งเกาลัดจากการโม่เปียกเป็นสารให้ความข้นหนืด	1	$189^{a} \pm 4.62$
	2	$192^{ab} \pm 8.00$
	3	$195^{abc} \pm 4.62$
	4	$202^{bcd} \pm 4.62$
	5	$208^{cd} \pm 8.00$
ซอสพริกที่ใช้สตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืด	1	$197^{abcd} \pm 9.24$
	2	$197^{abcd} \pm 4.62$
	3	$205^{bcd} \pm 4.62$
	4	$208^{cd} \pm 8.00$
	5	$211^{d} \pm 4.62$

a, b, c,... ที่แตกต่างกันคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสพริกประมาณ 3.60

จากการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตซอสพริกโดยเติมน้ำตาลเป็นส่วนผสมสุดท้ายหลังจากให้ความร้อนส่วนผสมต่างๆ และวิเคราะห์ความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืด เปรียบเทียบกับซอสพริกศรีราชาชนิดเผ็ดปานกลาง (ตารางที่ 4.14) พบว่าความหนืดของซอสพริกที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งและสตาร์ชเพิ่มขึ้น และความหนืดของซอสพริกที่ผลิตได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อใช้ปริมาณแป้งและสตาร์ชเท่ากัน เมื่อพิจารณาความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดเปรียบเทียบกับซอสพริกศรีราชา พบว่าการใช้แป้งและสตาร์ชที่ความเข้มข้น 3% จะได้ซอสพริกที่มีความหนืดไม่แตกต่างจากซอสพริกศรีราชาชนิดเผ็ดปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำแป้งและสตาร์ชเกาลัดมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริกหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีความเป็นกรดสูง

ตารางที่ 4.14 ความหนืดของซอสพริกที่ใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืดหลังการปรับขั้นตอนการผลิตเปรียบเทียบกับซอสพริกทางการค้า

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (% w/w)	ความหนืดที่อุณหภูมิ 25°C (centipoises)
ซอสพริกทางการค้า	-	$1296^{b} \pm 16.00$
ซอสพริกที่ใช้แป้งเกาลัดจากการโม่เปียกเป็นสารให้ความข้นหนืด	1	$357^{a} \pm 20.13$
	3	$1379^{b} \pm 225.47$
	5	$2245^{c} \pm 162.45$
ซอสพริกที่ใช้สตาร์ชเกาลัดเป็นสารให้ความข้นหนืด	1	$355^{a} \pm 12.22$
	3	$1363^{b} \pm 234.10$
	5	$2320^{c} \pm 217.77$

a, b, c ที่แตกต่างกันแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.14.2 การใช้แป้งและสตาร์ชเกาลัดทดแทนแป้งข้าวเจ้าในก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่แปรรูปมาจากแป้งข้าวเจ้า โดยการผลิตก๋วยเตี๋ยว ข้าวเจ้าที่นำมาใช้คือส่วนที่เป็นปลายข้าวหรือข้าวสารหักซึ่งเป็นของเหลือจากการสีข้าว และมักรวมข้าวพันธุ์ต่างๆ ไว้ด้วยกัน พันธุ์ข้าวเหล่านี้มีทั้งข้าวที่เหนียวนุ่มจนถึงร่วนแข็ง การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบให้สม่ำเสมอจึงทำได้ยาก ผู้ผลิตส่วนใหญ่อาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการคัดเลือกปลายข้าวที่นำมาผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีคุณภาพไม่ค่อยสม่ำเสมอ จากการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยนำข้าวพันธุ์ต่างๆ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าปริมาณแอมิโลสในข้าวพันธุ์ต่างๆ เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวเจ้าพันธุ์ที่มีปริมาณแอมิโลสต่างกันจะมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยเฉพาะในด้านความเหนียวและความคงตัวของเส้นเมื่อผ่านการลวก ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (พิมพ์เพ็ญ ถิรพร 2533) โดย เสนอ ร่วมจิตร (2522) และณรงค์ นิยมวิทย์ (2535) พบว่าข้าวเจ้าพันธุ์ที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต้องมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 27 -33 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์แอมิโลสสูง นอกจากปริมาณแอมิโลสแล้ว การเกิดรีโทรเกรเดชันยังมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยจะส่งผลโดยตรงต่อความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งถ้าแป้งมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันมาก เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (เสนอ ร่วมจิตร, 2522) แต่ถ้ามากเกินไป เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะมีลักษณะเหนียวแข็งซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบ (พิมพ์เพ็ญ ถิรพร, 2533) ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสและการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งและสตาร์ชเกาลัด พบว่ามีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วงดังกล่าว และมีร้อยละการเกิดรีโทรเกร

เดชันใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้า (ปรินทิพย์ จิรหฤทัย, 2548) โดยมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเลือกศึกษาการนำแป้งและสตาร์ชเกาลัดมาใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

จากการใช้สตาร์ชและแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียกทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว โดยแปรปริมาณแป้งและสตาร์ชเกาลัดเป็น 3ระดับ คือ 10 ,5และ %15ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด พบว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งเกาลัดทั้ง 3 ระดับ จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้ไม่คงตัวในขณะลวก โดยเมื่อนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 วินาที เส้นก๋วยเตี๋ยวจะเปื่อยและแตกยุ่ยในน้ำ จนไม่สามารถนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้ สำหรับการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยสตาร์ชเกาลัดพบว่า สามารถทดแทนได้เพียง 5% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดเท่านั้น เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนเป็น 10 และ 15% พบว่าให้ผลเช่นเดียวกับการทดแทนด้วยแป้งเกาลัดนั่นคือเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จะไม่มีความคงตัวหลังผ่านกาะลวก ดังนั้นจึงวิเคราะห์ค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยสตาร์ชเกาลัด 5% ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด เพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้น (ตารางที่ 4.15 และตารางที่ 4.16 ตามลำดับ)

จากการวัดค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว (ตารางที่ 4.15) พบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด 5% มีค่า L และค่า a ต่ำกว่า แต่มีค่า b มากกว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสตาร์ชเกาลัดยังคงมีรงควัตถุที่ให้สีเหลืองที่อยู่ในเมล็ดเกาลัดหลงเหลืออยู่ จึงส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัดมีสีเหลืองมากกว่าก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วนทำให้ได้รับคะแนนด้านสีลดลง (ตารางที่ 4.16) และก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยสตาร์ชเกาลัดมีค่า tensile strength และ extensibility ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.16) ที่พบว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด 5% ได้คะแนนความเหนียวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่คะแนนด้านความนุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นั่นคือมีความแข็งกระด้างน้อยลง (นุ่มมากขึ้น) แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม จะเห็นว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วน มีคะแนนสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีความเหนียวมากกว่า และไม่นุ่มจนเกินไป ซึ่งพิมพ์เพ็ญ ถิรพร (2533)ได้อธิบายลักษณะเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวที่เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบว่าเป็นเนื้อสัมผัสแบบเหนียวนุ่ม โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีคะแนนความชอบของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้น เมื่อมีความเหนียวนุ่มเพิ่มขึ้น แต่คะแนนความชอบจะลดลงเมื่อก๋วยเตี๋ยวมีความกระด้างเพิ่มขึ้น

สำหรับค่า extensibility ที่ได้จากการทดลอง อาจเป็นค่าที่สูงเกินไป เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะเป็นแผ่นแบน จึงไม่สามารถยึดให้ติดแน่นกับหัวดึงทดสอบได้ ดังนั้นจึงใช้การพัน 2-3 รอบเข้ากับหัวดึง และในระหว่างการทดสอบสังเกตเห็นว่าเมื่อ

เริ่มให้แรงดึง เส้นก๋วยเตี๋ยวบริเวณดังกล่าวจะพันรอบหัวดึงแน่นขึ้น ส่งผลให้ค่า extensibility ที่ได้เป็นค่าที่เกิดจากการยืดตัวของเส้นก๋วยเตี๋ยวรวมกับระยะทางของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่พันรอบหัวทดสอบแน่นขึ้น แต่ค่าที่ได้สามารถแสดงให้เห็นแนวโน้มของลักษณะเนื้อสัมผัสเส้นก๋วยเตี๋ยวเมื่อทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัดดังได้กล่าวข้างต้น

ตารางที่ 4.15 สมบัติทางกายภาพของก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด

สตาร์ชเกาลัด (%)	สี*			Tensile strength* (g_f)	Extensibility* (มิลลิเมตร)
	L	a	b		
0	$77.08^{b} \pm 1.39$	$1.60^{b} \pm 0.11$	$3.05^{a} \pm 0.05$	$54.23^{b} \pm 0.40$	$28.00^{b} \pm 0.92$
5	$74.40^{a} \pm 1.40$	$1.83^{a} \pm 0.90$	$3.78^{b} \pm 0.20$	$47.96^{a} \pm 0.50$	$22.40^{a} \pm 0.17$

a, b ที่แตกต่างกันคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัดบางส่วน มีความเหนียวลดลงเมื่อเทียบกับก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน ส่งผลให้ความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบมีค่าลดลง ดังนั้นสตาร์ชเกาลัดไม่สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ แม้ว่าจะมีปริมาณแอมิโลสสูงก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องจากการผสมแป้งต่างชนิดกันมีผลให้สมบัติทางเคมีและกายภาพบางอย่างของแป้งเปลี่ยนแปลงไป (Obanni and BeMiller, 1997)

ตารางที่ 4.16 คะแนนทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทดแทนด้วยสตาร์ชเกาลัด

สตาร์ชเกาลัด (%)	สี	ความนุ่ม[ns]	ความเหนียว	ความชอบรวม
0	$6.00^{b} 0.98 \pm$	0.83 ± 5.00	$4.77^{b} 0.90 \pm$	$7.10^{b} 0.80 \pm$
5	$5.10^{a} \pm 0.92$	0.90 ± 5.23	$4.30^{a} \pm 0.92$	$5.37^{a} 1.07 \pm$

a, b ที่แตกต่างกันคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้ได้นำเกาลัดน่านซึ่งเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกในจังหวัดน่านมาสกัดแป้งและสตาร์ช และศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งและสตาร์ชเกาลัด พบว่าแป้งเกาลัดที่ได้จากการโม่เปียกและโม่แห้งมีองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณ damaged starch ค่าสี สมบัติด้านความหนืด สมบัติด้านความร้อน ค่าความสามารถในการจับน้ำ กำลังการพองตัวและการละลาย แตกต่างกัน เม็ดสตาร์ชเกาลัดมีทั้งรูปร่างกลม และรูปไข่ที่มีรอยตัดคล้ายเม็ดสตร์ชมันสำปะหลัง โดยเม็ดสตาร์ชเกาลัดที่ได้จากการโม่แห้งจะสูญเสีย birefringence ไปบางส่วน

สตาร์ชจากการสกัดด้วยสารละลาย 0.5% NaOH จะมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด คือ 0.28% เม็ดสตาร์ชมีขนาดเฉลี่ย 9.10 ไมครอน และมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบ C จากการวัดสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง RVA พบว่าสตาร์ชมีความคงตัวต่อความร้อนและแรงเฉือนต่ำกว่า แต่มีการคืนตัวสูงกว่าแป้งเกาลัด เมื่อวัดสมบัติด้านความร้อนด้วยเครื่อง DSC พบว่าสตาร์ชเกาลัดมีค่า T_o และ T_p ต่ำกว่า แต่มี ΔH_{gel} สูงกว่าแป้งโม่เปียก

จากการศึกษาสมบัติความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็ง และความคงทนต่อความเป็นกรดของแป้งและวิธีสกัดสตาร์ชจากเกาลัดน่าน พบว่าแป้งและสตาร์ชเกาลัดไม่คงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็ง แต่มีความคงทนต่อความเป็นกรด (pH 3 -5) สูง และมีความหนืดสูงที่สุดเมื่อมีความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 (pH = 9) และเมื่อนำสตาร์ชและแป้งจากการโม่เปียกมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริก และใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่าสตาร์ชและแป้งเกาลัดสามารถใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในผลิตภัณฑ์ซอสพริกได้ แต่ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. เอกสารอ้างอิง

กัลยา เลาหสงคราม, รมณี สงวนดีกุล, สุเมธ ตันตระเธียร, พาสวดี ประทีปะเสน และสายวรุฬ ชัยวานิชศิริ. 2546. การศึกษาหาเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่และซอสพริกศรีราชาของไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ขจี บุญดี. 2543. ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งจากกระจับ *Trapa bisphinosa* Roxb. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

จำลอง เพ็งคล้าย. 2538. อนุกรมวิธานพืช อักษร ก ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. บริษัท เพื่อนพิมพ์ จำกัด กรุงเทพมหานคร.

ณรงค์ นิยมวิทย์ 2535. ธัญชาติและพืชหัว. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ณัฐญา โกมลมณี. 2541. การทดแทนแป้งบางส่วนด้วยเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารเส้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

ปรินทิพย์ จิรหฤทัย. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 810 หน้า.

พิมพ์เพ็ญ ถิรพร. 2533. ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

วสันต์ ศิริวงศ์. 2543. สมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชที่สกัดได้จากกล้วยไทยบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศจี น้อยตั้ง, ศรินทิพ สุกใส และอมร เพชรสม. 2548. การศึกษาทางชีวเคมีและคุณค่าทางอาหารของเมล็ดเกาลัดน่าน [Online]. สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. แหล่งที่มา http://www.scisoc.or.th/stt31sec_f/paper/stt31_F0048.pdf (15 กันยายน 2549)

เสนอ ร่วมจิตร. 2522. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวเจ้าพันธุ์ต่างๆ ที่มีผลต่อลักษณะก๋วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพมหานคร.

สุพัตรา งามอุรุเลิศ. 2545. ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของสตาร์ชข้าวเหนียว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุตสาหกรรม กระทรวง. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง มอก. 274-2521. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

อุตสาหกรรม กระทรวง. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า มอก. 638-2529. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

AACC. 2000. Approved Methods of the American of Cereal Chemists. 9th ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Allen, B.M. 1967. Malaysian Fruits. Singapore: Donald Moore Press Ltd.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington, D. C.: AOAC International.

Atwell, W. A., Hood, L, F., Lineback, D. R., Varriano-Marston, E., and Zobel, H. F. 1988. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. Cereal Food World 33: 306-311.

Baker, L. A., and Duarte, P. R. 1995. Retrogradation of amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugars. Cereal Chemistry 72(3): 308-314.

Berry, S.K. 1982. Fatty acid composition and cyclopropene fatty acid content of China-chestnuts (*Sterculia monosperma* Ventenat). Journal of American Chemical Society 59(1): 57-58.

Chaing, P. Y., and Yeh, A. I. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. Journal of Cereal Science 35(1): 85-94.

Chandrashekar, A., and Kirleis, A. W. 1988. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. Cereal Chemistry 65(6): 457-462.

Chen, J.J., Lu, S. and Lii, C.Y. 1999. Effect of milling methods on the physicochemical characteristic of waxy rice in Taiwan. Cereal Chemistry 76(5): 796.

Derby, R.I., Miller, B.S., and Trimbo, H.B. 1975. Visual observation of water-starch gelatinization in limited water systems. Cereal Chemistry 52: 702-713.

Freeman, J. E., and Watson, S. A. 1971. Influence of sorghum endosperm pigments on starch quality. Cereal Science Today 16(11): 378-381.

Furia, T.E. 1972. CRC Handbook of Food Additive, Vol. I. Ohio: CRC Press.

Gallant, D.J., Bouchaet, B., and Baldwin, P.M. 1997. Microscopy of starch : Evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate Polymers 32: 177-191.

Galvez, F.C.F. and Resurreccion, A.V.A. 1993. The effects of decortication and method of extraction on the physical and chemical properties of starch from mung bean (*Vigna radiate* (L.) Wilczec). Journal of Food Processing and Preservation 17: 93-107.

Hamaker, B.R. and Griffin, V.K. 1993. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. Cereal Chemistry 70(4): 377-380.

Hamaker, B.R., Griffin, V.K., and Moldenhauer, K.A.K. 1991. Potential influence of a starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. Journal of Food Science 56(6): 1327-1329, 1346.

Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. Carbohydrate Polymers 45: 253-267.

Hoover, R., and Manuel, H. 1995. A comparative study of physicochemical properties of starches from two lentils cultivars. Food Chemistry 53: 273-284.

Hormdok, R., and Noomhorm, A. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie. (Available online)

Jomduang, S., and Mohamed, S. 1994. Effect of amylose/amylopectin content, milling methods, particle size, sugar, salt and oil on the puffed product characteristics of a traditional Thai Rice-Based Snack Food (Khao Kriap Waue). Journal of the Science Food and Agriculture 65: 85-93.

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Science Today 16(10): 334-360.

Juliano, B. O., and Hicks, P. A. 1996. Rice functional properties and rice food products. Food Reviews International 12: 71-103.

Kerr, W. L., Ward, C. D. W., McWatters, K H., and Resurreccion, A. V. A. 2000. Effect of milling and particle size on functionality and physicochemical properties of cowpea flour. Cereal Chemistry 77(2): 213-219.

Kim, Y. S., Wiesenborn, D. P., Orr, P. H., and Grant, L. A. 1995. Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. Journal of Food Science 60(5): 1060-1065.

Lii, C.Y. and Chang, S.M. 1981. Characterization of red bean (*Phaseolus radiatus* var. Aurea) starch and its noodle quality. Journal of Food Science 46: 78-81.

Lim, S. T., Lee, J. H., Shin, D. H., and Lim, H. S. 1999. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. Starch/Stärke 51(4):120-125.

Lin, S., Breene, W.M., and Sargent, J.S. 1990. Effects of pH, sodium chloride, polysaccharides, and surfactants on the pasting characteristics of pea flours (*Pisum sativum*). Cereal Chemistry 67(1): 14-19.

Liu, Q. and Thompson, B. 1998. Effects of moisture content and different gelatinization heating temperatures on retrogradation of waxy-type maize starches. Carbohydrate Research 314: 221-235.

Lumdubwong, N., and Seib, P. A. 2000. Rice starch isolation by alkaline protease digestion of wet-milled rice flour. Journal of Cereal Science 31(1): 63-74.

Matsunaga, N., and Seib, P. A. 1997. Extraction of wheat starch with aqueous sodium hydroxide. Cereal Chemistry 74(6): 851-857.

Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chemistry 42: 558-568.

Medcalf, S. L. and Lund, D. B. 1985. Factors affecting water uptake on milled rice. Journal of Food Science 50(6): 1676-1684.

Mukprasirt, A. and Sajjaanantakul, K. 2004. Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruits seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. International Journal of Food Science and Technology 39(3): 271-276.

Oates, C. G. 1997. Towards and understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trends in Food Science and Technology 8: 375-382.

Obanni, M. and BeMiller, J.N. 1997. Properties of some starch blends. Cereal Chemistry 74(4): 431-436.

Osundahunsi, A.F., Fagbemi, T.N., Kesselman, E., and Shimoni, E. 2003. Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 2232-2236.

Piacquadio, P., Stefano, G.D., and Sciacalepore, V. 2000. The effect of heating at subgelatinization temperature on enzymatic digestibility. Starch/Starke 52: 345.

Richard, R.M. 1968. Tailoring starches for the baking industry. The Baker Digest 64: 48-53.

Saartrat, S., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., and Uttapap, D. 2005. Paste and gel properties of low-substituted acetylated canna starches. Carbohydrate Polymers 61: 211-221.

Schoch, Y.J. 1964. Swelling power and solubility of granule starches. In R.L. Whistler, R.J. Smith and J.N. Bemiller (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. IV, New York: Academic Press.

Schoch, T. J. and Maywald, E. C. 1968. Preparation and properties of various legume starches. Cereal Chemistry 45: 564-573.

Shelke, K., Dick, J. W., Holm, Y. F., and Loo, K. S. 1990. Chinese wet noodle formation: A response surface methodology study. Cereal Chemistry 67(4): 338-342.

Singh, N., Sandhu, K.S. and Kaur, M. 2004. Characterization of starches separated from Indian chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars. Journal of Food Engineering 63: 441-449.

Sira, E.E.P. and Amaiz, M.L. 2004. A laboratory scale method for isolation of starch from pigmented sorghum. Journal of Food Engineering 64: 515-519.

Teo, C. H., Karim, A. A., Cheah, P. B., Norziah, M. H., and Seow, C. C. 2000. On the roles of protein and starch in the aging of non waxy rice flour. Food Chemistry 69: 229-236.

Wang, F.C., Chung, D.S., Seib, P.A., and Kim, Y.S. 2000. Optimum steeping process for wet milling of sorghum. Cereal Chemistry 77(4): 478-483.

Wurzburg, O.B. 1986. Starch sources and granule appearance. In O.B. Wurzburg (ed.), Modified Starch: Properties and Uses. Florida: CRC Press, Inc.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(เอกสารแนบ ๒)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 2
ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ
Characteristics and Physical Properties of Flour/Starch from Pigeon Pea

ในโครงการวิจัย

"การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ และการเพิ่มมูลค่าพืชและวัสดุเหลือใช้จากแหล่งการเพาะปลูกจังหวัดน่าน"

ปีงบประมาณ 2550

คณะผู้วิจัย

ผศ. ดร. พาสวดี ประทีปะเสน

รศ.ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ

รศ.ดร. กัลยา เลาหสงคราม

ผศ.ดร. จิรารัตน์ ทัดดิยกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ" เป็นโครงการย่อยของชุดโครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรมการใช้ประโยชน์และการเพิ่มมูลค่าพืชและวัสดุเหลือใช้จากแหล่งการเพาะปลูกจังหวัดน่าน" ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินปี 2549 และ 2550 เพื่อดำเนินการศึกษาวิจัยโครงการจัดการทรัพยากรเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของจังหวัดน่าน

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนุภาค คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง particle size analyzer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ข
	สารบัญ	ค
	สารบัญตาราง	จ
	สารบัญรูป	ฉ
1	การศึกษาสภาวะในการสกัด ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ	1
	บทคัดย่อภาษาไทย	1
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	1
	บทนำ	2
	การทดลอง	2
	การสกัดแป้งถั่วมะแฮะ	2
	การวิเคราะห์องค์ประกอบของแป้งถั่วมะแฮะ	3
	การวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ	3
	การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ	3
	การศึกษาการละลายและกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ	3
	การศึกษาสมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ	4
	ผลการทดลองและอภิปรายผล	5
	องค์ประกอบของแป้งถั่วมะแฮะ	5
	รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะก่อนและหลังการให้ความร้อน	5
	ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ	9
	การละลายและกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ	9
	สมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ	10
	สรุปและข้อเสนอแนะ	11
	เอกสารอ้างอิง	11
2	ผลของการดัดแปรด้วยการ Nixtamalize ต่อลักษณะของเม็ดสตาร์ช/แป้งและสมบัติทางกายภาพของสตาร์ช/แป้ง	14
	บทคัดย่อภาษาไทย	14
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	14
	บทนำ	15
	การทดลอง	15
	การเตรียมและการดัดแปรก่อนการสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	15
	การสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	16
	การวิเคราะห์องค์ประกอบของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	16
	การวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	16
	การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกในเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	17
	การวัดสีของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	17
	การศึกษากำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	17
	การศึกษาสมบัติแป้งเปียกของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	17
	การศึกษาสมบัติทางความร้อนของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	18
	ผลการทดลองและอภิปรายผล	19
	องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชและแป้งถั่วมะแฮะ	19
	รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	22
	ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	27
	ชนิดผลึกของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	29
	สีของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	32
	กำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	34
	สมบัติแป้งเปียกของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	36
	สมบัติทางความร้อนของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ	39
	สรุปและข้อเสนอแนะ	41
	เอกสารอ้างอิง	42
ประวัติผู้วิจัย		44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	รูปร่างของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ จาก Stereo Microscope	6
1.2	รูปร่างของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ จาก SEM	7
1.3	ลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ Stereo Microscope และแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง	8
1.4	สมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ	11
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	20
2.2	ปริมาณผลผลิตของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	21
2.3	ขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	28
2.4	การหักเหรังสีเอกซ์เรย์ของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร โดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray Diffraction	31
2.5	สีของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	33
2.6	สมบัติแป้งเปียกของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	38
2.7	สมบัติทางความร้อนของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การกระจายขนาดของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 1	9
1.2	การละลายของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C	10
1.3	กำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C	10
2.1	ภาพเม็ดสตาร์ชของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรจากกล้องจุลทรรศน์	23
2.2	ภาพ SEM ของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร	25
2.3	รูปแบบการหักเหรังสีเอกซ์เรย์ของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรโดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray Diffraction	30
2.4	กำลังการพองตัวของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C	35
2.5	การละลายของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C	35
2.6	Pasting Profile ของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร ที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธี Nixtamalize	37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1 สภาวะในการสกัด ลักษณะและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ

พาสวดี ประทีปะเสน[1*] ภัณฑิรา เหมภัทรสุวรรณ[1] อรวรรณ เคหะสุขเจริญ[2] ปิยะนุช รสเครือ[3]
สายรุพ ชัยวานิชศิริ[1] กัลยา เลาหสงคราม[1] จิรารัตน์ ทัตติยกุล[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการความปลอดภัยของอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพ

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ppasawad@cscoms.com โทร 0-2218-5536

บทคัดย่อ

เม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีรูปร่างทั้งกลมและรี พบ hilum อยู่ตรงกลางเม็ด (centric) และมีลายเป็นวงรอบ hilum เม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีขนาดใหญ่โดยขนาดเม็ดแป้งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41-91 μm เริ่มเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิระหว่าง 75-80 °C และมีการละลายและกำลังการพองตัวร้อยละ 13.8 และ 9.9 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่ 90 °C จากการวิเคราะห์สมบัติของแป้งเปียกพบว่า Pasting temperature ของแป้งถั่วมะแฮะอยู่ในช่วง 84.85-87.57 °C

คำสำคัญ แป้งถั่วมะแฮะ สัณฐานวิทยาของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

Extraction Conditions, Characteristics and Physical Properties of Starch from Pigeon pea

Pasawadee Pradipasena[1*], Puntira Hempatarasuwan[1], Orawan Kaehasukcharoen[2], Piyanuch Roskhrua[1,3], Saiwarun Chaivanichsiri[1], Kalaya Laohasongkram[1] and Jirarat Tattiyakul[1]

[1]**Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University**

I Safety Management and Technology Division, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

[3]**Rajamangala University of Technology Lanna, Nan Campus**

[*]**Corresponding author**

Abstract

The native geonpea starch granule had spherical and/or ellipsoidal shape with hilum at the center and series of striations around it. Granule size were ranging between 41-91 μm. It started to gelatize at 75-80°C. From RVA, its pasting temperature was found to be 84.85-87.57 °C. At 90°C, starch solubitily and granule swelling power were 13.8 and 9.9 % by weight, respectively.

Keywords: pigoenpea starch, starch extraction, characteristic, pasting properties.

บทนำ

ถั่วมะแฮะ (Cajanus cajan Millsp.) ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่ว (Legume) ที่มีลักษณะที่ทนความแห้งแล้งเหมือนกับพืชตระกูลถั่วสายพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากความสามารถในการตรึงไนโตรเจนและการดูดฟอสฟอรัสของระบบรากถั่วมะแฮะ กรมพัฒนาที่ดินจึงส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อปรับปรุงดินอย่างกว้างขวางในประเทศไทยรวมทั้งที่จังหวัดน่านด้วย นอกจากปลูกเพื่อปรับปรุงดินแล้วยังใช้เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่ของแมลงที่ผลิตครั่งและที่สำคัญคือให้ผลผลิตที่เป็นอาหารคนและสัตว์ได้ ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าถั่วมะแฮะสำหรับการรองรับผลผลิตที่จะเกิดทั่วประเทศ ถั่วมะแฮะจัดว่าเป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้ทั้งฝักอ่อนและเมล็ด ถั่วมะแฮะเป็นถั่วที่มีปริมาณไขมันต่ำและมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าโปรตีน โดยทั่วไปเมล็ดของถั่วมะแฮะมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 57.3-58.7 % และมีโปรตีนประมาณ 18-25 % และอาจมีถึง 32 % จึงจัดได้ว่าถั่วมะแฮะเป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของวิตามินที่ละลายน้ำได้คือ ไทอะมิน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน และแร่ธาตุจำพวกแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก กำมะถันและโพแทสเซียม[1] เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักของถั่วมะแฮะ โดยในถั่วมะแฮะมีสตาร์ชร้อยละ 44.8-53.0 และ starch digestibility ร้อยละ 36.2-53.0[1-2] ปัจจุบันการวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าถั่วมะแฮะส่วนใหญ่มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์[3-10]และมีบางที่วิจัยเกี่ยวกับแป้งถั่วมะแฮะเพื่อผสมหรือทดแทนแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง[11-12] ผลิตวุ้นเส้นและบะหมี่จีน[13-14] และดอกเม็ดยา[15] การใช้งานของแป้งและสตาร์ชในอุตสาหกรรมต่างๆซึ่งต้องการแป้ง/สตาร์ชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆอย่างหลากหลาย ซึ่งการนำแป้ง/สตาร์ชมาใช้งานนั้นจำเป็นต้องรู้สมบัติเคมีกายภาพและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ช ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดเม็ด สตาร์ชนั้น นอกจากสมบัติของแป้ง/สตาร์ชขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแล้วยังขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกด้วย เนื่องจากยังขาดความรู้เกี่ยวกับรูปร่างและขนาดเม็ดแป้ง และสมบัติเคมีกายภาพและสมบัติทางกายภาพของแป้ง/สตาร์ชถั่วมะแฮะ เพื่อประเมินการนำแป้ง/สตาร์ชถั่วมะแฮะมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดแป้ง/สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ วิเคราะห์รูปร่างและขนาดเม็ดแป้งและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเม็ดแป้งขณะเกิด gelatinization และสมบัติของแป้งเปียกของแป้ง/สตาร์ชถั่วมะแฮะจากจังหวัดน่าน

การทดลอง

การสกัดแป้งถั่วมะแฮะ

- **วิธีที่ 1**[16] ไม่ถั่วแห้งพร้อมเปลือกด้วยเครื่อง stone mill นำถั่วบดละเอียดแช่ในสารละลาย 0.05 NaOH โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 นาน 2 ชั่วโมง แล้วแยกกากออกด้วยการปั่นเหวี่ยง (Hettich zentrifugen EBA21, Hettich, Tuttlindgen, Germany) ที่ความเร็วรอบ 3600 rpm เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง นำส่วนที่เป็นตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งกรองผ่านตะแกรงขนาด 200 และ 300 mesh ตามลำดับ นำตะกอนแป้งที่ผ่านการล้างและผ่านตะแกรงขนาด 300 mesh แล้วไปอบในตู้อบลมร้อน (HA – 100S, YEO HENG Co., Ltd., Bangkok, Thailand) ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง stone mill แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh
- **วิธีที่ 2** ล้างถั่วมะแฮะ (จังหวัดน่าน) ด้วยน้ำ แช่และกวนถั่วในน้ำแยกเม็ดที่ลอยน้ำทิ้ง นำถั่วส่วนที่เหลือแช่น้ำ 16 ชั่วโมง ลอกเปลือกออกโดยฉีกที่ hilum นำถั่วที่ลอกเปลือกออกแล้วมาตีปั่นกับน้ำโดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วต่อน้ำเท่ากับ 1:5 กรองผ่านผ้าขาวบาง ทิ้งให้แป้งตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง (≈ 28 °C) แล้วเทน้ำออก นำแป้งไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 2 ชั่วโมง นำแป้งไปปั่นให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น

การวิเคราะห์องค์ประกอบของแป้งถั่วมะแฮะ

วิเคราะห์ปริมาณ(ร้อยละโดยน้ำหนัก)ของน้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้าและใยอาหารในแป้งถั่วมะแฮะตามวิธีของ AOAC (1995)[17] แล้วคำนวณหาปริมาณของคาร์โบไฮเดรตจากสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = 100 - \sum(\text{ปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้าและใยอาหาร}) \quad (1)$$

การวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

การเตรียมตัวอย่าง

กระจายแป้งถั่วมะแฮะที่เตรียมด้วยวิธีที่ 1 ลงในน้ำที่มีปริมาณมากเกินพอในบีกเกอร์ซึ่งวางในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ อุณหภูมิ (Heto shaking water bath SBD 50, Heto-Holten, Holten, Denmark) เก็บตัวอย่างก่อนให้ความร้อน แล้วให้ความร้อนจนอุณหภูมิสารแขวนลอยแป้งถั่วมะแฮะเพิ่มขึ้นถึง 85 °C เก็บตัวอย่างสารแขวนลอยแป้งที่อุณหภูมิ 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 และ 85 °C และเมื่ออุณหภูมิคงที่ที่ 85 °C เป็นเวลา 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที เติมน้ำปริมาณมากเกินพอลงในตัวอย่างที่เก็บเพื่อให้อุณหภูมิของสารแขวนลอยแป้งลงลดถึงอุณหภูมิห้อง

การศึกษารูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งก่อนและหลังการให้ความร้อนโดยกล้องจุลทรรศน์

เขย่าแล้วดูดตัวอย่างสารแขวนลอยแป้งที่ได้ข้างต้นหยดลงบนแผ่นสไลด์แก้ว ปิดด้วย cover slip นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Micoscope, Olympus BX 51TF, E for L International Co., Ltd., Japan) ที่กำลังการขยาย 400 บันทึกรูปภาพ โดยติดตั้งแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง (Olympus U-ANT and U-POT, E for L International Co., Ltd., Japan) เมื่อศึกษาลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้ง

การศึกษารูปร่างของเม็ดแป้งก่อนและหลังการให้ความร้อนด้วย Scanning Electron Microscope

เขย่าแล้วดูดตัวอย่างสารแขวนลอยแป้งก่อนให้ความร้อนและที่ให้ความร้อนจนอุณหภูมิสารแขวนลอยแป้งเป็น 75 °C และเมื่ออุณหภูมิคงที่ที่ 85 °C เป็นเวลา 1 และ 20 นาที ที่เก็บไว้ หยดลงบนแผ่นสไลด์แก้วที่ติดอยู่บน stud โลหะ ทิ้งให้ตัวอย่างแห้งและเม็ดแป้งเกาะติดบนแก้ว นำไปฉาบทองหนา 20-30 mm ด้วยเครื่อง ion sputter (Balzers Union SCD 040, Balzers Union Ltd., Balzers, Liechtenstein) โดยใช้เทคนิค Hammer V sputter coater แล้วนำไปวิเคราะห์และบันทึกภาพโครงสร้างเม็ดแป้งด้วย Scanning Electron Microscope (JSM-5410 LV, JEOL Ltd., Tokyo, Japan) ที่ 15 kV กำลังขยาย 750, 1,500 และ 2,000 เท่า

การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

ศึกษาขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะด้วยเครื่อง Particle Size Analyzer (Mastersizer 2000, Malvern Instruments, Ltd., Malvern, UK) โดยใช้ตัวอย่างสารแขวนลอยแป้งร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก

การศึกษาการละลายและกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

ชั่งแป้งถั่วมะแฮะประมาณ 0.5 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง ในหลอดพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น 20 ml นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Heto shaking water bath SBD 50, Heto-Holten, Holten, Denmark) ที่ 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 °C นาน 30 นาที โดยเขย่าหลอดตลอดเวลา นำไปปั่นเหวี่ยง (IEC Multi RF, Centrifuge Thermo IEC, USA) ที่ 6000 X g อุณหภูมิ 4 °C นาน 20 นาที แล้ว

- ดูดของเหลวใสส่วนบนใส่ถ้วยกระเบื้องที่รู้น้ำหนักแน่นอน ชั่งแล้วนำไปอบให้แห้งที่ 100 °C ในตู้อบลมร้อน (HA – 100S, YEO HENG Co., Ltd., Bangkok, Thailand) แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักของแป้งส่วนที่ละลายน้ำ
- ชั่งตะกอนเปียกที่ได้หลังการปั่นเหวี่ยง
- คำนวณหากำลังการพองตัว[18]ดังนี้

ร้อยละการละลาย = 100 (น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น)

กำลังการพองตัว = 100{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว/[น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น x (100 – ร้อยละการละลาย)]}

การศึกษาสมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ

เตรียมสารแขวนลอยแป้งถั่วมะแฮะ ให้ได้ความเข้มข้นของแป้งแห้งเป็นร้อยละ 10.71 % (w/w) (โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้ง 3.000 กรัม (dry basis) และเติมน้ำกลั่นให้ได้ 28 กรัม) ให้ความร้อนพร้อมกวนสารแขวนลอยแป้งในเครื่อง Rapid Visco™ Analyzer (RVA 4D, Newport Scientific Pty. Ltd., NSW, Australia) โดยใช้ temperature profile ดังนี้

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)
1.00	50	160
3.75	50→95	160
2.50	95	160
3.75	95→50	160
2.00	50	160

บันทึกค่าความหนืด และวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

- Pasting temperature อุณหภูมิ (ในหน่วย °C) ที่ความหนืดเริ่มเพิ่มขึ้นคือเพิ่มจากเดิม 2 RVU ในเวลา 20 วินาที
- Peak time เวลา (ในหน่วยนาที) ที่ค่าความหนืดสูงสุด
- Peak temperature อุณหภูมิ (ในหน่วย °C) ที่ค่าความหนืดสูงสุด
- Peak viscosity ค่าความหนืด (ในหน่วย RVU) สูงสุด
- Breakdown ค่าความแตกต่างของความหนืด (ในหน่วย RVU) ระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด
- Final viscosity ค่าความหนืด (ในหน่วย RUV) สุดท้ายของการทดลองที่อุณหภูมิ 50 °C
- Setback from trough ค่าความแตกต่างของความหนืด (ในหน่วย RVU) ระหว่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด
- Trough หรือ Hold strength ค่าความหนืด (ในหน่วย RVU) ต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น

ผลการทดลองและอภิปรายผล

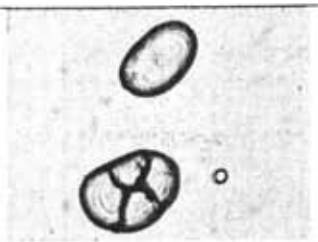
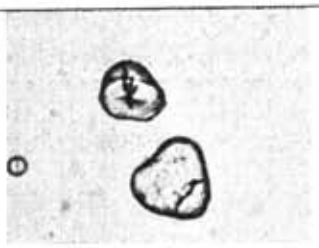
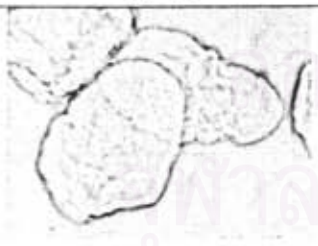
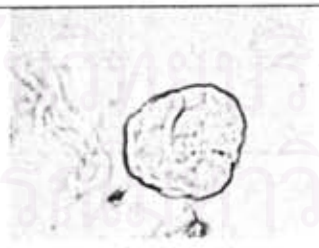
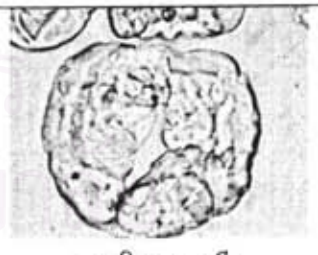
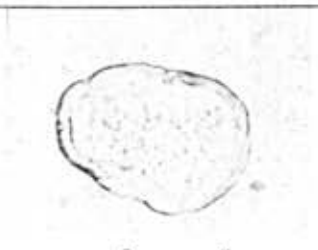
องค์ประกอบของแป้งถั่วมะแฮะ

แป้งถั่วมะแฮะที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน เถ้า ใยอาหาร ไขมัน และคาร์โบไฮเดรท ร้อยละ 8.86, 6.99, 1.77, 13.71, 2.03 และ 66.64 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แป้งถั่วมะแฮะที่สกัดได้โดยวิธีนี้มีปริมาณใยอาหารสูงมาก เนื่องจากโม่ถั่วแห้งพร้อมเปลือกและไม่สามารถแยกเปลือกถั่วออกได้หมด ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกถั่วไม่ร่อนออกจากเนื้อถั่วแม้ถูกแช่ในน้ำค้างคืน นอกจากใยอาหารแล้วปริมาณโปรตีน เถ้าและไขมันยังสูงอีกด้วยเมื่อเทียบกับแป้งที่มาจากธัญพืช พืชหัว/รากและถั่วเขียวทั้งที่ผลิตในห้องปฏิบัติการเพื่อการศึกษาวิจัยและในระดับอุตสาหกรรม[19-24] ตามปกติแป้งมีไขมันในปริมาณต่ำกว่าร้อยละ 1[25] ดังนั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีและขั้นตอนการสกัดเพื่อให้ได้แป้งหรือสตาร์ชที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการสกัดแป้งจากถั่วมะแฮะตามวิธีที่ 2 ซึ่งนำถั่วมาแช่น้ำและฉีกเปลือกออกก่อนนำมาโม่ แต่วิธีการนี้ต้องใช้แรงงานสูงและเสียเวลามาก ทำให้ได้แป้งไม่พอเพียงต่อการวิเคราะห์ และที่สำคัญคือไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตจริงเพื่อนำแป้งไปใช้ไม่ว่าในระดับใดก็ตาม

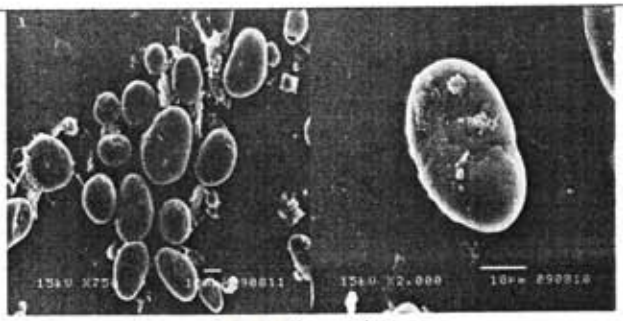
รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะก่อนและหลังการให้ความร้อน

เม็ดแป้งถั่วมะแฮะดิบ (native pigeon pea starch granule) มีรูปร่างทั้งกลมและรีคล้ายเมล็ดถั่วดังภาพที่แสดงในตารางที่ 1 และ 2 โดยมี hilum อยู่ตรงกลางเม็ดแป้งและมีลาย (striation) รูปวงรีล้อมรอบ hilum (ตารางที่ 1.1) ซึ่งมักอธิบายว่า hilum เป็นศูนย์กลางของเม็ดแป้งและเม็ดแป้งขยายขนาดออกจาก hilum[21] และการดูดน้ำเข้าเม็ดแป้งได้ดีที่สุดคงเป็นตรง hilum นี้ ซึ่งจากภาพแสดงว่าเป็นรอยแตกบนเม็ดแป้ง จากภาพ SEM ขยาย 2000 เท่า (ตารางที่ 1.2) พบว่าผิวไม่เรียบ นอกจากมีรอยระแหงแล้วยังมีอนุภาคของสิ่งเจือปน(อนุภาคที่เป็นทรงค่อนข้างกลมอาจเป็นอนุภาคโปรตีน)เกาะที่ผิวอีกด้วย เมื่อให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งถั่วมะแฮะในน้ำปริมาณมากเกินพอ ภาพที่ได้จาก Stereo Microscope (ตารางที่ 1.1) บ่งว่าเม็ดแป้งเริ่มสลายตัวที่ 75 °C ขณะที่ภาพจาก SEM ของเม็ดแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 75 °C เช่นเดียวกันไม่แสดงว่าแม็ดแป้งมีการสลายตัว และจากตารางที่ 1.3 พบว่าเม็ดแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนถึง 75 °C ลักษณะของ birefringence ยังมีอยู่แต่ไม่คมชัดเท่ากับของเม็ดแป้งที่ผ่านการให้ความร้อน ≤ 75 °C แสดงว่าเริ่มมีการสลายของโครงสร้างผลึก(ของ amylopectin)ในเม็ดแป้ง ซึ่งมักใช้การเปลี่ยนแปลงหรือหายไปของลักษณะ birefringence บ่งการเกิดเจลติไนซ์ของแป้ง[26] ตารางที่ 1.3 แสดงว่าลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะสูญเสียไปเมื่อถูกให้ความร้อนถึง 80 °C ซึ่งตรงกับภาพจาก Stereo Microscope ในตารางที่ 1.1 ที่แสดงว่าการสลายของเม็ดแป้งขยายวงกว้างขึ้นออกจากศูนย์กลางของเม็ดแป้งซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่ของ hilum บ่งว่าการดูดน้ำเข้าสู่เม็ดแป้งเกิดที่ hilum และเมื่อถูกให้ความร้อนถึง 85 °C นาน 35 นาที ก็ไม่คงรูปของเม็ดได้อีกต่อไป ภาพ SEM ในตารางที่ 1.2 บ่งการสลายหรือละลายของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนถึง 85 °C นาน 1 นาที

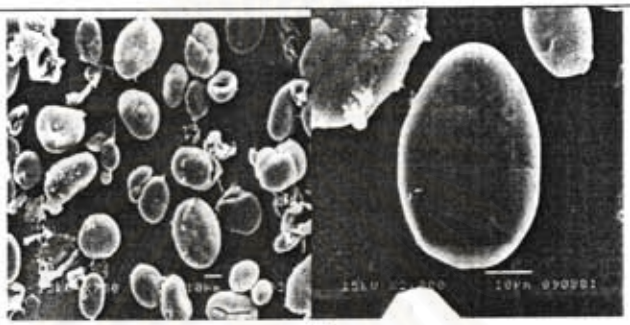
ตารางที่ 1.1 รูปร่างของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ จาก Stereo Microscope

 ก่อนให้ความร้อน	 40 °C	45°C
50 °C	55 °C	60 °C
65 °C	70 °C	75 °C
80 °C	85 °C	85 °C 5 นาที
 85 °C 10 นาที	 85 °C 15 นาที	 85 °C 20 นาที
 85 °C 25 นาที	85 °C 30 นาที	85 °C 35 นาที

ตารางที่ 1.2 รูปร่างของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ จาก SEM

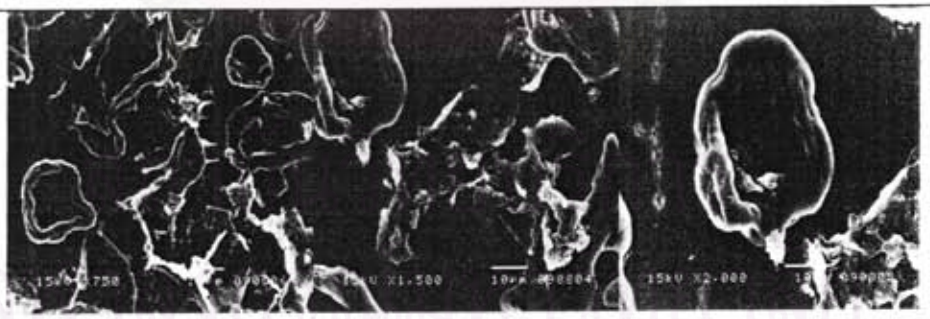


ก่อนให้ความร้อน



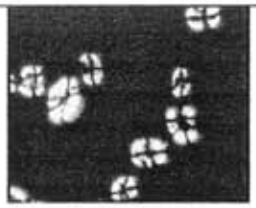
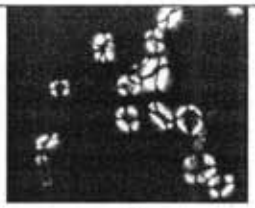
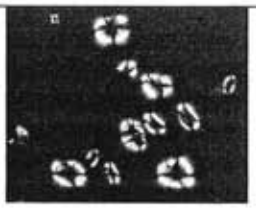
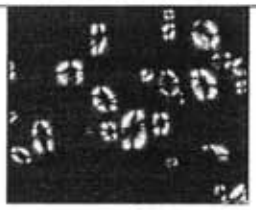
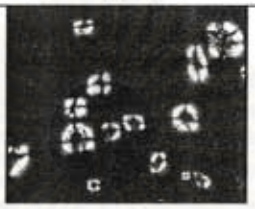
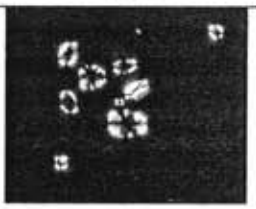
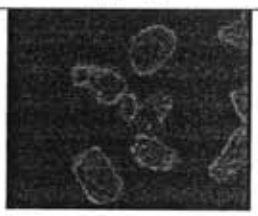
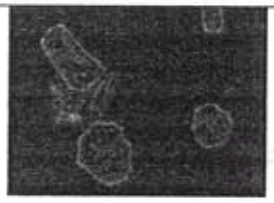
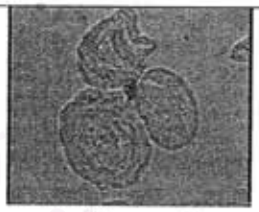
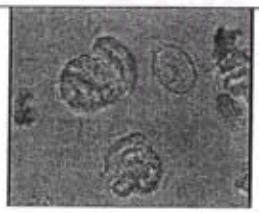
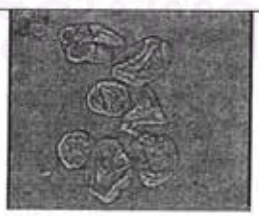
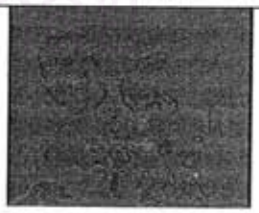
75 °C

85 °C 1 นาที



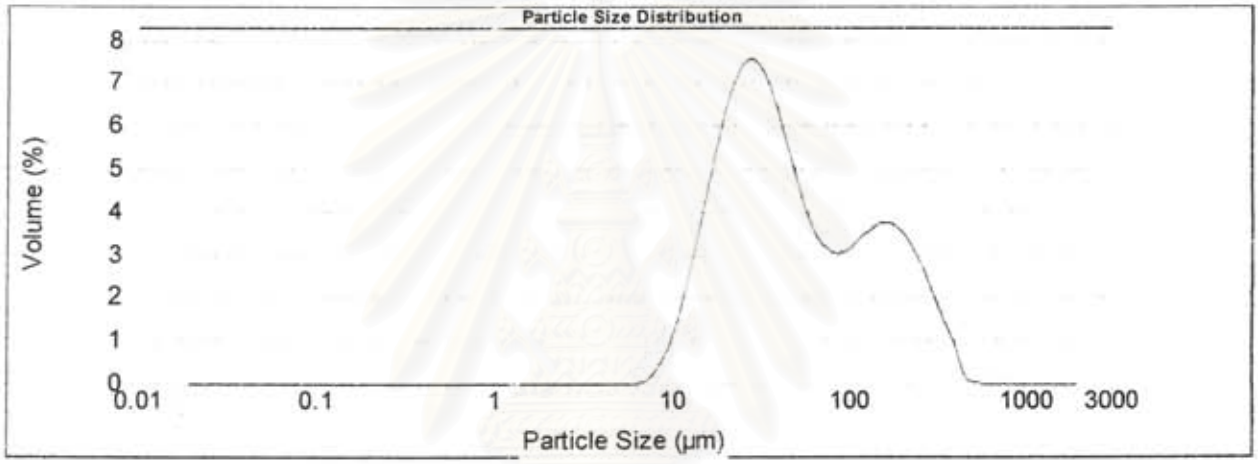
85 °C 20 นาที

ตารางที่ 1.3 ลักษณะ birefringence ของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ Stereo Microscope และแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง

 ก่อนให้ความร้อน	 40°C	 45°C
 50 °C	 55 °C	 60 °C
65 °C	70°C	75 °C
80 °C	85 °C	 85 °C 5นาที
 85 °C 10นาที	85 °C 15นาที	 85 °C 20นาที
 85 °C 25นาที	 85 °C 30นาที	 85 °C 35นาที

ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

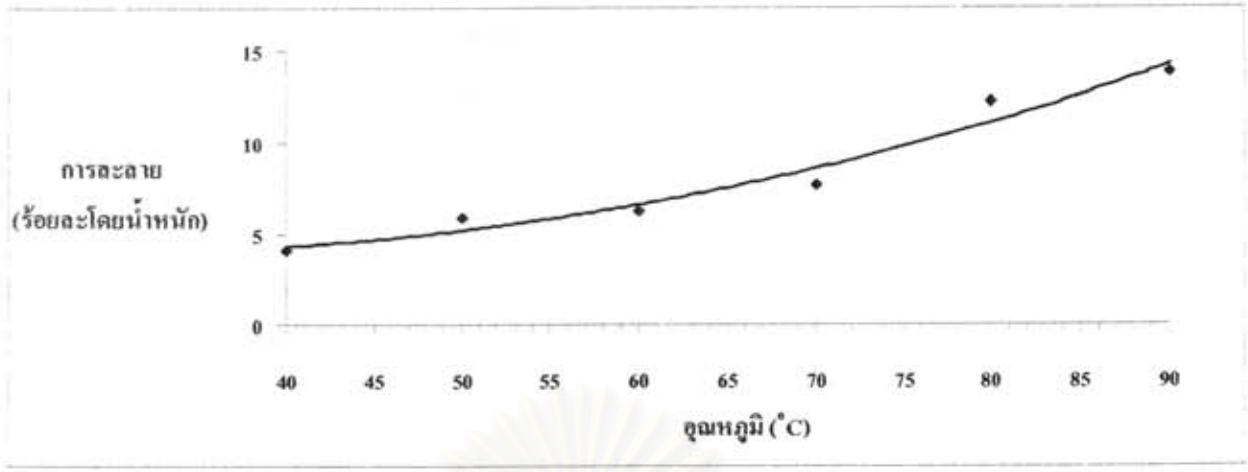
จากการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Mastersizer 2000 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ขนาดอนุภาคในช่วง 0.020-2000 µm ผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 1.1 แสดงว่าเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 1 มีขนาดอนุภาคระหว่าง 1.5-400 µm โดยอนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วง 7-400 µm และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 41.28 และ 91.13 µm สำหรับแป้งที่สกัดด้วยวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งบ่งว่าเป็นเม็ดแป้งขนาดใหญ่เทียบได้กับเม็ดแป้งมันฝรั่งที่มีขนาดอยู่ในช่วง 15-121 µm และมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 40 µm[25] ขณะที่เม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีรูปร่างคล้ายกับเม็ดแป้งถั่วเขียวแต่เม็ดแป้งถั่วเขียวมีขนาดอยู่ในช่วง 7-26 µm เท่านั้น[13, 27-28] การวิเคราะห์ขนาดด้วย Particle Size Analyzer พบว่าขนาดของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีช่วงกว้างกว่าและขนาดเฉลี่ยใหญ่กว่าที่วัดจากภาพภายใต้กล้องจุทรรศน์(ซึ่งรายงานว่าขนาดของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะอยู่ในช่วง 9.5-55.1 µm และมีขนาดเฉลี่ย 24.7 µm)[29]



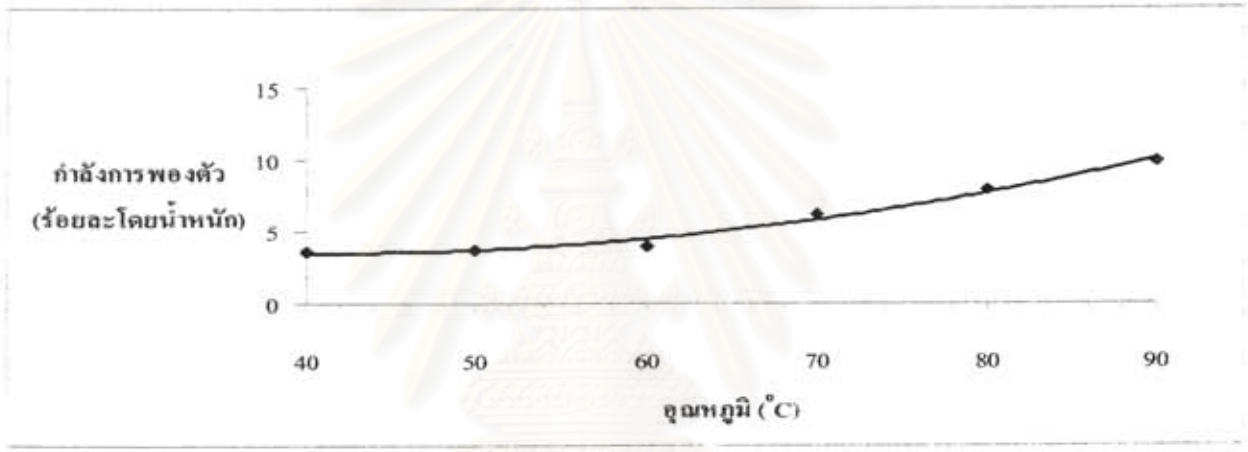
รูปที่ 1.1 การกระจายขนาดของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 1

การละลายและกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะ

รูปที่ 1.2 และ 1.3 แสดงว่าการละลายของแป้งถั่วมะแฮะหรือการละลายของ amylose จากเม็ดแป้งถั่วมะแฮะในน้ำ (amylose leaching) และกำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยการละลายเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 4.1 เป็น 13.8 และกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.6 เป็น 9.9 โดยน้ำหนัก เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 40 เป็น 90 °C ซึ่งกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น 1.08 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 40 เป็น 60 °C แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 60 เป็น 70 °C กำลังการพองตัวเพิ่มขึ้น 1.6 เท่า ซึ่งการพองตัวของเม็ดแป้งที่สูงขึ้นระหว่างช่วงอุณหภูมิ 60-70 °C บ่งว่าแป้งถั่วมะแฮะเริ่มเจลาติไนซ์ในระหว่างช่วงอุณหภูมินี้ตรงกับผลการเปลี่ยนแปลงหรือการสลายของเม็ดแป้งและลักษณะ birefringence ในภาพที่ได้จาก Stereo Microscope (ตารางที่ 1.1 และ 1.3)



รูปที่ 1.2 การละลายของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C



รูปที่ 1.3 กำลังการพองตัวของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดตามวิธีที่ 1 ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C

สมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ

ตารางที่ 1.4 สรุปสมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 1 และ 2 ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) Pasting temperature ของแป้งถั่วมะแฮะอยู่ในช่วง 84.85-87.57 °C ซึ่งจากรูปในตารางที่ 1.1 และ 1.3 เม็ดแป้งพองตัวเต็มทีและมีการสลายตัวที่ผิวเม็ดแป้ง ค่า Peak viscosity, Trough, Breakdown และ Final viscosity ของแป้งเปียกถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 สูงกว่าที่สกัดด้วยวิธีที่ 1 ประมาณ 2.8, 2.0, 5.8 และ 1.6 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณสตาร์ชในแป้งที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 สูงกว่าวิธีที่ 1 เพราะการสกัดด้วยวิธีที่ 2 สามารถแยกเปลือกออกได้หมดคาดว่าทำให้ปริมาณใยอาหารในแป้งที่สกัดด้วยวิธีนี้ต่ำกว่าในแป้งที่สกัดด้วยวิธีที่ 1 มาก อย่างไรก็ตามค่า Setback ของแป้งทั้ง 2 ตัวอย่างต่างกันน้อยมาก ที่ความเข้มข้นของแป้งแห้งประมาณร้อยละ 10-11 โดยน้ำหนัก RVA profile ของแป้งเปียกถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 คล้ายคลึงและใกล้เคียงกับ RVA profile ของแป้งมันฝรั่งมากกว่าแป้งชนิดอื่น (เช่นแป้งสาลี แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง) ก็ตาม[30] ความแตกต่างกันระหว่าง RVA profile ของแป้งเปียกถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 กับ RVA profile ของแป้งมันฝรั่งที่เด่นชัดคือ

- ค่า Peak viscosity และ Trough ของแป้งเปียกถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 สูงกว่าของแป้งมันฝรั่งประมาณ 1.5 และ 2.1 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขนาดเฉลี่ยของเม็ดแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีนี้สูงมากกว่า 2 เท่าของขนาดเฉลี่ยของเม็ดแป้งมันฝรั่ง

- Pasting temperature ของแป้งมันฝรั่งต่ำกว่าของแป้งถั่วมะแฮะประมาณ 17 °C บ่งว่าเม็ดแป้งถั่วมะแฮะแข็งแรงกว่าเม็ดแป้งมันฝรั่ง
- Setback ของแป้งเปียกถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 สูงกว่าของแป้งมันฝรั่งประมาณ 2.7 เท่า บ่งว่าแป้งถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่ 2 มีแนวโน้มในการเกิดเจลและการคืนตัว (retrogradation) สูงกว่าแป้งมันฝรั่ง

ตารางที่ 1.4 สมบัติแป้งเปียกของแป้งถั่วมะแฮะ

แป้ง	Peak Viscosity (RVU)	Trough (RVU)	Breakdown (RVU)	Final Viscosity (RVU)	Setback (RVU)	Peak Time (min)	Pasting Temperature (°C)
ถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่1	185.89	145.72	40.17	229.45	83.72	5.2	87.57
ถั่วมะแฮะที่สกัดด้วยวิธีที่2	520.92	287.58	233.33	369.25	81.67	4.8	84.85
มันฝรั่ง[30]	340	135	205	165	30	3.5	69

สรุปและข้อเสนอแนะ

เม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีรูปร่างทั้งกลมและรีคล้ายเม็ดแป้งถั่วเขียวและมันฝรั่ง มี hilum อยู่ตรงกลางเม็ด (Centric) และมีลายรอบ hilum เม็ดแป้งถั่วมะแฮะมีขนาดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41-91 µm Pasting temperature ของแป้งถั่วมะแฮะอยู่ในช่วง 84.85-87.57 °C เมื่อเกิดเจลาติไนซ์แล้วมีการละลายและกำลังการพองตัวร้อยละ 13.8 และ 9.9 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ที่ 90 °C

เนื่องจากแป้งที่ได้มีการปนเปื้อนมากถ้าไม่เอาเปลือกออกให้หมดก่อนนำไปโม่ ดังนั้นจึงควรศึกษาหาวิธีการเอาเปลือกออกที่สามารถทำได้เชิงพานิชย์ก่อนนำไปโม่ เพื่อให้ได้สตาร์ชที่บริสุทธิ์และทำการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของสตาร์ชบริสุทธิ์ เพื่อประเมินศักยภาพการใช้งานเชิงอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. Price, M.L. 1998. Pigeon Pea. ECHO Technical Note. ECHO. North Ft. Myers, Florida.
2. Faris, D.G., Saxena, K.B., Mazumdar, S., and Singh, U. 1987. Vegetable pigeon pea: a promising crop for India. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India 13 pp.
3. Udedibie, A.B.I. and Igwe, F.O. 1989. Dry matter yield and chemical composition of pigeon pea (*C. cajan*) leaf meal and the nutritive value of pigeon pea leaf meal and grain meal for laying hens. *Anim. Feed Sci. Tec.* 24: 111-119.
4. สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2532. การใช้เม็ดถั่วมะแฮะเพื่อเป็นอาหารสัตว์ปีก. *ว. เกษตร*. 5(3): 157-178.
5. สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2534. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 1. ใบถั่วมะแฮะในอาหารไก่เนื้อ. *ว. เกษตร*. 7(2): 118-133.
6. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2535. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 2. การย่อยได้ของใบและเมล็ดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. *ว. เกษตร*. 8(1): 69-84.
7. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล ศิริลักษณ์ พรสุขศิริ และ สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์. 2535. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 3. สัตว์เคี้ยวเอื้องและกระต่าย. *ว. เกษตร*. 8(1): 85-103.

8. สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ ไพฑูรย์ พาสพิษณุ. 2535. การใช้ถั่วมะแฮะเป็นอาหารสัตว์ 4. คุณค่าทางโภชนาการของใบถั่วมะแฮะในไก่เนื้อ. *ว. เกษตร*. 8(2): 127-138.

9. วิเชียร วรพุทธพร. 2527. ผลิตภัณฑ์จากถั่วมะแฮะ. *แก่นเกษตร*. 12(1): 11-13.

10. อภิชัย เมฆบังวัน วินัย ไยธินศิริกุล ปราโมช คีตะโกเศศ และ อนุชา ศิริ. 2536. การใช้เมล็ดถั่วมะแฮะเป็นอาหารสุกร. *ว. วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*. 10(2): 19-29.

11. Mueses, C., León, L.de, Bressani, R. 1993. Possibility of using flour of pigeon pea in producys prepared with rice or wheat flour. *Arch. Latinoam. Nutr.* 43(1): 41-45. (in Portuguese).

12. Rampersad, R., Badrie, N. and Comissiong, E. 2003. Physico-chemical and sensory characteristics of flavored snacks from extruded cassava/pigeon pea flour. *J. Food Sci.* 68(1): 363-367.

13. Singh, U., Voraputhaporn, W., Rao, P.V. and Jambunathan, R. 1989. Physicochemical characteristics of pigeon pea and mung bean starches and their noodle quality. *J. Food Sci.* 54(5): 1293-1297

14. จันทนี อุริยะพงศ์สรรค์ และ บวรศักดิ์ ลีนานนท์. 2548. สมบัติทางกายภาพของบะหมี่จีนจากถั่วมะแฮะ. *แก่นเกษตร*. 33(3): 242-251.

15. Dare, K., Akin-Ajani, D., Odeku, O., Itiola, O., Odusote, O. 2006. Effects of pigeon pea and plantain starches on the compressional. Mechanical, and disintegration properties of paracetamal tablets. *Drug Development and Industrial*. 32(3): 357-365.

16. Jane, J-L., Shen, L., Lim, S., Kasemsuwan, T., and Nip, W.K. 1992. Physical and chemical studies of taro starches and flours. *Cereal Chemistry* 69(5): 528-535.

17. AOAC. 1995. Official Mithods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington D.C. AOAC International.

18. Schoch, T.J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. *In*: R.L. Whistler, R.J. Smith and J.N. BeMiller (Eds.). Methods in Carbohydrates Chemistry Vol. VI. New York : Academic Press. pp. 106 – 108.

19. Swinkels, J.J.M. 1985. Source of starch, its chemical and physical. *In*: G.M.A. van Beynum and J.A. Roels (Eds.). Starch Conversion Technology. Marcel, Inc., New York. pp. 15-45.

20. Noosuk, P., Hill, S.E., Pradipasena, P., and Mitchell, J.R. 2003. Structure-Viscosity Relationships for Thai Rice Starches. *Starch/Stärke* 55(8): 337-344.

21. Mishra, S. and Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. *Food Hydrocolloids*. 20: 557-566.

22. Tattiyakul, J., Naksriarporn, T., Pradipasena, P. and Miyawaki, O. 2006a. Effect of Moisture on Hydrothermal Modification of yam *Dioscorea hispida* Dennst Starch. *Starch/Stärke* 58(3-4): 170-176.

23. Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. and Pradipasena, P. 2006b. Chemical and Physical Properties of Flour Extracted from Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott Grown in Different Regions of Thailand. *Science Asia* 32: 275-280.

24. นภมณี มงคลประเสริฐ. 2544. สมบัติทางการไหลและสมบัติทางความร้อนของสตาร์ชจากถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25. Swinkels, J.J.M. 1985. Composition and properties of commercial native starches. *Starch/Stärke*. 37 : 1–5.

26. Garcia, V., Colonna, P., Bouchet, B. and Galland, D.J. 1997. Structure changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contants. *Starch/Stärke* 49(5): 171-179.

27. Naivikul, O. and D'Appolonia, B.L. 1979. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. *Cereal Chem.* 56(1): 24-28.

28. Hoover, R., Li, Y.X., Hynes, G. and Senanayake, N. 1997. Physicochemical characterization of mung bean starch. *Food Hydrocolloids.* 11(40; 401-408.

29. วิเชียร วรพุทธพร. 2531. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งถั่วมะแฮะและการนำไปใช้ทำวุ้นเส้น. *อาหาร.* 18(4): 225-238.

30. Newport Scientific Pty., Ltd. 1995. Operation Manual for the Series 4 Rapid Visco Analyzer. Austraria.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 ผลของการดัดแปรด้วยการ Nixtamalize ต่อลักษณะของเม็ดสตาร์ช/แป้งและสมบัติทางกายภาพของสตาร์ช/แป้ง

พาสวดี ประทีปะเสน[1*] ปิยะนุช รสเครือ[1,2] สายรุ้ง ชัยวานิชศิริ[1] ศศิกานต์ กู้พงษ์สักดิ์[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ppasawad@cscoms.com โทร 0-2218-5536

บทคัดย่อ

การสกัดสตาร์ชถั่วมะแฮะบริสุทธิ์ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 98.92 โดยน้ำหนัก ต้องนำเมล็ดถั่วไปสีเอาเปลือกออกก่อน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการดัดแปรสตาร์ชถั่วมะแฮะโดยการแช่ (ที่ 28 °C นาน 16 ชั่วโมง) หรือต้ม (ที่ 100 °C นาน 30 นาทีแล้วแช่ทิ้งไว้ในน้ำที่ต้มนาน 16 ชั่วโมง) ถั่วทั้งเมล็ดในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2-1.0 โดยน้ำหนัก สตาร์ชที่สกัดได้จากการแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ มีความบริสุทธิ์เช่นเดียวกับสตาร์ชธรรมชาติ แต่มีปริมาณผลึก (ร้อยละ 33.3-36.8) และสมบัติแป้งเปียกได้แก่ peak viscosity, breakdown และ setback สูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติ ขณะที่การต้มทำให้มีโปรตีนอยู่ในแป้งดัดแปรสูง (ประมาณร้อยละ 11.58-20.36 โดยน้ำหนัก) ขนาดเม็ดสตาร์ชใหญ่กว่าสตาร์ชธรรมชาติ สมบัติที่วิเคราะห์ได้เช่น กำลังการพองตัว การละลาย สมบัติแป้งเปียกและสมบัติทางความร้อนบ่งว่าสตาร์ชประมาณครึ่งหนึ่งเกิดเจลาทิไนซ์แล้ว

คำสำคัญ สตาร์ช การดัดแปรทางกายภาพ Nixtamalization ถั่วมะแฮะ สมบัติทางกายภาพ

Effect of Nixtamalization on Characteristics and Physical Properties of Pigeon Pea Starch/Flour

Pasawadee Pradipasena[1*], Piyanuch Roskhrua[1,2], Saiwarun Chaivanichsiri[1] and Sasikan Kupongsak[1]

[1]Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

[2]Rajamangala University of Technology Lanna, Nan Campus

[*]Corresponding author

Abstract

Pigeon pea was husked prior to wet milling. The native pigeon pea starch contained 98.92 wt % carbohydrate. Modification of starch was done by 1. soaking pea in 0.2-1.0 wt % $Ca(OH)_2$ solution at 28 °C for 16 hr, and 2 nixtamalization (heating pea in 0.2-1.0 wt % $Ca(OH)_2$ solution at 100 °C for 30 min and then soaking for 16 hr). Chemical composition of modified starch, obtained from soaking pea in $Ca(OH)_2$ solution, was not significantly different from that of the native starch. However, degree of crystallinity and pasting properties (peak viscosity, breakdown and setback) of this modified starch were higher than those of the native starch. Protein content in nixtamalized flour was very high (11.58-20.36 wt %). Larger starch granule was obtained after nixtamalization. From swelling power, solubility, pasting properties and enthalpy of gelinization indicated that starch was gelatinized during nixtamalization.

Keywords: pigoenpea starch, starch modification, nixtamalization, characteristic, pasting properties, thermal properties.

บทนำ

การวิจัยที่ดำเนินการในปีงบประมาณ 2549 ได้ศึกษาสภาวะในการสกัดแป้งจากถั่วมะแฮะและจากการวิเคราะห์พบว่า แป้งที่ได้ยังมีความบริสุทธิ์ต่ำ คือมีความชื้น โปรตีน เถ้า ไขอาหาร ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 8.86 6.99 1.77 13.71 2.03 และ 66.64 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากปริมาณคาร์โบไฮเดรตบ่งว่าปริมาณสตาร์ชในแป้งที่สกัดได้ต่ำ ขณะที่มีไขอาหารสูง ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกของถั่วมะแฮะไม่ร่อนออกจากเนื้อถั่วแม้ถูกแช่ในน้ำค้างคืน นอกจากนี้ยังมีโปรตีนสูงอีกด้วย การนำแป้งและสตาร์ชไปใช้ประโยชน์นั้นขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของแป้งเปียกและหรือเจลแป้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแป้งด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำถั่วมะแฮะไปสีเอาเปลือกออกก่อนนำมาโม่ เพื่อทำให้ได้แป้งที่มีความบริสุทธิ์สูงหรือสตาร์ช นอกจากนี้ เพื่อให้ได้สตาร์ชที่มีสมบัติและหน้าที่หลากหลายต่อในการใช้งานต่างๆกัน จึงได้ศึกษาการดัดแปรสตาร์ชเพื่อปรับเปลี่ยนรูปร่างเม็ดสตาร์ชและ/หรือพันธะต่างๆในเม็ดสตาร์ช ซึ่งทำให้สมบัติทางกายภาพของแป้งเปียกเปลี่ยน การดัดแปรสตาร์ชทำได้หลายวิธี แบ่งได้เป็นวิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพ การดัดแปรทางเคมีอาจมีสารเคมีตกค้างในแป้งทำให้ไม่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภค และวิธีการก็มีขั้นตอนที่ทำให้เกิดมลภาวะ วิธีการดัดแปรทางกายภาพที่ใช้ความร้อนและแรงกลจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ในงานวิจัยนี้สนใจการดัดแปรแป้งที่มีการใช้มาแต่โบราณในแถบ Mesoamerica ที่ใช้ในการทำแป้งจากข้าวโพดเพื่อผลิต tortillas (ขนมปังแป้งข้าวโพดที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางและไม่ขึ้นฟู) tamales (โดแป้งข้าวโพดนึ่ง ซึ่งเป็นอาหารอินเดียแดง) และ corn chips (แผ่นแป้งข้าวโพดกรอบ) กระบวนการนี้ประกอบด้วยการแช่และต้มเมล็ดข้าวโพดทั้งเปลือกในสารละลายด่าง ส่วนใหญ่ใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้เปลือกข้าวโพดใสและร่อน สามารถแยกเปลือกออกได้ง่าย หลังจากการล้างแล้วนำมาโม่ กระบวนการนี้เรียกว่า nixtamalization และโดแป้งที่ได้ เรียกว่า Masa นอกจากนี้ยังมีการใช้กระบวนการนี้กับข้าวฟ่าง (sorghum) ด้วย[1] กระบวนการนี้ทำให้สตาร์ชข้าวโพดเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลทำให้เปลี่ยนสมบัติทางการไหลของโดแป้งข้าวโพดและลักษณะเนื้อสัมผัสของ tortillas[2-6] นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าเม็ดสตาร์ชที่ผ่านกระบวนการนี้ทำให้โครงสร้างของเม็ดสตาร์ชข้าวโพดแข็งแรงขึ้น เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างแคลเซียมไอออนกับสตาร์ช[7,8] และการเปลี่ยนสมบัติของแป้งเปียกข้าวโพดเนื่องมาจาก OH^- ทำให้สูญเสียพันธะไฮโดรเจนระหว่างกระบวนการนี้[9,10]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่และการต้มถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อรูปร่างและขนาดเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะ ชนิดของผลึก การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะขณะเกิด gelatinization และสมบัติของแป้งเปียกของสตาร์ชถั่วมะแฮะจากจังหวัดน่าน

การทดลอง

การเตรียมและการดัดแปรก่อนการสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

- แช่ถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในน้ำ 16 ชั่วโมง ที่ 5°C อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 แล้วเทน้ำทิ้ง ล้างด้วยน้ำ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วต่อน้ำเท่ากับ 1:1 เทน้ำทิ้งแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 45 °C จนแห้งใช้เวลา 15 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปสกัดเป็นสตาร์ชธรรมชาติ (native starch) ตามรายละเอียดในหัวข้อการสกัดสตาร์ชถั่วมะแฮะ
- ดัดแปรสตาร์ช/แป้งโดย
  - แช่ถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โดยน้ำหนัก นาน 16 ชั่วโมง ที่ 5°C อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้งต่อสารละลาย $Ca(OH)_2$ เท่ากับ 1:3 แล้วเทน้ำด่างทิ้ง ล้างด้วยน้ำสะอาด อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วต่อน้ำเท่ากับ 1:1 เทน้ำทิ้งแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ร้อน (HA – 100S, YEO HENG Co., Ltd.,

Bangkok, Thailand)ที่ 45 °C จนแห้งใช้เวลา 15 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปสกัดเป็นสตาร์ช/แป้งดัดแปร ตามรายละเอียดในหัวข้อการสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

- ต้มถั่วมะแฮะทั้งเปลือกที่ 100°C นาน 30 นาที ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้งต่อสารละลาย $Ca(OH)_2$ เท่ากับ 1:3 แล้วเทน้ำทิ้ง ล้างด้วยน้ำ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วต่อน้ำเท่ากับ 1:1 เทน้ำทิ้งแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 45 °C จนแห้งใช้เวลา 15 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปสกัดเป็นสตาร์ช/แป้งดัดแปร ตามรายละเอียดในหัวข้อการสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

การสกัดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

- นำถั่วมะแฮะที่ผ่านกระบวนการข้างต้นไปสีเอาเปลือกออก แล้วนำไปสกัดสตาร์ช/แป้ง[9] โดยล้างน้ำ 2 ครั้ง แช่ถั่วมะแฮะในน้ำ 16 ชั่วโมง ที่ 5°C อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:3 แล้วเทน้ำทิ้ง ล้างด้วยน้ำอีก 2 ครั้ง ผสมกับน้ำอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1:5 แล้วนำไปโม่เปียกด้วยเครื่องเครื่อง stone mill แบบ vertical 2 รอบ นำน้ำแป้งไปกรองผ่านตะแกรง 50 mesh เพื่อแยกกากทิ้งไป เก็บส่วนที่กรองได้ไว้ที่อุณหภูมิ 5°C ประมาณ 2 ชั่วโมงเพื่อให้แป้งตกตะกอนแล้วเทส่วนน้ำที่แยกชั้นออกมาทิ้งไป แยกส่วนตะกอนแป้งมาปรับ pH ที่ 8.5 ด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH แล้วแช่ไว้ในสารละลายด่างที่ 5°C นาน 2 ชั่วโมง เมื่อแป้งตกตะกอนให้เทส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง นำส่วนที่เป็นตะกอนมาล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง อัตราส่วนโดยน้ำหนักของตะกอนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:1 แล้วปรับ pH ของสารแขวนลอยแป้งในน้ำล้างสุดท้ายให้เป็น 7 ด้วย 1 N HCl ทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอนที่ 5°C นำตะกอนแป้งที่ได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่ 45 °C จนแห้งใช้เวลา 15 ชั่วโมง แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง stone mill แบบ vertical แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh บรรจุแป้งที่ร่อนแล้วในถุงพลาสติกเก็บที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิดสนิท เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป คำนวณปริมาณผลผลิตจาก สมการที่ 1

$$\text{ร้อยละปริมาณผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของสตาร์ช/แป้ง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของถั่วมะแฮะแห้ง (กรัม)}} \qquad [1]$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

วิเคราะห์ปริมาณ(ร้อยละโดยน้ำหนัก)ของความชื้นโดยใช้ Hot Air Oven โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl ไขมันโดยวิธี Soxhlet extraction ใยอาหาร โดยหา crude fiber เถ้าโดยใช้ Furnace ในสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะตามวิธีของ AOAC (1995)[9] แล้วคำนวณหาปริมาณของคาร์โบไฮเดรตจากสมการที่ 2

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = 100 - \sum(\text{ปริมาณน้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้าและใยอาหาร}) \qquad [2]$$

การวิเคราะห์รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

การศึกษารูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้ง

กระจายสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะที่เตรียมได้ลงในน้ำที่มีปริมาณมากเกินพอในหลอดทดลอง เขย่าแล้วดูดตัวอย่างสารแขวนลอยสตาร์ช/แป้งที่ได้หยดลงบนแผ่นสไลด์แก้ว ปิดด้วย cover slip นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Micoscope, Olympus BX 51TF, E for L International Co., Ltd., Japan) ที่กำลังการขยาย 400 บันทึกรูปภาพ โดยติดตั้งแผ่นฟิล์มโพลารอยด์บิดระนาบแสง (Olympus U-ANT and U-POT, E for L International Co., Ltd., Japan) เพื่อศึกษาลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้ง

การศึกษารูปร่างของเม็ดสตาร์ช/แป้งด้วย Scanning Electron Microscope

กระจายสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ ลงบนแผนคาร์บอนขนาด 0.5 ตารางเซนติเมตร นำไปฉาบทองหนา 20-30 mm ด้วยเครื่อง ion sputter (Balzers Union SCD 040, Balzers Union Ltd., Balzers, Liechtenstein) โดยใช้เทคนิค Hammer V sputter coater แล้วนำไปวิเคราะห์และบันทึกภาพเม็ดสตาร์ช/แป้งด้วย Scanning Electron Microscope (JSM-5410 LV, JEOL Ltd., Tokyo, Japan) ที่ 15 kV กำลังขยาย 1,000 6,500 และ 10,000 เท่า

การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

ศึกษาขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะด้วยเครื่อง Laser Diffraction Particle Size Analyzer (Mastersizer 2000, Malvern Instruments, Ltd., Malvern, UK) โดยใช้ตัวอย่างสตาร์ช/แป้งร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก แขวนลอยในน้ำกลั่น

การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกในเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

นำเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ มาตรวจสอบลักษณะผลึก โดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray Diffraction (D5005, Seimens AXS, Germany) produces monochromatic copper K_α radiation โดยควบคุมสภาวะที่ 40 kV 50 mA และช่วงคลื่น 0154 nm มุมในการวัดตั้งแต่ 5 องศา ถึง 30 องศา (2Θ)

การวัดสีของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

นำเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter (Minolta CR-400, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan) วัดสีในระบบ CIE ให้ค่า L(ความสว่าง) *a* (สีแดง-สีเขียว) *b* (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) แหล่งกำเนิดแสง D65

การศึกษากำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

ชั่งสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะประมาณ 0.5 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ให้รู้น้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง ในหลอดพลาสติกที่ใช้สำหรับเครื่องปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น 20 ml นำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Heto shaking water bath SBD 50, Heto-Holten, Holten, Denmark) ที่ 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 °C นาน 30 นาที โดยเขย่าหลอดตลอดเวลา นำไปปั่นเหวี่ยง (IEC Multi RF, Centrifuge Thermo IEC, USA) ที่ 6000 X g อุณหภูมิ 4 °C นาน 20 นาที แล้ว

- ดูดของเหลวใสส่วนบนใส่ถ้วยกระเบื้องที่รู้น้ำหนักแน่นอน ชั่งแล้วนำไปอบให้แห้งที่ 100 °C ในตู้อบลมร้อน (HA–100S, YEO HENG Co., Ltd., Bangkok, Thailand) แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักของสตาร์ช/แป้งส่วนที่ละลายน้ำ
- ชั่งตะกอนเปียกที่ได้หลังการปั่นเหวี่ยง
- คำนวณหากำลังการพองตัว[11] ดังนี้

ร้อยละการละลาย = 100 (น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ/น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) [3]

กำลังการพองตัว = 100{น้ำหนักสตาร์ช/แป้งที่พองตัวแล้ว/[น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น(100 – ร้อยละการละลาย)]}[4]

การศึกษาสมบัติแป้งเปียกของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

เตรียมสารแขวนลอยสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะให้ได้ความเข้มข้นของสตาร์ช/แป้งแห้งเป็นร้อยละ 10.71 % (w/w) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างสตาร์ช/แป้ง 3.000 กรัม (dry basis) และเติมน้ำกลั่นให้ได้ 28 กรัม ให้ความร้อนพร้อมกวนสารแขวนลอยสตาร์ช/แป้งในเครื่อง Rapid Visco™ Analyzer (RVA 4D, Newport Scientific Pty. Ltd., NSW, Australia) โดยใช้ temperature profile ดังนี้

เวลา (นาที.วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบ (rpm)
0.00	50	960
0.10	50	160
1.00	50	160
4.42	95	160
7.12	95	160
11.00	50	160
13.00	50	160

บันทึกค่าความหนืด และวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

- Pasting temperature อุณหภูมิที่ความหนืดเริ่มเพิ่มขึ้น(ในหน่วย °C)
- Peak time เวลา ที่ค่าความหนืดสูงสุด(ในหน่วยนาที)
- Peak temperature อุณหภูมิที่ค่าความหนืดสูงสุด(ในหน่วย °C)
- Peak viscosity ค่าความหนืดสูงสุด (ในหน่วย mPa•s) โดย 1 RVU = 12 mPa•s
- Breakdown ค่าความแตกต่างของความหนืด ระหว่างความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด (ในหน่วย mPa•s)
- Final viscosity ค่าความหนืด สุดท้ายของการทดลองที่อุณหภูมิ 50 °C (ในหน่วย mPa•s)
- Setback from trough ค่าความแตกต่างของความหนืดระหว่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (ในหน่วย mPa•s)
- Trough หรือ Hold strength ค่าความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น (ในหน่วย mPa•s)

การศึกษาสมบัติทางความร้อนของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

ชั่งตัวอย่างที่ทราบความชื้น ประมาณ 3 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงใน volatile pan (Perkin Elmer, USA.) จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงใน pan ให้ได้ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ปิดผนึกฝา pan ให้สนิทด้วยเครื่องมือปิดผนึก Universal DSC Pan Sealer (Perkin Elmer, USA.) เก็บ sealed pan ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ข้ามคืน เพื่อให้ความชื้นตัวอย่างภายใน sealed pan เข้าสู่จุดสมดุลความชื้น นำ pan ใส่ในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (Pyris DSC, Perkin Elmer, Massachusetts, USA.) และวาง reference pan (pan และฝาเปล่า)ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างโดยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 °C ถึง 95 °C ที่อัตรา การ ให้ความร้อน 10 °C ต่อนาที วิเคราะห์ค่า onset temperature (T_o) peak temperature (T_p) final temperature (T_f) และ enthalpy of gelatinization (ΔH) ของการเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชถั่วมะแฮะด้วย Thermal analysis software (Pyris windows, Perkin Elmer, USA.)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชและแป้งถั่วมะแฮะ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 2.1) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่สกัดจากถั่วมะแฮะที่สีเปลือกออกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง (ร้อยละ 98.92 โดยน้ำหนัก) โดยมีสารอื่นได้แก่โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารในปริมาณต่ำ (ร้อยละ 0.56 0.3 0.12 และ 0.08 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความบริสุทธิ์หรือสตาร์ชสูง[13] ดังนั้น จึงเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่าสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่ถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2-1.0 โดยน้ำหนัก ก่อนนำมาสีเอาเปลือกออกแล้วสกัด มีองค์ประกอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) กับสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ จึงเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่าสตาร์ชถั่วมะแฮะดัดแปร ทั้งนี้เนื่องจากการสีเอาเปลือกออกสามารถขจัดใยอาหารขณะที่การแช่และสกัดด้วยน้ำสามารถขจัดโปรตีนและเถ้าที่ละลายน้ำได้ออกไป ส่วนผลิตภัณฑ์จากการต้มถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในน้ำและสารละลาย $Ca(OH)_2$ ก่อนนำมาสีเอาเปลือกออกแล้วสกัด มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารในปริมาณสูงถึงร้อยละ 11.58 1.08 0.65 และ 0.02 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารปนมาก เรียกว่า แป้ง[13] ดังนั้น จึงเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่าแป้งดัดแปร การต้มทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนมากกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการต้มก่อนสกัด(คือสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปร)ไม่ต่ำกว่า 20 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากการต้มทำให้สตาร์ชเกิดเจลาทิไนเซชันเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายและโปรตีนเสียสภาพ การละลายน้ำของโปรตีนเสียสภาพต่ำ[10,11,14,15] นอกจากนี้โปรตีนเสียสภาพบางส่วนอาจถูกกักอยู่ในโครงร่างตาข่ายของเจลาติไนซ์สตาร์ชหรืออาจเกิดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับแอมิโลส[16] ทำให้โปรตีนไม่ถูกกำจัดออกมากับน้ำ เช่นเดียวกันไขมัน เถ้าและใยอาหารอาจอาจถูกกักอยู่ในโครงร่างตาข่ายของเจลาติไนซ์สตาร์ช หรือจับกับโปรตีนเสียสภาพ นอกจากนี้ แคลเซียมไอออนจากสารละลาย $Ca(OH)_2$ อาจทำปฏิกิริยากับแอมิโลสด้วย[6,9,10,11]

ตารางที่ 2.2 แสดงร้อยละปริมาณผลผลิตของสตาร์ชธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรเท่ากับ 31.26 31.98-34.07 และ 36.66-38.96 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)					
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	ใยอาหาร	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0	8.64±0.19	0.56±0.04	0.30±0.16	0.08±0.04	0.12±0.02	90.28±0.02
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	8.58±0.36	0.46±0.04	0.23±0.02	0.02±0.01	0.11±0.01	90.60±0.02
	แช่	0.4	8.67±0.02	0.50±0.04	0.32±0.03	0.04±0.02	0.14±0.01	90.34±0.02
	แช่	0.6	8.47±0..12	0.55±0.04	0.36±1.67	0.04±0.01	0.10±0.01	90.48±0.01
	แช่	0.8	8.13±0.19	0.62±0.03	0.38±0.11	0.03±0.01	0.07±0.01	90.78±0.01
	แช่	1.0	8.85±0.18	0.73±0.60	0.15±0.13	0.08±0.05	0.06±0.01	90.13±0.01
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0	5.57±0.20	11.58±0.61	1.08±0.78	0.02±0.01	0.65±0.02	81.1±0.01
	ต้ม	0.2	7.83±0.87	14.73±2.34	2.28±1.92	0.03±0.01	1.04±0.02	74.09±0.02
	ต้ม	0.4	6.73±0.16	19.45±0.04	2.23±0.4	0.06±0.01	1.78±0.02	69.74±0.02
	ต้ม	0.6	6.62±0.05	20.36±0.33	2.19±0.16	0.02±0.01	1.62±0.02	69.2±0.01
	ต้ม	0.8	6.20±0.19	16.62±0.27	1.76±0.03	0.04±0.01	1.95±0.03	73.43±0.02
	ต้ม	1.0	7.30±0.25	15.38±0.05	1.01±0.06	0.11±0.12	1.62±0.02	74.59±0.02

ตารางที่ 2.2 ปริมาณผลผลิตของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ร้อยละปริมาณผลผลิต
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0	31.26
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	34.07
	แช่	0.4	31.98
	แช่	0.6	32.09
	แช่	0.8	33.74
	แช่	1.0	33.55
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0	36.66
	ต้ม	0.2	38.96
	ต้ม	0.4	36.67
	ต้ม	0.6	37.36
	ต้ม	0.8	38.93
	ต้ม	1.0	38.25

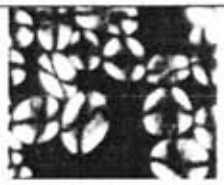
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปร่างและลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

รูปที่ 2.1 และ 2.2 แสดงว่ารูปร่างของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติมีทั้งกลมและรีคล้ายเมล็ดถั่ว เช่นเดียวกับเม็ดสตาร์ชถั่วเขียวและมันฝรั่ง[17] เห็นตำแหน่ง hilum (ที่เป็นรอยแตก ขีดสั้นๆหรือจุด) อยู่ตรงกลาง และลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติก็ชัดเจน ส่วนเม็ดสตาร์ชดัดแปรที่ได้จากการแช่ถั่วมะแฮะในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ทุกความเข้มข้น มีรูปร่างและลักษณะ birefringence เช่นเดียวกับสตาร์ชธรรมชาติ ซึ่งลักษณะ birefringence ที่ชัดเจนนี้บ่งว่าเม็ดสตาร์ชไม่เกิดการเสียหาย กล่าวคือการแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ไม่ทำให้เกิดการสลายของโครงสร้างผลึกของ amylopectin ในเม็ดสตาร์ช ขณะที่แป้งดัดแปรที่ได้จากการต้มถั่วมะแฮะในน้ำและสารละลาย $Ca(OH)_2$ เม็ดสตาร์ชที่ได้มีทั้งที่ยังคงรูปร่างตามธรรมชาติเห็นลักษณะ birefringence และที่แตกสูญเสียลักษณะ birefringence ขณะที่ผิวเม็ดสตาร์ชไม่เรียบเนื่องจากเกิดการหลอมหรือเจลาติไนซ์ทำให้สูญเสียรูปร่างธรรมชาติและเกิดการสลายของโครงสร้างผลึกของ amylopectin [18] นอกจากนี้ยังพบว่าเม็ดสตาร์ชเกาะกันเป็นกลุ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการหลอมหรือเจลาติไนซ์ทำให้ที่ผิวเม็ดสตาร์ชมีสมบัติของแป้งเปียกหรือกาวทำให้เม็ดสตาร์ชเกาะกันเป็นกลุ่ม

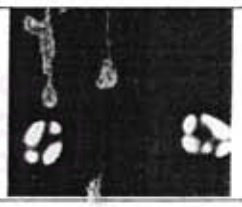
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 ภาพเม็ดสตาร์ชของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรจากกล้องจุลทรรศน์

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ภาพ Stereo Microscope	
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	Stereo Microscope	Birefringence
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0		
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2		
	แช่	0.4		
	แช่	0.6		
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.8		
	แช่	1.0		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 ภาพเม็ดสตาร์ชของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรจากกล้องจุลทรรศน์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ภาพ Stereo Microscope	
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	Stereo Microscope	Birefringence
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0		
	ต้ม	0.2		
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.4		
	ต้ม	0.6		
	ต้ม	0.8		
	ต้ม	1.0		

รูปที่ 2.2 ภาพ SEM ของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ภาพ SEM
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0	
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	
	แช่	0.4	
	แช่	0.6	
	แช่	0.8	
	แช่	1.0	

รูปที่ 2.2 ภาพ SEM ของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร (ต่อ)

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ภาพ SEM
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0	
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.2	
	ต้ม	0.4	
	ต้ม	0.6	
	ต้ม	0.8	
	ต้ม	1.0	

ขนาดและการกระจายขนาดเม็ดสตาร์ชแป้งถั่วมะแฮะ

สตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติมีขนาดเม็ดสตาร์ชอยู่ในช่วง 8.700-69.183 μm โดยมีขนาดเฉลี่ย 28.047 μm และมีการกระจายขนาดแบบ unimodal (ตารางที่ 2.3) สตาร์ชดัดแปรที่แช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีขนาดเม็ดสตาร์ชอยู่ในช่วงกว้างกว่าสตาร์ชธรรมชาติ โดยมีขนาดเม็ดสตาร์ชสูงสุดสูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติประมาณ 10 μm แต่ยังมีการกระจายขนาดเช่นเดียวกับสตาร์ชธรรมชาติ เมื่อแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก พบว่า การกระจายขนาดเป็นแบบ bimodal และช่วงขนาดเม็ดสตาร์ชกว้างกว่าสตาร์ชธรรมชาติมาก กล่าวคือขนาดเม็ดสตาร์ชใหญ่สุดประมาณ 400 μm โดยเม็ดสตาร์ชที่อยู่ในช่วง 100-400 μm มีอยู่ประมาณร้อยละ 8-10 โดยปริมาตร ทำให้ขนาดเฉลี่ยของเม็ดสตาร์ชสูงกว่าของสตาร์ชธรรมชาติมากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งในช่วงขนาดนี้อาจบ่งถึงขนาดของก้อนเม็ดสตาร์ชมาก กว่าขนาดของเม็ดสตาร์ชเดี่ยวๆ เนื่องจากแคลเซียมไอออนบางส่วนอาจเกาะติดที่ผิวของเม็ดสตาร์ชและทำให้เม็ดสตาร์ชเกาะกันเป็นกลุ่ม

แป้งถั่วมะแฮะดัดแปรที่ต้มในน้ำมีขนาดเม็ดสตาร์ชอยู่ในช่วง 7.586-158.489 μm โดยมีขนาดเฉลี่ย 45.910 μm และมีการกระจายขนาดแบบ unimodal ส่วนถั่วมะแฮะที่ต้มในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ได้แป้งดัดแปรที่มีขนาดเม็ดสตาร์ชอยู่ในช่วงกว้างกว่าแป้งดัดแปรจากการต้มในน้ำ โดยมีขนาดเม็ดสตาร์ชสูงสุดสูงกว่าแป้งดัดแปรจากการต้มในน้ำประมาณ 20-80 μm แต่ยังมีการกระจายขนาดแบบ unimodal เช่นเดียวกัน เม็ดสตาร์ชที่ได้จากการต้มถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนัก มีช่วงขนาดการกระจายตัวกว้างที่สุด โดยมีขนาดต่างกันประมาณ 200-235 μm ซึ่งช่วงขนาดที่ต่างกันมากบ่งถึงเม็ดสตาร์ชที่พองตัวและเจลาติไนซ์ซึ่งทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และบางส่วนของเม็ดสตาร์ชที่พองตัวและเจลาติไนซ์นี้แตกออกเป็นขนาดต่างๆกัน นอกจากนี้ยังมีก้อนของเม็ดสตาร์ชเช่นที่พบจากภาพ SEM ในรูปที่ 2.2 ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

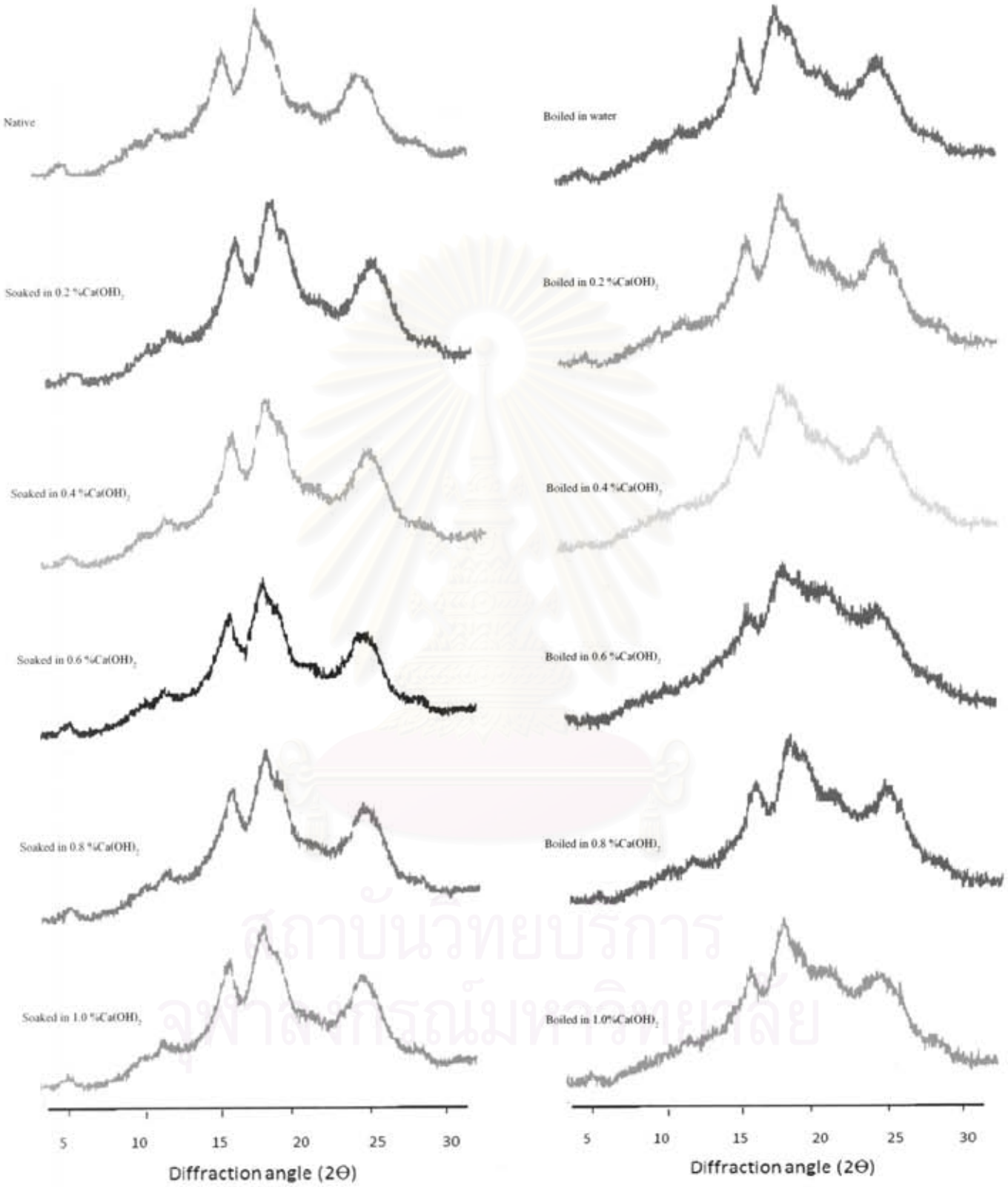
ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ขนาดและการกระจายขนาดของเม็ดสตาร์ช/แป้ง			
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	รูปแบบ	ช่วงขนาด (μm)	ปริมาณที่อยู่ในแต่ละช่วงขนาด* (ร้อยละโดยปริมาตร)	ขนาดเฉลี่ย (μm)
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0	Unimodal	8.700 - 69.183		28.074
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	Unimodal	7.586 - 79.433		29.016
	แช่	0.4	Bimodal	10.000 - 79.433, 104.713 -478.630	91.19, 8.81	47.891
	แช่	0.6	Bimodal	8.710 -104.713, 104.713 -478.630	91.76, 8.24	45.189
	แช่	0.8	Bimodal	7.586 - 91.201, 91.201 -478.630	89.88, 10.12	47.239
	แช่	1.0	Bimodal	10.000 - 79.433, 104.713 -363.078	91.57, 8.43	43.118
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0	Unimodal	7.586 -158.489		45.910
	ต้ม	0.2	Unimodal	6.607 -181.970		48.457
	ต้ม	0.4	Unimodal	4.365 -181.970		47.231
	ต้ม	0.6	Unimodal	4.365 -239.883		54.905
	ต้ม	0.8	Unimodal	5.012 -208.930		56.416
	ต้ม	1.0	Unimodal	4.365 -181.970		50.699

*เฉพาะที่มีมากกว่า 1 peak

ชนิดผลึกของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

จากรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 บ่งว่าสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติมีโครงสร้างผลึกแบบ C ซึ่งให้ลักษณะร่วมกันระหว่างผลึกแบบ A และ B คือมีพีคที่ 5.6 °A และ 17.9 °A [19,20] ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับที่พบในสตาร์ชจากพืชตะกูลถั่วอื่นๆ [14] ปริมาณผลึกในสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติมีประมาณร้อยละ 18 ส่วนผลของการแช่หรือต้มในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ก่อนการสกัดต่อโครงสร้างผลึกพบว่า การแช่ทำให้สตาร์ชดัดแปรในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ทุกความเข้มข้นยังคงมีโครงสร้างผลึกแบบ C เช่นเดียวกับสตาร์ชธรรมชาติ แต่ทำให้ปริมาณผลึกสูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก โดยสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักให้ปริมาณผลึกสูงสุด เมื่อเพิ่มความเข้มข้น $Ca(OH)_2$ ในการแช่ก่อนสกัดทำให้ปริมาณผลึกลดลง ส่วนการต้มทำให้แป้งดัดแปรมีโครงสร้างผลึก 2 แบบ คือการต้มในน้ำและที่ความเข้มข้นสารละลาย $Ca(OH)_2$ ร้อยละ 0.2 0.8 และ1.0 โดยน้ำหนัก ก่อนสกัด ให้โครงสร้างผลึกแบบ C ส่วนการต้มในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ร้อยละ 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนัก ก่อนสกัดให้โครงสร้างผลึกแบบ A (ให้พีคที่17 °A และ 18 °A และพีคเดี่ยวที่ 23 °A แต่ไม่มีพีคที่ 5.6 °A เช่นเดียวกับ ข้าวโพด ข้าวเจ้า[19,20]) นอกจากนี้การต้มถั่วมะแฮะในน้ำหรือสารละลาย $Ca(OH)_2$ ส่วนใหญ่ทำให้แป้งดัดแปรมีปริมาณผลึกสูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติ ยกเว้นที่ความเข้มข้น $Ca(OH)_2$ ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนัก แต่มีปริมาณผลึกต่ำกว่าสตาร์ชดัดแปรแสดงว่าการแช่หรือต้มถั่วมะแฮะในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ทำให้เกิดผลึกเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 รูปแบบการหักเหรังสีเอกซ์เรย์ของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร โดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray Diffraction

ตารางที่ 2.4 การหักเหรังสีเอกซ์เรย์ของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร โดยใช้เทคนิค Wide Angle X-ray Diffraction

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		2θ values (° angle)[d value (°A)								
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	23°	22°	20°	18°	17°	15°	5°	Degree of crystallinity (%)	Crystal pattern
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0	23.09 (3.85)	-	20.14 (4.41)	17.95 (4.94)	17.16 (5.16)	15.08 (5.87)	5.64 (15.65)	18.4	C
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	23.11 (3.85)	22.90 (3.88)	21.11 (4.41)	17.98 (4.93)	17.27 (5.13)	15.03 (5.89)	5.63 (15.70)	36.8	C
	แช่	0.4	23.20 (3.83)	22.97 (3.87)	20.28 (4.38)	18.02 (4.92)	17.09 (5.18)	15.16 (5.84)	5.49 (16.08)	35.6	C
	แช่	0.6	23.18 (3.83)	21.99 (4.04)	19.68 (4.51)	18.06 (4.91)	17.20 (5.15)	15.05 (5.88)	5.72 (15.43)	34.4	C
	แช่	0.8	23.00 (3.86)	-	-	18.12 (4.89)	17.10 (5.18)	15.22 (5.82)	5.66 (15.61)	34.3	C
	แช่	1.0	23.07 (3.85)	-	20.21 (4.39)	18.05 (4.91)	17.13 (5.17)	15.15 (5.84)	5.57 (15.84)	33.3	C
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0	22.99 (3.88)	-	20.19 (4.39)	18.14 (4.89)	17.12 (5.18)	15.11 (5.86)	5.69 (15.51)	27.4	C
	ต้ม	0.2	23.30 (3.81)	-	19.94 (4.45)	17.95 (4.94)	17.06 (5.19)	15.03 (5.89)	5.39 (15.39)	27.9	C
	ต้ม	0.4	23.02 (3.86)	-	19.98 (4.44)	17.95 (4.94)	17.10 (5.18)	15.07 (5.87)	-	23.1	A
	ต้ม	0.6	23.05 (3.86)	22.82 (3.89)	20.66 (4.30)	18.04 (4.91)	17.14 (5.17)	15.11 (5.86)	-	18.4	A
	ต้ม	0.8	23.77 (3.74)	22.96(3.87)	19.87 (4.46)	18.14 (4.89)	17.21 (5.15)	15.15 (5.84)	5.60 (15.77)	28.1	C
	ต้ม	1.0	23.0 (3.86)	-	19.90 (4.46)	18.18 (4.88)	17.08 (5.19)	15.18 (5.83)	5.54 (15.92)	26.5	C

สีของสตาร์ช/แป้งถั่วมะแฮะ

จากตารางที่ 2.5 แสดงสีที่ต่างกันของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร ซึ่งจากค่า L (ความสว่าง) *a* (- สีแดง, + สีเขียว) และ *b* (- สีเหลือง, +สีน้ำเงิน) พบว่า สตาร์ชธรรมชาติมีสีขาวนวล ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดและการร่อนทำให้ส่วนของโปรตีน ไยอาหาร และไขมันบางส่วนถูกกำจัดออกไป ลดสิ่งปนเปื้อนเม็ดสตาร์ชจึงมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น การแช่ถั่วมะแฮะในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ได้สตาร์ชดัดแปรที่มีค่า L, *a* และ *b* ใกล้เคียงกับสตาร์ชธรรมชาติ เม็ดสตาร์ชมีสีขาวนวล เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลาย $Ca(OH)_2$ ทำให้เปลือกถั่วมะแฮะซึ่งมีสีน้ำตาลเกิดสลายตัว สีที่เปลือกบางส่วนละลายมาติดเม็ดสตาร์ช ทำให้ค่า b-value (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสตาร์ชธรรมชาติ แต่เมื่อต้มถั่วมะแฮะทั้งเปลือกสีของเปลือก (pericarp) ถั่วมะแฮะออกมามากขึ้น แป้งดัดแปรที่ได้จึงมีค่า L, *a* และ *b* แตกต่างจากสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปร (ดังภาพในตารางที่ 5) โดยแป้งดัดแปรที่มีค่าความสว่าง (L) และสีเหลือง (*b*) มากกว่า แต่มีสีเขียว (*a*) ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากการต้มในความเข้มข้นสารละลาย $Ca(OH)_2$ เร่งการดูดซึมน้ำเข้าโครงสร้างภายในเม็ดสตาร์ช ทำให้เปลือกถั่วสลายมากขึ้นสีที่เปลือกละลายออกมา ติดกับเม็ดสตาร์ชทำให้แป้งดัดแปรจึงมีสีเหลืองน้ำตาลมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 สีของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		ภาพตัวอย่าง	ค่าสี		
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		L	a	b
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0.0		$76.93^{c}\pm0.01$	$-0.83^{g}\pm0.01$	$3.55^{k}\pm0.01$
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2		$85.27^{a}\pm0.01$	$-1.31^{j}\pm0.01$	$4.62^{h}\pm0.01$
	แช่	0.4		$81.21^{b}\pm0.01$	$-1.34^{k}\pm0.01$	$4.69^{g}\pm0.01$
	แช่	0.6		$75.90^{e}\pm0.01$	$-1.17^{i}\pm0.01$	$4.29^{j}\pm0.01$
	แช่	0.8		$76.30^{d}\pm0.01$	$-0.94^{h}\pm0.02$	$4.43^{i}\pm0.01$
	แช่	1.0		$76.20^{d}\pm0.01$	$-1.16^{i}\pm0.01$	$4.57^{h}\pm0.01$
แป้งดัดแปร	ต้ม	0.0		$71.01^{b}\pm0.01$	$-0.14^{b}\pm0.01$	$10.03^{f}\pm0.01$
	ต้ม	0.2		$68.72^{i}\pm0.02$	$-0.03^{a}\pm0.02$	$12.16^{c}\pm0.01$
	ต้ม	0.4		$71.28^{g}\pm0.01$	$-0.33^{d}\pm0.01$	$12.23^{b}\pm0.01$
	ต้ม	0.6		$64.21^{k}\pm0.43$	$-0.52^{f}\pm0.01$	$11.26^{e}\pm0.14$
	ต้ม	0.8		$65.78^{j}\pm0.00$	$-0.28^{c}\pm0.01$	$11.41^{d}\pm0.01$
	ต้ม	1.0		$73.27^{f}\pm0.01$	$-0.49^{e}\pm0.01$	$15.10^{a}\pm0.01$

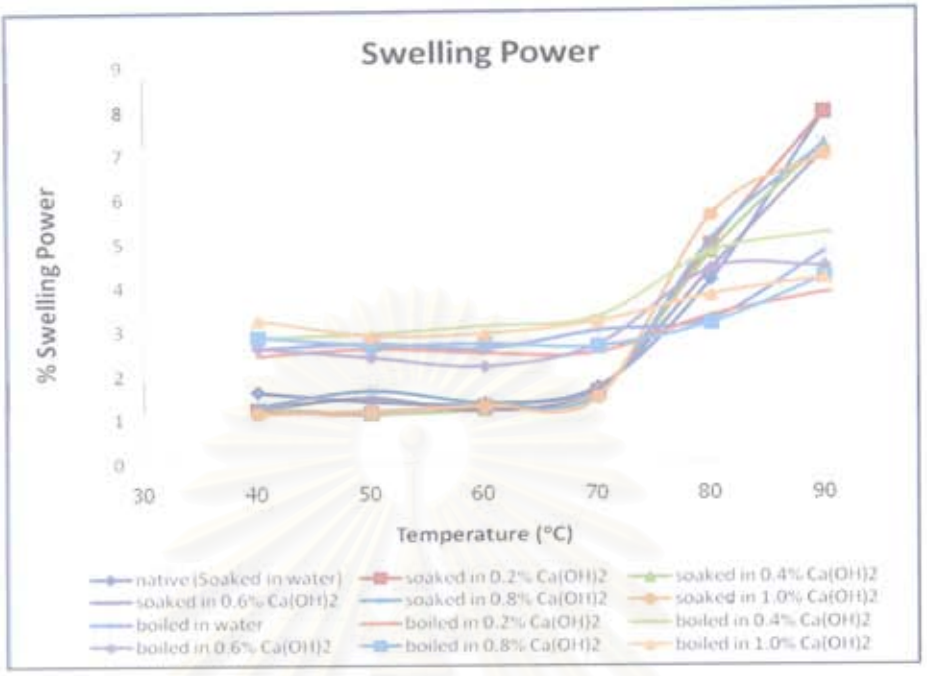
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ชแป้งถั่วมะแฮะ

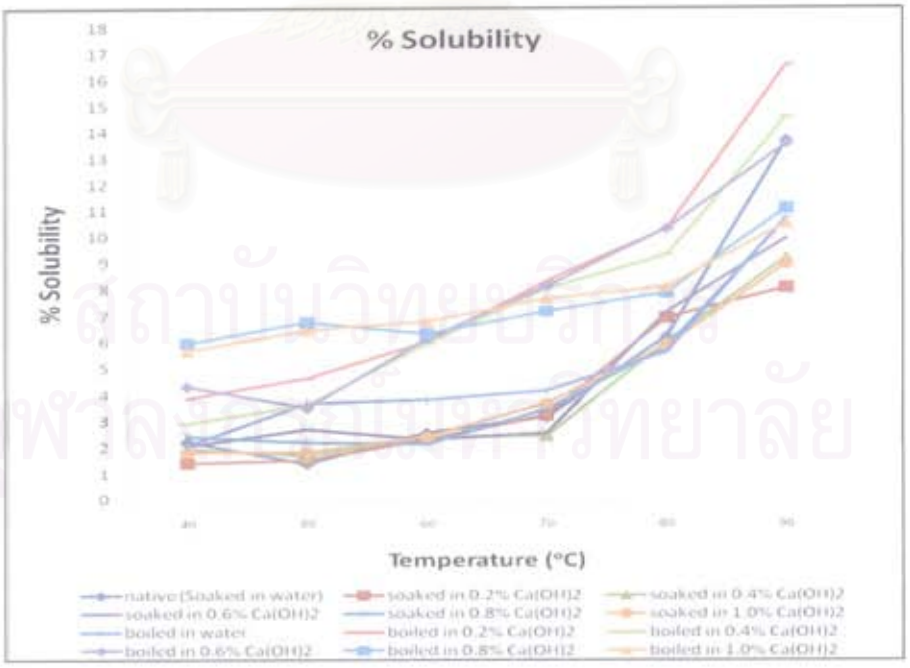
รูปที่ 2.4 แสดงว่าในช่วงอุณหภูมิ 40 ถึง 70 °C กำลังการพองตัวของสตาร์ชและแป้งทุกตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยกำลังการพองตัวของสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ขณะที่แป้งดัดแปรมีกำลังการพองตัวสูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติ เนื่องจากแป้งดัดแปรผ่านการเจลาทิไนซ์มาแล้วจึงทำให้เกิดการพองตัวได้ง่ายกว่า[6] เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 70 °C พบว่ากำลังการพองตัวของสตาร์ชและแป้งทุกตัวอย่างเพิ่มตามอุณหภูมิ โดยการเพิ่มอุณหภูมิมีผลต่อกำลังการพองตัวของสตาร์ชทุกตัวอย่างมากกว่าของแป้ง การเพิ่มอุณหภูมิจาก 70 °C เป็น 90 °C ทำให้สตาร์ชพองตัวมากกว่าเดิมถึง 4.6 เท่า ขณะที่ทำให้แป้งพองตัวมากกว่าเดิมเพียง 1.6 เท่า และที่ 90 °C กำลังการพองตัวของตัวอย่างที่เป็นสตาร์ชสูงกว่าที่เป็นแป้งประมาณ 1.7 เท่า ด้วย

สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง 40 ถึง 70 °C ไม่ค่อยมีผลต่อการละลายของสตาร์ชทุกตัวอย่างเช่นเดียวกับการพองตัว (รูปที่ 22.5) ขณะที่การละลายของสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรเพิ่มขึ้น 6 เท่า และ 4 เท่า ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 70 เป็น 90 °C แต่สำหรับแป้งทุกตัวอย่างการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในช่วง 40 ถึง 70 °C นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างที่เป็นแป้งมีการละลายมากกว่าตัวอย่างที่เป็นสตาร์ชที่ทุกอุณหภูมิ ผลชี้บ่งว่าตัวอย่างที่เป็นแป้งนั้นผ่านการเจลาทิไนซ์แล้วทำให้ละลายได้ง่ายกว่าตัวอย่างที่เป็นสตาร์ช ขณะที่ตัวอย่างที่เป็นสตาร์ชเริ่มพองตัวและละลายออกมาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 70 °C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 กำลังการพองตัวของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C



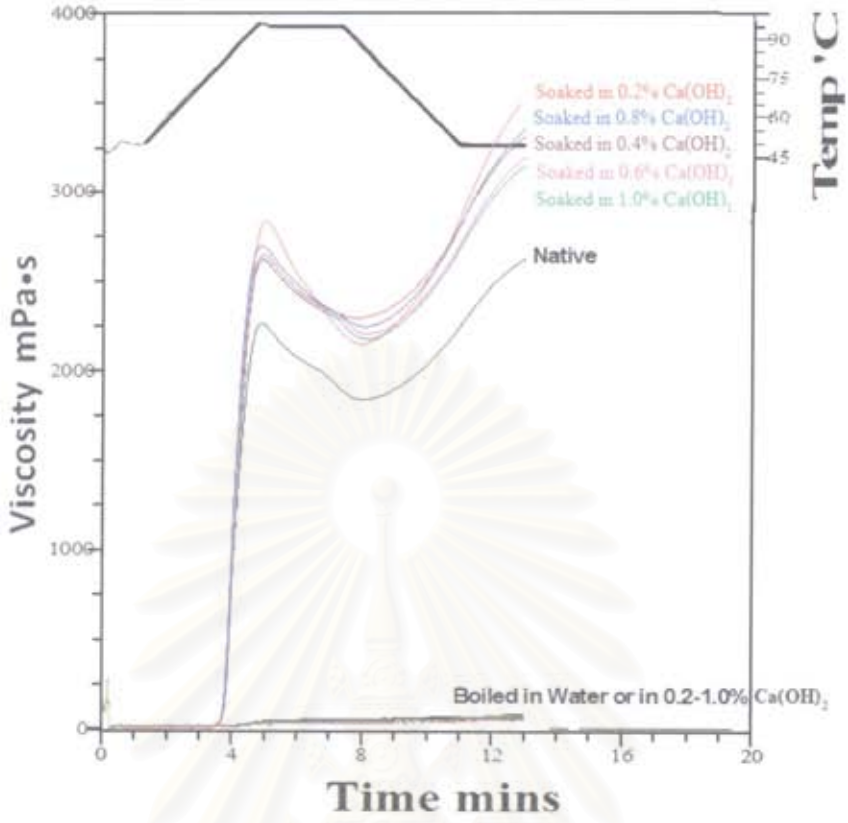
รูปที่ 2.5 การละลายของเม็ดสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปรที่อุณหภูมิระหว่าง 40-90 °C

สมบัติแป้งเปียกของสตาร์ชและแป้งถั่วมะแฮะ

จากค่า pasting temperature (รูปที่ 2.6 และตารางที่ 2.6) พบว่า สตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรทุกตัวอย่างเริ่มเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิ 81-82 °C ค่า peak viscosity, breakdown และ setback ของสตาร์ชดัดแปรทุกตัวอย่างสูงกว่าสตาร์ชธรรมชาติ โดยการแช่ถั่วมะแฮะทั้งเปลือกในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักให้ค่าเหล่านี้สูงสุด แต่การแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ไม่มีผลต่อ pasting temperature และ peak time ของสตาร์ชดัดแปรทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การต้มทำให้ peak viscosity breakdown และ setback ลดลงประมาณร้อยละ 97.9 98.8 และ 97.3 ตามลำดับ อุณหภูมิที่แป้งดัดแปรเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ (87 °C) สูงกว่าของสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรทุกตัวอย่าง เนื่องจากการต้มในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ทำให้เม็ดสตาร์ชส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดเกิดเจลาทิไนซ์แล้ว แคลเซียมไอออนบางส่วนอาจเข้าไปจับกับแอมิโลสในโครงสร้างและเกาะที่ผิวของเม็ดสตาร์ชเกิดอันตรกิริยาระหว่างแคลเซียมและแอมิโลส[6] นอกจากนี้โปรตีนเสียสภาพและยังมีอยู่ในโครงสร้างสูงซึ่งไปขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช[23] ทำให้ความหนืดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง(เพิ่มขึ้น) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ

ค่า setback ของสตาร์ชดัดแปรที่ได้จากการแช่ในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ก่อนการสกัด สูงกว่าของสตาร์ชธรรมชาติ (806 mPa•s) ซึ่งบ่งถึงแนวโน้มของการคืนตัวเมื่อลดอุณหภูมิลงของสตาร์ชดัดแปรสูงกว่าของสตาร์ชธรรมชาติ โดยที่ความเข้มข้นสารละลาย $Ca(OH)_2$ ร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ก่อนการสกัด ได้ค่า setback (1,367 mPa•s) สูงสุด ส่วนแป้งดัดแปรที่ได้จากการต้มในน้ำและสารละลาย $Ca(OH)_2$ ก่อนการสกัด มีค่า setback ต่ำกว่าสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ประมาณ 36 เท่า ดังนั้นในการคืนตัวเมื่ออุณหภูมิลดลงของแป้งดัดแปรจึงมีต่ำกว่าของสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรจากค่า setback บ่งว่าสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรสามารถเกิดเจลได้ ในขณะที่แป้งดัดแปรไม่เกิดเจลหลังให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C แล้วทิ้งให้เย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.6 Pasting Profile ของสตาร์ชถั่วมะแฮะธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร ที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธี Nixtamalize

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.6 สมบัติแป้งเปียกของสตาร์ชถั่วมะและธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		Peak viscosity (mPa•s)	Trough (mPa•s)	Breakdown (mPa•s)	Final viscosity (mPa•s)	Setback (mPa•s)	Peak Time (min)	Pasting Temp (°C)
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)							
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0	$2,286^{d}$±64	$1,859^{d}$±45	427^{cd}±13	$2,665^{e}$±35	806^{d}±57	5^{c}±0	81^{b}±1
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	$2,801^{a}$±50	$2,115^{c}$±56	687^{a}±6	$3,481^{a}$±81	$1,367^{a}$±25	5^{c}±0	81^{b}±2
	แช่	0.4	$2,632^{c}$±29	$2,287^{a}$±16	345^{d}±13	$3,277^{c}$±55	990c±40	5^{c}±0	82^{b}±1
	แช่	0.6	$2,632^{c}$±2	$2,194^{b}$±18	438^{bc}±17	$3,194^{d}$±9	$1,000^{c}$±9	5^{c}±0	82^{b}±1
	แช่	0.8	$2,727^{b}$±38	$2,278^{a}$±40	449^{b}±3	$3,388^{b}$±44	$1,111^{b}$±4	5^{c}±0	82^{b}±0
	แช่	1	$2,635^{c}$±18	$2,144^{bc}$±50	491^{b}±69	$3,132^{d}$±26	988^{c}±26	5^{c}±0	82^{b}±0
แป้งดัดแปร	ต้ม	0	48^{e}±3	43^{e}±1	5^{e}±1	65^{f}±5	22^{e}±4	7^{a}±0	87^{a}±0
	ต้ม	0.2	58^{e}±1	52^{e}±1	6^{e}±1	88^{f}±3	36^{e}±1	7^{a}±0	87^{a}±0
	ต้ม	0.4	54^{e}±4	49^{e}±1	5^{e}±1	73^{f}±6	24^{e}±3	7^{a}±0	87^{a}±0
	ต้ม	0.6	36^{e}±1	33^{e}±1	3^{e}±0	53^{f}±1	21^{e}±2	6^{b}±0	87^{a}±0
	ต้ม	0.8	41^{e}±0	37^{e}±1	4^{e}±1	69^{f}±1	32^{e}±0	6^{b}±0	87^{a}±0
	ต้ม	1	37^{e}±1	34^{e}±1	3^{e}±1	59^{f}±1	26^{e}±2	7^{a}±1	87^{a}±0

สมบัติทางความร้อนของสตาร์ชและแป้งถั่วมะแฮะ

จากตารางที่ 2.7 พบว่า การเจลาทิไนซ์ของสตาร์ชธรรมชาติและสตาร์ชดัดแปรเริ่มที่อุณหภูมิ (T_{onset}) ประมาณ 73-74 °C และสิ้นสุดที่อุณหภูมิ (T_{end}) ประมาณ 85-87 °C โดยการเจลาติไนซ์เกิดสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 80 °C ส่วนการเกิดเจลาทิไนซ์ของแป้งดัดแปรเริ่มเกิดที่อุณหภูมิ (T_{onset}) ประมาณ 83-84 °C และสิ้นสุดที่อุณหภูมิ (T_{end}) ประมาณ 96-98 °C และเกิดสูงสุดที่ 90-91 °C โดยช่วงอุณหภูมิที่เจลเกิดและสิ้นสุดของสตาร์ชและแป้งทุกตัวอย่างใกล้เคียงกันประมาณ 11-14 °C แต่ค่า ΔH_{gel} ของแป้งดัดแปรน้อยกว่าของสตาร์ชประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งบ่งว่าการต้มทำให้เม็ดสตาร์ชประมาณครึ่งหนึ่งเกิดเจลาทิไนซ์ไปก่อน[9]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.7 สมบัติทางความร้อนของสตาร์ชถั่วมะและธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปร และแป้งดัดแปร

ตัวอย่าง	สภาวะที่ใช้ในการเตรียมสตาร์ช/แป้ง		T_{onset} (°C)	T_{peak} (°C)	T_{end} (°C)	ΔT (°C)	ΔH_{gel} (J/g)
	แช่/ต้ม	$[Ca(OH)_2]$ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)					
สตาร์ชธรรมชาติ	แช่	0	73.58^{c}±0.67	80.28^{f}± 0.01	86.92^{d}±0.32	13.34^{b}±0.99	11.15^{c}±1.77
สตาร์ชดัดแปร	แช่	0.2	72.79^{d}±0.33	79.52^{f}±0.13	85.91^{f}±0.24	13.13^{b}±0.57	11.87^{b}±2.21
	แช่	0.4	73.63^{c}±0.82	80.06^{f}±0.13	85.43^{g}±1.60	11.80^{c}±2.42	9.57^{e}±3.40
	แช่	0.6	72.97^{d}±0.11	80.06^{f}±0.13	86.06^{f}±0.19	13.09^{b}±0.08	10.60^{d}±0.09
	แช่	0.8	72.89^{d}±0.26	79.82^{f}±0.01	86.17^{e}±0.12	13.28^{b}±0.14	12.60^{a}±0.92
	แช่	1	74.15^{c}±0.68	79.98^{f}±0.23	85.30^{g}± 0.30	11.15^{d}±0.38	7.32^{f}±1.41
แป้งดัดแปร	ต้ม	0	83.48^{a}±0.35	90.75^{c}±0.71	96.04^{c}±0.21	12.56^{b}±0.14	5.68^{g}± 0.03
	ต้ม	0.2	84.39^{a}±0.01	91.93^{a}±0.01	98.24^{a}±0.59	13.85^{a}±0.59	5.84^{g}±0.07
	ต้ม	0.4	82.92^{b}±0.71	89.48^{e}±0.11	96.17^{c}±0.26	13.25^{b}±0.98	4.49^{i}±1.40
	ต้ม	0.6	83.49^{a}±0.03	91.75^{a}±0.11	96.84^{b}±0.24	13.52^{a}±0.14	5.38^{b}±0.03
	ต้ม	0.8	84.30^{a}±0.01	90.93^{b}±0.01	96.24^{c}±0.52	13.65^{a}±0.51	5.81^{g}±0.20
	ต้ม	1	83.72^{a}±0.28	89.80^{d}±0.11	96.70^{b}±0.23	13.85^{a}±0.90	5.49^{h}±1.40

สรุปและข้อเสนอแนะ

การดัดแปรสตาร์ชถั่วมะและโดยการแช่หรือต้มในสารละลาย $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2-1.0 โดยน้ำหนัก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและปริมาณผลึกของเม็ดสตาร์ช นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบด้วย ในกรณีต้ม เป็นผลทำให้สมบัติการพองตัว การละลาย สมบัติแป้งเปียกและสมบัติทางความร้อนของสตาร์ชดัดแปรหรือแป้งดัดแปรต่างจากสตาร์ชธรรมชาติ ดังนั้น จึงควรศึกษาการนำสตาร์ชธรรมชาติ สตาร์ชดัดแปรหรือแป้งดัดแปรไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต่อไป เช่น การนำสตาร์ชถั่วมะและไปใช้เป็นโครงร่างตาข่ายในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้เกิดเจลหรือฟิลม์ และแป้งถั่วมะและดัดแปรเป็นสารให้ความหนืดที่ไม่ต้องการให้เกิดการคืนตัวภายหลังเป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Gomez, M. H., McDonough, C.M., Rooney, L.W. and Waniska, R.D. 1989. Changes in corn and sorghum during nixtamalization and tortilla baking. *Journal of Food Science*. 54 : 330-336.
2. Gomez, M.H., Waniska, R.D. and Rooney, L.W. 1991. *Starch characterization of nixtamalized corn flour*. *Cereal Chemistry*. 68(6): 578-582.
3. Gomez, M.H., Lee, J.K., McDonough, C.M., Waniska, R.D. and Rooney, L.W. 1992. Corn changes during tortilla and tortilla chip processing. *Cereal Chemistry*. 69(3): 275-279.
4. Bryant, C.G. and Hamaker, B.R. 1997. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry*. 74(2): 171-175.
5. Rooney, L.W. and Suhendro, E.L. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Food World*. 44: 466-470.
6. Mondragón, M., Mendoza-Martínez, A.M., Bello-Pérez, L.A. and Peña, J.L. 2006. Viscoelastic behavior of nixtamalized maize starch gels. *Carbohydrate Polymers*. 65: 314-320.
7. Campas-Baypoli, O.N., Rosas-Burgos, E.C., Torres-Chávez, P.I., Ramirez-Wong, B. and Serna-Saldivar, S.O. 1999. Physicochemical changes of starch during maize tortilla production. *Starch*. 51: 173-177.
8. Robles, R.R., Murray, E.D. and Paredes-Lopez, O. 1988. Physicochemical changes of maize starch during the lime-cooking treatment for tortilla making. *International Journal of Food Science and Technology*. 23: 91-98.
9. Mendez-Montealvo, G., Sanchez-Rivera, M. M., Paredes-Lopez, O. and Bello-Perez, L. A. 2006. Thermal and rheological properties of nixtamalized maize starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 40 : 59–63
10. Rodriguez, M. E., Yanez-Limo n, M., Alvarado-Gil, J. J., Vargas, H.,Sanchez-Sinencio, F., and Figueroa, J. D. C. 1996. Influence of the structural changes during alkaline cooking on the thermal, rheological, and dielectrical properties of corn starch. *Cereal Chemistry*. 73: 593–600.
11. Samuel Sefa-Dedeh, Beatrice Cornelius, Esther Sakyi-Dawson, and Emmanuel Ohene Afoakwa. 2004. Effect of nixtamalization on the chemical and functional properties of maize. *Journal of food chemistry*. 86: 317–324.
12. AOAC. 1995. Official Mithods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington D.C. AOAC International
13. กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542. เทคโนโลยีแป้ง. กรุงเทพฯ: บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
14. Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch. In R.V. Whistler, and E.F. Paschall. (eds.) Starch : Chemistry and Technology. New York : Academic Press.
15. Chungcharoen, A., and Lund, D.B. 1987. Influence of solutes and water on rice starch gelatinization. *Cereal Chemistry*. 64(5):240-243.
16. Bryant, C. M., and Hamaker, B. R. 1997. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chemistry*. 74: 171–175.
17. Swinkels, J.J.M. 1985. Source of starch, its chemical and physical. *In*: G.M.A. van Beynum and J.A. Roels (Eds.). Starch Conversion Technology. Marcel, Inc., New York. pp. 15-45.
18. Gallant, D.J., Bouchet, B., and Baldwin, P.M. 1997. Microscopy of starch: Evidence of a new level of granule organization. *Carbohydrate Polymer*. 32:177-191.
19. Buleon, A., Colonna, P., Planchot V., and Ball, S. 1998. Starch granules: structure and biosynthesis. International *Journal of Biological Macromolecules*. 23 (1998) 85–112
20. Lugay, J. C. and Juliano, B. O. 1965. Crystallinity of rice starch and its fractions in relation to gelatinization and pasting characteristics. Journal *Appication Polymer Science*. 9: 3775-3790.

21. กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

22. Hamaker, B.R., Griffin, V.K., and Moldenhauer, K.A.K., 1991. Potential influence of a starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. *Journal of Food Science*. 56(5):1327-1329, 1346.

23. Lim, S. T., Lee, J. H., Shin, D. H., and Lim, H. S. 1999. Comparison of protein extraction solutions for rice starch isolation and effects of residual protein content on starch pasting properties. *Starch/Starke*. 51(4):120-125.

24. Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPhetson, A.E., Wong, K.S., Radosavjlievic, M., and Kasemsuwan, T. 1999. Effect of amylopectin branch chain length and amylose content on gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry*. 76(5):629-637.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(เอกสารแนบ ๓)

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 3

การศึกษาสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากพืชที่ปลูก

ใน จังหวัดน่าน

Study of antimicrobial properties of plant in Nan province

ในโครงการวิจัย

การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรมการใช้ประโยชน์และการเพิ่มมูลค่าพืช และ

วัสดุเหลือใช้จากแหล่งเพาะปลูกของจังหวัดน่าน

ปีงบประมาณ 2550

คณะผู้วิจัย

ผศ. สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

รศ.ดร. สุเมธ ตันตระเธียร

ผศ.ดร. รมณี สงวนดีกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์แสงแก้ว คำกวน อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวนและอาจารย์ปิยนุช รสเครือ อาจารย์ประจำภาควิชิทยาศาสตร์การอาหาร มหวิทยาลัยราชมงคลน่านที่ช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกในเรื่องต่าง ๆ เจ้าอาวาสวัดพญาวัด ชมรมหมอพื้นบ้าน อ.เมือง จ.น่าน คุณพ่ออินปั๋น ทาคำสม, ต.ดูใต้ อ.เมือง จ.น่าน คุณสงวน ไทยน้อย,ต.เบือ อ. เชียงกลาง จ.น่าน คุณบุญรวม ยอดศรี สาธารณสุขอำเภอสองแคว อ.สองแคว จ.น่านที่ให้ข้อมูลด้านสมุนไพรพื้นบ้านทำให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินไปได้ด้วยดี จนบรรลุวัตถุประสงค์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากพืชที่ปลูกใน จังหวัดน่าน

บทคัดย่อ

จากการสืบค้นข้อมูลและสอบถามชาวบ้านทราบว่า พืชที่มีการปลูกหรือขึ้นในพื้นที่การเกษตรของจังหวัดน่าน ที่มีหรือเคยมีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่คาดว่าจะมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารมีจำนวนประมาณ 38 ชนิดและในกลุ่มที่มีการนำมาใช้รักษาโรคของคนหรือสัตว์มีประมาณ 40 ชนิด ซึ่งหลายชนิดมีการศึกษากันมากแล้ว บางชนิดมีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณและหาได้ยาก ดังนั้นจึงเลือกพืชในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารมา 11 ชนิดได้แก่ ย่านาง ช้าแป้น สลอด ผัดกราดหัวแหวน มะเกลือ พะยอม มะแข่วน เพกา สะค้าน ขอและเมล็ดฝื่น และกลุ่มที่มีการนำมาใช้รักษาโรคของคนหรือสัตว์ 10 ชนิด ได้แก่ สีเสียดเหนือ กอมขม เบญกานี ข้าวเย็นเหนือ หว้า หญ้าคอตุง สมอพิเภก ไพล ขมิ้นอ้อย และกระเบา เพื่อศึกษา ฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ 4 ชนิดคือ *Escherichia coli, Salmonella sp., Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* พบว่าสารสกัดจากมะแขว่น ไพล ขมิ้นอ้อย และสีเสียดมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทดสอบได้ทั้ง 4 ชนิด โดยในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารมะแขว่นมีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีที่สุด ขณะที่กลุ่มที่มีการนำมาใช้รักษาโรค สีเสียดมีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีที่สุด และในการทดลองเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร จึงเลือกมะแขว่น โดยนำมาทดลองใช้ล้างผัก(ผักกาดหอม)เพื่อลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อน จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการล้างผักด้วยสารละลายของสารสกัดจากมะแขว่นด้วยไอน้ำเข้มข้น 2 % ขึ้นไปทำให้ผักที่ทดลองช้ำเหี่ยวสีออกน้ำตาล จึงได้เลือกแปรความเข้มข้นของสารสกัดจากมะแขว่นที่ความเข้มข้น 0.01%, 0.05, 0.1, 0.5 และ 1 (v/v) ใช้เวลาล้าง 5 นาที พบว่า สารสกัดจากมะแขว่นเข้มข้น 1% v/v สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้มากที่สุดคือลดได้ 1.36 log cfu/g เมื่อเก็บผักที่ล้างด้วยสารละลายดังกล่าวแล้วในตู้เย็น (8°C) เป็นเวลา 1 วัน และเพื่อให้สะดวกในการนำมะแขว่นมาล้างผักจึงได้ทดลองนำผลมะแขว่นมาปั่นผสมกับน้ำโดยตรง โดยแปรความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 40 และ 50% (w/w)ใช้เวลาล้าง 5 นาที หลังจากนั้นเก็บไว้ในตู้เย็น (8°C) เป็นเวลา 0, 1 และ 2 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น 25% สามารถลดแบคทีเรียได้มากกว่าที่ความขัมข้นอื่น คือลดได้ 0.94 log cfu/g เมื่อเก็บผักไว้เป็นเวลา 1 วัน แต่ลดปริมาณแบคทีเรียได้น้อยกว่าการล้างด้วยสารสกัดจากมะแขว่นที่สกัดด้วยไอน้ำ(น้ำมันหอมระเหย)

Study of antimicrobial properties of plant in Nan province

Abstract

From literatures review and interview of local folks of Nan to learn about plants which grown for daily uses and local intellect and expected to inhibit some microbials. We found that there were 38 plants which consumed with foods while another 40 plants were used for medicinal. Among these plants, some were rare and could be found in small amount. We selected 11 plants which could be found in the market, *Tiliacora triandra* (Diels.) *Solanum verbasifolium* (Auct. non Linn.) *Croton tiglium*(Linn.) *Spilanthes acmella* (Linn.) Murr. *Diospyros mollis* (Griff.) *Shorea roxburghii* (G. Don.) *Zanthoxylum limonella* (Alston) *Oroxylum indicum* (Linn.) Kurz. *Piper pedicellatum* (Opiz.) *Morinda citrfolia* (Linn.) *and Papaver sonniferum* (Linn.), and another 10 plants which are *Acacia catechu* (Linn.) Willd. *Picrasma javanica* (Blume.) *Rhus chinensis* (Mill.) *Smilax corbularia* (Kunth.) *Eugenia cumini* (Linn.) Skeels. *Tadehagi triquetrum* (DC.) Ohashi. *Terminli Belerica* (Gaerin.) Roxb. *Zingiber cassummunar* (Roxb.) *Curcuma zedoaria* (Berg.) Rose. and *Hydnocarpus kurzii* (King) Warb. for extraction. The ability to inhibit some bacteria as *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* was investigated. It was found that only the extracts of *Zanthoxylum limonella* (Alston) *Zingiber cassummunar* (Roxb.) *Curcuma zedoaria* (Berg.) Rose. and *Acacia catechu* (Linn.) Willd. were able to inhibit all these bacteria. In the group of food use, only the *Zanthoxylum limonella* (Alston) was found to be able to inhibit all four bacteria, while in the group of medicinal plants was *Acacia catechu* (Linn.) Willd. We selected *Zanthoxylum limonella* (Alston) for further study of application in foods. The dilution of *Zanthoxylum limonella* (Alston) extract was applied to wash the leaves of lettuce. It was found that the dilution with the concentration of the extract higher than 2% caused the leaves to wither and brown. We chose the concentration of 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 and 1% to soak the lettuce leaves and applied for 5 min. It was found that the concentration of 1% could reduce the number of bacteria on lettuce leaves at 1.36 log CFU/g after the leaves were stored at 8°C for 1 day. For a comfortable application, the ground *Zanthoxylum limonella* (Alston) was blended with water at the concentration of 5, 10, 15, 20, 25, 40 and 50%. The suspension was also applied for soaking for 5 mins. About one log per gram (0.94 log/g) reduction was also found at the concentration of 25%, when stored in cold (8°C) for 1 day.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
สารบัญตาราง	6
สารบัญรูป	7
บทนำ	8
วัตถุประสงค์ของโครงการ	9
วารสารปริทัศน์	10
วิธีการดำเนินงานวิจัย	35
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
สรุปผลการทดลอง	56
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	61

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ในเครื่องเทศบางชนิด	11
2	สารประกอบสำคัญในเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในน้ำพริกแกง	12
3	ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยในพืชชนิดต่างๆที่มีฤทธิ์ต้านทานแบคทีเรีย	28
4	ผลการสกัดสารต้านจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรตัวอย่าง	40
5	ผลการทดสอบหาความสามารถในการยับยั้งและทำลายแบคทีเรียของสารสกัดจากพืช สมุนไพร	41
6	ผลการสกัดสารยับยั้งจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรตัวอย่าง	42
7	ความสามารถในการยับยั้งและทำลายแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชสมุนไพร	44
8	ปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ใน suspension สารหอมระเหยจากมะแขว่นที่มีความเข้มข้นต่าง ๆกัน โดยใช้เวลาแช่1 3 และ 5 นาที	46
9	ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมเมื่อแช่ในน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้นต่างๆ	46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอม เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	48
2	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	49
3	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 2 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	49
4	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0, 1 และ 2 วันที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	50
5	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	51
6	ปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นภายหลังเก็บเป็นเวลา 1 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	52
7	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 2 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	53
8	การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0, 1 และ 2 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความ เข้มข้นต่างๆ โดยมี ผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม	54

บทนำ

น่านเป็นจังหวัดซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาที่สมบรูณ์ด้วยป่าไม้ และมีพื้นที่บางส่วนเป็นที่ราบ ใช้ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัยและที่ทำมาหากิน สภาพบ้านเมืองค่อนข้างจะเงียบสงบการดำรง ชีวิตของผู้คนจะเกี่ยวข้องและกลมกลืนไปกับธรรมชาติ มีการนำพืชพรรณไม้ต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและสืบทอดต่อกันมา จนกลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีความสำคัญควรแก่การศึกษา ทั้งด้านการใช้พืชสมุนไพรที่มีในท้องถิ่น รักษาอาการเจ็บป่วยของคนและสัตว์ โดยเฉพาะอาการเจ็บป่วยที่เกิดจากจุลินทรีย์ และด้านการนำมาใช้เป็นอาหารการกินต่าง ๆ พืชที่นำมาใช้ประโยชน์มีทั้งที่ปลูกเองและที่ขึ้นอยู่แล้วในธรรมชาติ อย่างไรก็ตามแม้ว่าพืชส่วนใหญ่จะไม่ค่อยแตกต่างจากจังหวัดอื่นมากนัก แต่สภาพของดิน ฟ้าอากาศและภมิประเทศจะมีความแตกต่างจากที่อื่น ทำให้มีพืชบางชนิดที่พบได้เฉพาะ ที่น่าน เช่น ชมพูภูคา มะไฟจีน เกาลัดน่าน ว่านรากปลิ้น ดังนั้นพืชในจังหวัดน่าน จึงอาจมีสารยับยั้งจุลินทรีย์บางชนิดที่มีสมบัติแตกต่างจากตัวอย่างพืชในท้องที่จังหวัดอื่น ที่อาจสามารถนำมาพัฒนาให้เป็นประโยชน์ต่อท้องถิ่นได้

พืชที่ปลูกหรือขึ้นในจังหวัดน่านมีหลายชนิดที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ทั้งด้านใช้ปันอาหารหลัก อาหารเสริมสุขภาพ เครื่องดื่ม ใช้แต่งกลิ่น แต่งสีอาหาร เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง ใช้เป็นยาฆ่าหรือไล่แมลงและใช้เป็นยารักษาโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน พืชเหล่านี้หลายชนิดมีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ ที่มีการนำมาใช้หรือกล่าวถึงสรรพคุณกันมานานแล้ว แต่ยังขาดการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ถูกต้อง จึงจะสามารถนำไปพัฒนาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางต่อไป โดยเฉพาะความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศต่าง ๆ ที่อยู่ในจังหวัดน่าน โดยเฉพาะการนำไปใช้ในการลดจุลินทรีย์ในผักและผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปหรือผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยที่สุด เช่น พวกอาหารพร้อมบริโภค พวกสลัด ผักสด เป็นต้น ซึ่งพวกผักเหล่านี้มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือพวกที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ง่าย (Nguyen-the and Carlin, 1994) ดังนั้นเพื่อควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของอาหรพวกผักดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการลดหรือควบคุมกำจัด จุลินทรีย์เหล่านี้ให้มีปริมาณน้อยที่สุด ด้วยวิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ (Francis, Thomas and O'beirne, 1999; Roever,1998) ส่วนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีสังเคราะห์(sanitizer) เช่น คลอรีน นั้น ปัจจุบันผู้บริโภคก็ไม่นิยมเพราะไม่มั่นใจในความปลอดภัยของสารเหล่านั้น ครั้นจะใช้ความร้อนก็จะทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าสารอาหารบางชนิด รวมทั้งเอนไซม์ต่างๆ และความกรอบของผัก ด้วยเหตุนี้จึงต้องหาวิธีลดหรือกำจัดจุลินทรีย์นี้ โดยใช้สารจากธรรมชาติที่อาจนำมาใช้ควบคุมจุลินทรีย์พวกนี้ได้(Bowles and Juneja, 1998) มีรายงานการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิด มายับยั้งจุลินทรีย์ในห้องทดลอง(Hsieh, Mau and Huang, 2001; Cuspinera, Westhoff and Rankin, 2003)ได้อย่างมี

ประสิทธิภาพ น้ำมันหอมระเหยของพืชที่คัดเลือกได้ก็เป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ ซึ่ง ปฐมพงษ์ เอี่ยมบุญฤทธิ์และคณะ(2547) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อโรคอาหารเป็นพิษพวก *Escherichia coli* , *Staphylococcus aureus* , *Salmonella* spp.และ *Bacillus cereus* ได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพืชที่มีการปลูกหรือขึ้นเองในพื้นที่การเกษตรของจังหวัดน่าน และเป็นพืชที่มีหรือเคยมีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่คาดว่าจะมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ จากเอกสารต่าง ๆ และผู้รู้ในท้องถิ่น แล้วคัดเลือกพืช เพื่อนำมาศึกษาฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ และนำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้มาใช้ประโยชน์ในการล้างผักสด

ขอบเขตการวิจัย

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพืชที่มีการปลูกหรือขึ้นเองในพื้นที่การเกษตรของจังหวัดน่าน และเป็นพืชที่มีหรือเคยมีการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่คาดว่าจะมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ จากเอกสารและผู้รู้ในท้องถิ่น ที่คาดว่าจะมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารและกลุ่มที่มีการนำมาใช้รักษาโรคของคนหรือสัตว์ นำมาสกัดและทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษ และนำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้มาใช้ประโยชน์

ขั้นตอนการทำวิจัย

1. การสอบถามข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ของพืช จากชาวบ้านและผู้รู้ในพื้นที่จังหวัดน่าน
2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพืชที่ใช้ควบคุมจุลินทรีย์จากเอกสารและสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ
3. ทำการสกัดสารจากพืชที่เลือกไว้ด้วยตัวทำละลาย ชนิดมีขั้ว มีขั้วปานกลางและไม่มีขั้ว สำหรับพืชที่มีข้อมูลองค์ประกอบของสารเคมีสำคัญบ้างแล้ว จะเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ ส่วนพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยจะใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ
4. ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ 4 ชนิดคือ*Escherichia coli, Salmonella sp., Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* เพื่อหาค่า MIC (Minimum Inhibition Concentration) และ MBC(Minimum Bactericidal Concentration)
5. นำสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกไว้มาทดลองใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณแบคทีเรียในผักสด

วารสารปริทัศน์

การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชที่มีการปลูกในท้องถิ่นของจังหวัดน่านจากเอกสารและภูมิปัญญท้องถิ่น

จากการสำรวจและสอบถามชาวบ้านในท้องถิ่นจังหวัดน่าน พบว่าในตลาดสด อำเภอเมืองจังหวัดน่านมีการนำพืชที่มีการเพาะปลูกและเก็บมาจากธรรมชาติ มาซื้อขายหลายชนิด ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ มะกรูด มะนาว ขมิ้นชัน กระเพรา โหรพา แมงลัก ผักชี ยี่หร่า สะค้าน มะแข่วน กระชายหอม กระเทียม สะระแหน่ เมล็ดฝิ่น ผักชีลาว ผักชีฝรั่ง ผักแพรว ชะพลู ผักคาวตอง(พลูคาว) ผักคาดหัวแหวน มะระขี้นก กระเจียบ มะแว้ง เมี่ยง ติ้ว บัวบก ยาสูบ แค ขอ มะขม ขี้เหล็ก มะขาม มะขามป้อม ฝรั่ง ทับทิม มะกอก กระท้อน กล้วยน้ำว้าดิบ มะไฟจีน และเห็ดชนิดต่าง ๆ นอกจากนั้นยังได้พูดคุยกับชาวบ้าน เจ้าอาวาสวัดพญาวัด ชมรมหมอพื้นบ้าน อ.เมือง จ.น่าน คุณพ่ออินปั๋น ทาคำสม, ต.ดูใต้ อ.เมือง จ.น่าน คุณสงวน ไทยน้อย ต.เบือ อ. เชียงกลาง จ.น่าน คุณบุญรวม ยอดศรี สาธารณสุขอำเภอสองแคว อ.สองแคว จ.น่าน ซึ่งเป็นคนในท้องถิ่น ที่มีความรู้ทางด้านสมุนไพร พบว่ามีสมุนไพรที่สามารถหาได้ในธรรมชาติ และปลูกขึ้นในจังหวัดน่านหลายชนิด ได้แก่พลู กอมขม กระชายดำ กระเบา กืบม้าลม ก้องแกลบ เพกา ไพล ขมิ้นอ้อย เจตมูลเพลิง ต้นหนาด ส้มป่อย ชุมเห็ดเทศ พญายอ สีเสียดเหนือ หญ้าคอตุง สมอภิเภก สมอไทย ลูกใต้ใบ กะเม็ง มะเกลือ เบญกานี เปล้าโมกหลวง หว้า ข้าวเย็นเหนือ สลอด ผ้าแป้ง ย่านาง ฟ้าทลายโจร ดีปลี บอรเพ็ด นมนาง มะเกลือหญ้าหนอนตาย กลิ้งกลางดง ว่านกระชุย มะเย้ย แหงนเครือ คุยน่าน และ หนุมานนั่งแท่น เป็นต้น

พืชในกลุ่มเครื่องเทศ

พืชในกลุ่มเครื่องเทศที่มีกลิ่นรสหอมเฉาะตัว ได้แก่พวก พริกแห้ง พริกสด หอมแดง กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด รากผักชี พริกไทย กระชาย แมงลัก กระเพรา อบเชย กานพลู ดอกจันทน์ กระวาน ลูกผักชี ยี่หร่า มะแขว่นและอื่น ๆ ซึ่งหลายชนิดมีรายงานว่าสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ดังในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ในเครื่องเทศบางชนิด

เครื่องเทศ	จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งหรือถูกลดปริมาณ
ขิง	*Salmonella* sp. และ เชื้อราบางชนิด
ข่า	*Proteus* sp. และ เชื้อราบางชนิด
ตะไคร้	*Lactobacillus* sp., *E. coli* *Bacillus megaterium*
ใบมะกรูด	*E. coli, B. megaterium*
ผิวมะกรูด	*Bacillus* sp., *E. col, Proteus* sp., *Salmonella* sp.
พริกขี้หนู	*Staphylococcus* sp., *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp., *E. coli,Proteus* sp., *Salmonella* sp.
พริกไทย	*Salmonella derby*
ลูกผักชี	*Lactobacillus* sp., *E. coli, Salmonella* sp., *Proteus* sp., *Vibrio parahaemolyticus*
ยี่หร่า	*E. coli, Proteus* sp., *V. parahaemolyticus*
กระเทียม	*S. aureus, B. megaterium, Streptococcus* sp. *E. coli*
หอมแดง	*S. aureus, B. megaterium, Salmonella* sp. *E. coli*

ที่มา : บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2. สารประกอบสำคัญในเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในน้ำพริกแกง

Common name	Scientific name	Compound	Class	Activity
พริกชี้ฟ้า (Chili Spur Pepper) พริกขี้หนู (Cayenne Pepper)	*Capsicum annuum* Linn. *Capsicum frutescens* Linn.	Capsicum	Terpenoids	Bacteria
หอมแดง (Shallot)	*Allium ascalonicum* Linn.	Methylpropyl disulfide, Dipropyl trisulfide, Allyl propyl disulfide	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระเทียม (Garlic)	*Allium sativum* Linn.	Allicin, Diallytrisulfide	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ข่า (Galangal or Siamese ginger)	*Alpinia galanga* SW.	Cineol, Camphor, Methyl cinnamate	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast Galanolactone*
ตะไคร้ (Lemongrass)	*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.	Citral, Linalool, Eugenol	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
มะกรูด (Kaffir lime or Leech lime)	*Citrus hystrix* DC.	beta-pinene, Limonene Sabinene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
รากผักชี / ลูกผักชี (Coriander or Chinese parsley)	*Coriandrum sativum* Vern. Dhania	Coriandrol, Linalool	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระชาย (Lesser ginger)	*Boesenbergia pandurata* (Roxb.) Schltr.	Limonene, Pinene, Chalcone, alpha-thujene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระวาน (Round Siam Cardamon)	*Amomum krervanh* Pierre	Camphor, Myrcene, Limonene	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
กานพลู (Cloves)	*Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et Harrison	Eugenol	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ลูกจันทน์เทศ / ดอกจันทน์ (Nutmeg / mace)	*Myristica fragrans* Houtt	Myristic acid, Safrole, Elemicin	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
อบเชยเทศ (Ceylon cinnamon)	*Cinnamomum verum* J.S. Presl	Cinnamaldehyde Eugenol, Benzaldehyde	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ยี่หร่า หรือ เทียนขาว (Cumin)	*Cuminum cyminum* Linn.	Cuminic aldehyde Cumene, p-cymene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
พริกไทย (Pepper)	*Piper nigrum* Linn.	Piperine Monoterpenes	Alkaloid Terpenoids	Bacteria / Fungi

Adapted from: นิจศิริ เรืองรังษี; 2542, สมศรี เจริญเกียรติกุล et al.; 2545, Cowan; 1999, Ozean; 2001, Shelef; 1983, and Zaika, 1988

* galanolactone เป็นสารสกัดจากเมล็ดข่าด้วยแอลกอฮอล์พบว่ามีฤทธิ์ต้านรา

พืชที่มีการนำมาใช้เป็นเครื่องเทศในตำรับอาหารท้องถิ่น ของประเทศต่าง ๆ (36 ประเทศ) มีประมาณ 43 ชนิด ในจำนวนนี้มีส่วนหนึ่งที่มีสารทุติยภูมิ (secondary compound) ที่มีฤทธิ์ต่อต้านจุลินทรีย์ ซึ่ง Sherman (1998) กล่าวว่าเครื่องเทศที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์มีประมาณ 30 ชนิดได้แก่ กระเทียม หอม ออสไปส์(allspice) ออริกาโน(oregano) ทิม(thyme) อบเชย ทาร์รากอน (tarragon) ขมิ้น การพลู ตะไคร้ เบย์ลิฟ(bay leaf) พริก โรสแมรี่(rosemary) มาร์จอร์แรน (marjoram) มัสตาร์ด(mustard) คาราเวย์(caraway) มิ้น(mint) เซจ(sage) เฟนเนล(fennel) ผักชี (coriander) ผักชีลาว จันทน์เทศ โหรพา ผักชีฝรั่ง(parsley) เร่ว/กระวาน(cardamom) พริกไทย ขิง เมล็ดยี่หร่า(anise seed) เมล็ดคื่นฉ่าย(celery seed) มะนาว(lemon/lime) ในจำนวนนี้มีเครื่องเทศ 4 ชนิดที่มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียได้ดีทุกชนิด สามารถต่อต้านได้ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา คือ กระเทียม หอม ออสไปส์(allspice)และออริกาโน ส่วนทิม(thyme) อบเชย ทาร์รากอน (tarragon)และ ขมิ้น จะฆ่าแบคทีเรียได้ประมาณ 80 % สำหรับพริกขี้หนูหรือพริกที่มีความเผ็ดจะมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้ปานกลาง จะฆ่าหรือยับยั้งแบคทีเรียได้ถึง 75 % ส่วนเครื่องเทศ พวกพริกไทยดำหรือพริกไทยขาว ขิง เมล็ดยี่หร่า เมล็ดคื่นฉ่าย และน้ำมะนาวจะยับยั้งแบคทีเรียได้ประมาณ 25 %เท่านั้น ซึ่งความสามารถของเครื่องเทศในการยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าวก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ Elgavvar, Draughon, Golden and Mount (2001) ที่นำน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศในกลุ่มยี่หร่า, angelica, โหรพา, แครอท, คื่นฉ่าย กระวาน ผักชี ผักชีลาว เฟนเนล (fennel) ออริกาโน(oregano) แพร์สเลย์(parsley และโรสแมรี่ มายับยั้งเชื้อ *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Escherichia coli* O:157:H7, *Yersinia enterocolitica, Pseudomonas aeruginosa, Lactobacillus plantarum, Aspergillus niger, Geotrichum*และ *Rhodotorula* พบว่าออริกาโนยับยั้ง *Escherichia coli* O:157:H7และแบคทีเรียอื่น ๆ รวมทั้งเชื้อราที่ทดสอบ ได้มากที่สุด มีค่าMLC(minimum lethal concentration)ประมาณ 8 ppm ในขณะที่น้ำมันแครอทยับยั้งเชื้อไม่ได้ ส่วนผักชีและโหรพาก็สามารถยับยั้งได้มาก มีค่า MLC ประมาณ 25-50 ppm สำหรับ anise oil ไม่ยับยั้งแบคทีเรียแต่ยับยั้งเชื้อรา เพราะว่าพืชสมุนไพรและเครื่องเทศบางชนิดจะมีความสามารถในการเลือกยับยั้งเฉพาะเชื้อเท่านั้น เวลานำไปใช้จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับอาหารและชนิดของเชื้อ

Delaquis, Stanick, Girard and Mazza (2002) ได้ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี ผักชีลาว ใบของ ซิลานโตร (cilantro)และยูคาลิปตัส โดยกลั่นด้วยน้ำและกลั่นลำดับส่วน แล้วนำมาทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกม แกรมลบและ*Saccharomyces cerevisiae* พบว่าน้ำมันและfraction ของน้ำมันซิลานโตร มีฤทธับยั้ง *Listeria monocytogenes* ได้ดี เนื่องจากประกอบด้วยสาร แอกอฮอล์และอัลดีไฮด์ที่มีสายยาว(C_6-C_{10}) โดยfraction จะมีฤทธิ์แรงกว่า crude oil

Rahman,Choudhary, Farooq, Zafar, Demirci, Demirci and Can Baser (1999) ได้สกัดน้ำมันหอมระเหยจาก กระวาน(*Amomum subulatum*) อบเชย (*Cinnamomum verum*) ผักชี (*Coriandrum sativum*) ขมิ้น(*Cuminum cyminum*) , กระวานเทศ(Elettaria cardamomum), จันทน์

บ้าน (mace, *Myristica fragrans*) และจันทน์เทศ(nutmeg, *Myristica fragrans*) ได้น้ำมันหอมระเหย ซึ่งประกอบด้วยสาร 1,8-cineole (72.7%), cinnamaldehude(79.8%), linalool(78.1%), cuminaldehyde(37.4%), 1,8-cineole(30.7%), terpinen-4-ol (20.0%และ31.3%) ตามลำดับ เพื่อยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้แก่ *Aspergillus flavus, A. niger, Candida albicans, Fusarium oxysporum* var. *lycopersici, Microsporum canis, Pseudalleschericia bodyii, Trichopyton mentagrophytes* และ*T .simii* โดยใช้น้ำมันหอมระเหยเข้มข้น 200 ไมโครลิตร ในการทดสอบ พบว่าน้ำมันขมิ้นให้ผลในการฆ่าเชื้อราได้มากที่สุดโดยเฉพาะเชื้อ *Pseudallescherichia bodyii*(88%) ส่วนน้ำมันจันทน์เทศยับยั้งเชื้อราดังกล่าวได้ 77% mace oil ยับยั้ง*M. canis* ได้70% และน้ำมัน ขมิ้น, กระวานเทศสามารถยับยั้งเชื้อ *A. flavus* ได้ แต่อย่างไรก็ตามน้ำมันกระวานยังให้ผลกระตุ้นการเจริญของเชื้อรา *T. simii* ได้ดีปานกลางด้วย

ขิง (*Zingiber officinalis* Roscoe) **และข่า** (*Alpinia galanga* (Linn.) Stuntz) สารที่สกัดได้ด้วยแอลกอฮอล์จะมีสารออกฤทธิ์ต้าน *E. coli* , *Proteus vulgaris*, *Salmonella typhimurium*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aerogenosa* และ *Micrococcus luteus* แต่บางรายงานว่าไม่สามารถยับยั้ง *E. coli* , *Bacillus subtilis, S. aureus*และ *Pseudomonas aerogenosa* เหล่านี้ได้ (อรนุช โชคชัยเจริญพร, 2536)

จากงานวิจัยของ Oonmetta-aree, Suzuki, Gasaluck and Eumkeb(2006)ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* 209P and *Escherichia coli* NIHJ JC-2 ของสารสกัดเอทานอลจากพืชในวงศ์ Zingiberaceae 3 ชนิดคือ ข่า ขิง, ขมิ้น(*Curcuma longa* Linn.) และกระชาย (*Boesenbergia pandurata*(Roxb.) Schltr) ด้วยวิธี agar disc diffusion พบว่า สารสกัดจากข่าให้ผลในการยับยั้ง *S. aureus* ได้ดีที่สุด และจากวิธี broth dilution method พบว่า สารสกัดจากข่ามีค่า MIC (minimum inhibition concentration)และ MBC(minimum bacteriocidal concentration) เท่ากับ 0.325 mg/ml และ 1.3 mg/ml ตามลำดับ ในการยับยั้ง *S. aureus* นอกจากนี้ยังยับยั้ง S. *epidermidis, Streptococcus lactis, B megateriun, Saccharomyces eerevisiae, candida albicans* และจากการศึกษาด้วยวิธี Transmission electron microscopy แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากข่ามีฤทธิ์ในการทำให้ inner membrane ของเซลเกิดความเสียหาย และทำให้เกิด cytoplasm coagulation ของเซลล์แบคทีเรีย และสารจากข่ายังสามารถยับยั้งเชื้อราได้ด้วย (อรนุช โชคชัยเจริญพร, 2540)

จากการศึกษาสารต้านจุลินทรีย์ 7 ชนิด คือ *Aspergillus flavus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli* O157:H7 , *Escherichia coli, Bacillus cereus, Salmonella typhi* และ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดไดคลอโรมีเทนจากเหง้าข่า โดยได้นำสารสกัดไดคลอโรมีเทนมาแยกโดยเครื่องโครมาโตทรอนซึ่งสามารถแยกสารได้ 1 ชนิด คือ 1-acetoxychavicol acetate แล้วนำมาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับ สารละลายกรดอะซิติก เข้มข้น 9 โมลาร์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น

1-hydroxy cinnamic alcohol จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ พบว่า สาร 1-acetoxychavicol acetate แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Aspergillus flavus* และแบคทีเรีย *Listeria monocytogenes, Escherichia coli* O157:H7 , *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่ระดับความเข้มข้น 300 ไมโครลิตรต่อหลุม ในขณะที่สาร 1-hydroxy cinnamic alcohol ไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดที่นำมาทดสอบ

ณรงค์ สิงห์บุระและคณะ (2549) ได้สกัดสารจากพืชสมุนไพร ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เจตมูลเพลิงแดง(*Plumbago indica* Linn) , กระชายดำ(*Kaempferia parvi flora),*กระเทียม(*Allium sativum* Linn), ไพลดำ(ปูเลยดำ)*(Zingiber ottensii* Valeton),ดีปลี(*Piper maritinum* Opiz), เถาวัลย์เปรียง (*Derris scanden*(Roxb) Benth), พริกไทย(*Piper nigrum Linn.*), โกฐน้ำเต้า(*Rheum officinale, Allium tuberosum*),พลู(*Piper betel,Piper chaba*),ผกากรอง(*Lantana camara*), ขมิ้นเครือ(*Coscinium fenestratum*), มะดัน(*Garcinia schomburgkiana*),มะตูม(*Aegle marmelos*), ส้มแขก(*Garcinia atroviridus*), แห้วหมูหิน(*Cyperus dubius*), ขี้เหล็ก(*Cassia siamea*),และ ผักชี (*Coriandrum sativum*) ด้วย เอทานอล เพื่อใช้ทดสอบการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชสำคัญ 3 ชนิด คือ *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสมะม่วง *Fusarium oxysporum, F. cubense* สาเหตุโรคเหี่ยวของกล้วยและเชื้อ *Sphaceloma ampelinum* สาเหตุโรคสแครบขององุ่น พบว่าสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ดีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เจตมูลเพลิงแดง(*P.indica)d,*กระเทียม(*A.sativum*) , และกระชายดำ(*K.parviflora*)

พริก (*Capsicum* sp.) ที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักในเครื่องแกงต่างๆ สามารถยับยั้ง *Salmonella typhimurium* ที่ inoculate ลงในเนื้อดิบ beef meat โดยใช้สารสกัด1.5มิลลิลิตร ต่อเนื้อ 100 กรัม และสามารถยับยั้ง *Pseudomona aeruginosa* โดยเนื้อหมู โดยใช้สารสกัด 0.3 มิลลิลิตรต่อเนื้อ 100 กรัม และถ้าใช้เพิ่มเป็น 3.0มิลลิลิตรต่อเนื้อ 100 กรัม จะสามารถฆ่าเชื่อนี้ได้ (www:Seidirect.com) นอกจากนั้น ยังยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus , B. subtilis Clostridium sporogenes, Clostridium tetani, Streptococcus pyrogens, Lactobacillus sp., Staphylococcus sp. E. coli, Proteus sp.* ได้มากน้อยแตกต่างกัน (Cichewicz andThorpe, 1996) (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518)

หัวหอม *Allium ascalonium* Linn หอมแดง จะมีสารสำคัญพวก methyl propyl disulbide ,dipropyl triaulfide และ allyl propyl disulfide ที่มีฤทธิ์ต่อต้านแบคทีเรีย และ fungi (นิจศิริ เรืองรังษี, 2542) เช่น *S. anneer, B. magaterium, Salmonella* sp. และ *E. coil* (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518) กระเทียม (*Allium satirum* Linn.) มีสารสำคัญพวก allicin และ diallyl trinelfide ที่สามารถยับยั้งเชื้อ แบคทีเรีย รา และยีสต์ได้ เช่น ยับยั้ง *S. aureus, B. megaterium, E. coli, Streptococcus* sp. (นิจศิริ เรืองรังสี, 2547, บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518)

กระชาย (Boesenbergia pandurata Roxb, Schitr) จะมีสาระสำคัญเป็นพวก Limonene, Pinene, chaicone, alphathujene มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียหลายชนิดเช่น ยับยั้ง *S. aureus, Bacillus subtilis, Salmonella typhi, E. coli, Pseudomonas aeruginosa* และ *Streptococcus pyrogenes* (ศิริลักษณ์ ฤทธิ์รักษา. 2539) นอกจากนั้นสารสกัดจากกระชายยังสามารถยับยั้งเชื้อราได้ด้วย โดยเฉพาะกระชายดำ (Kaempferia parvi flora) (ณรงค์ สิงห์บุระ และ คณะ, 2549)

กานพลู (*Sygygium aromaticum* Linu. น้ำมันของกานพลูคือ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด ที่เป็นสาเหตุของโรคในคนและสัตว์ เช่น *E. coli*, *Salmonella typhosa*, *Vibrio corumma* และเชื้ออหิวาไก่ (chick cholera) [www.medplant.ac.th] นอกจากนั้นยังสามารถฆ่าเชื้อ *E. coli* O157:H7 ที่มักจะเป็นปัญหาการระบาดในเด็กและ คนชราบ่อยๆ โดยมีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 0.25 มิลลิลิตร/ มิลลิลิตร และ 0.3 25 มิลลิลิตร/ มิลลิลิตร ตามลำดับ (Moreira et al, 2005)

สารให้สีจากธรรมชาติหลายชนิด ก็สามารถมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้ อย่างเช่น สารจากต้นเบญกานี (*Quercus infectoria*) จะมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์พวก *E. coli, Bacillus subtilis*, *Kliebsiella pneumoniae, Proteus vulgaris* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ดี มีค่า MIC. อยู่ในช่วง 5-40 mg/ml ขึ้นอยู่กับ ชนิดของเชื้อ (Singh et al, 2005)

โหรพา(basil) น้ำมันหอมระเหยของกระเพราจะยับยั้งแบคทีเรีย แกรมบอก แกรมลบ ยีสต์ และราได้หลายชนิด แต่ยับยั้ง *Clostridium sporogenes*, *Flavimonas orygihabians* และ *Pseudomonas* sp. ไม่ได้ โดยยับยั้ง *Aeromonas hydrophila* และ*Pseudomonas fluorescense* ที่ความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) 0.125% และ 2.0% (v/v) ตามลำดับ(Wan et al, 1998) และยับยั้งเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ *Shigella sonnei* และ *Shigella flexneri* ได้ด้วย (Bagamboula et al, 2003)

ขมิ้น (*Curcuma longa* Linn.) สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งที่ก่อโรคและไม่ก่อโรคได้หลายชนิด เช่น *E. coli, Lactobasillus acidophilus, L. Plantarum* รวมทั้งเชื้อ *Helicobacter pylori* ที่เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของโรคกระเพาะ นอกจากนั้นสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคผิวหนังไทย เฉพาะโรคกลากที่เกิดจาก *Trichophyton minosporum* และ *T. epidermorphyton* (Foryst-Ludwing et al, 2004) น้ำมันหอมระเหยของขมิ้นยังสามารถยับยั้งยีสต์ที่ทำให้อาหารเสีย พวก *Candida albican* ATCC 48274, *Rhodotorula glutinis* ATCC 16740, *Schizosaccharomyces pombe* ATCC 60232, *Saccharomyccs cerevisiae* ATCC 2365, *Yarrowia lypolitica* ATCC 16617, *C. citrotus* และ *T. citriodorus* (Sacchetti et al, 2005)

กระเทียม (*Allium sativum*)มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียได้หลายชนิด จากงานวิจัยของ Leuschner and Zamparini (2002) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* 0157 และ *Salmonella enterica* serovar Enteritidis ของเครื่องเทศ 4 ชนิด คือ กระเทียม, ขิง, มัสตาร์ด และ cloves ด้วยวิธี broth model systems พบว่ากระเทียมและ cloves ปริมาณ 0.25–1% มีฤทธิ์ในการยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด โดย กานพลู ให้ผลดีที่สุด ส่วน มัสตาร์ด และ ขิง มีฤทธิ์

ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดต่ำ และจากการศึกษาผลของกระเทียมในการยับยั้งเชื้อ *Salmonella. enterica* serovar *Enteritidis* ในมายองเนสที่มีการปนเปื้อนของ *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* 10^5 CFU/g พบว่ากระเทียมปริมาณ 1% มีคุณสมบัติในลดปริมาณของเชื้อในมายองเนสได้

พืชในกลุ่มสมุนไพร

จากงานวิจัยของนวลฉวี เวชประสิทธิ์ (2541) ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อ Herpes Simplex Virus จากสมุนไพร พบว่า สารสกัดของหญ้าขัดมอญ *(Sida rhombifola* Linn.) หญ้าแพรก(*Cynodon dactylon* Pers.) และลูกใต้ใบ(*Phyllanthus amurus* Schum. & Thonn) สามารถยับยั้งเชื้อ *Lactobacilli* spp. ที่ความเข้มข้นต่ำสุด 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร โดยที่สารสกัดของผักเสี้ยนผี (*Cleome vixcosa* Linn.) และลางสาด (*Aglaia domestica*) มีฤทธิ์ยับยั้งที่ความเข้มข้น1.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารสกัดเมธิลแอลกอฮอล์จากลางสาด, ผักเสี้ยนผี และลูกใต้ใบ สามารถยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* ที่ความเข้มข้น 1.25, 10 และ 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้น 1.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ของสารสกัดลางสาด และ 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ของผักเสี้ยนผีมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Streptococcus pyogenes* และมีเพียงสารสกัดจากลูกใต้ใบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Moraxella phenylpyruvica* ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ herpes simplex virus type 2 (HSV-2) ที่แยกได้จากผู้ป่วยโรคเริมพบว่าสารสกัดผักเสี้ยนผีมีฤทธิ์ inactivation activity ต่อ HSV-2 ทำให้ไวรัสตายและไม่สามารถเข้าไปเจริญเติบโตในเซลล์ได้

จากงานวิจัยของ ศรีกาญจนา คล้ายเรือง(2541)ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ *Listeria monocytogenes* ของสารสกัดหยาบจากพืชสมุนไพร 39 ชนิด พบว่าสารสกัดหยาบจาก กระชาย (*Boessenbergia pandurata* Hott), แก่นขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), ดอกจันทน์เทศ (*Myristice fragrans* Houtt.), เจตมูลเพลิงแดง (*Plumbago indice* Linn.), ชะเอมเทศ (*Glycyrrhize glabra* Linn.) ฝาง (*Caesalpinia sappan* Linn.), และ มะขามแขก(*Cassia angustitolia* Vahl.) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อนี้ได้ โดยสารสกัดจากแก่นขนุนจะใช้ความเข้มข้นต่ำสุด(MIC)เพียง 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ก็สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อนี้ได้ ส่วนสารสกัดจาก กระชาย, เจตมูลเพลิงแดง และ ฝาง แม้จะใช้ความเข้มข้นความเข้มข้นมากถึง 5000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ก็ยังไม่สามารถยับยั้งเชื้อนี้ได้อย่างสมบูรณ์

จากงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ ฤทธิ์รักษา(2539) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการยับยั้งและการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดสมุนไพร อาทิเช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยของเทพธาโร ในการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ค่า MIC เท่ากับ 21.9ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 43.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *Bacillus subtilis* ได้ค่า MIC เท่ากับ 10.9ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 21.9 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *Escherichia coli* ได้ค่า MIC เท่ากับ 21.9ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 87.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยับยั้ง *Salmonella typhi* ได้ค่า MIC เท่ากับ 21.9

ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 87.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร น้ำมันหอมระเหยของกระชายยับยั้ง *S. aureus* ได้ค่า MIC เท่ากับ 169.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 338.3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *B. subtilis* ได้ค่า MIC เท่ากับ 169.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 338.3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *E. coli* ได้ค่า MIC เท่ากับ 169.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 676.6 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยับยั้ง *Salmonella typhi* ได้ค่า MIC เท่ากับ 169.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 169.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร นอกจากนี้ยังได้มีการนำสารในน้ำมันหอมระเหยมาทำให้บริสุทธิ์และใช้ทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ เช่น linalool ยับยั้ง *S. aureus*ได้ค่า MIC เท่ากับ 39.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 156.3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *B. subtilis* ได้ค่า MIC เท่ากับ 19.5ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 39.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *E. coli* ได้ค่า MIC เท่ากับ 39.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 78.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มิลลิลิตร และยับยั้ง *Salmonella typhi* ได้ค่า MIC เท่ากับ 39.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 156.3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สารLimonene ยับยั้ง *S. aureus*ได้ค่า MIC เท่ากับ 156.3ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 312.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *B. subtilis* ได้ค่า MIC เท่ากับ 39.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 78.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *E. coli* ได้ค่า MIC เท่ากับ 156.3ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยับยั้ง *Salmonella typhi* ได้ค่า MIC เท่ากับ 625ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สารgeraniol ยับยั้ง *S. aureus*ได้ค่า MIC เท่ากับ 19.5ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และMBC เท่ากับ 78.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *B. subtilis* ได้ค่า MIC เท่ากับ 39.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 39.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร *E. coli* ได้ค่า MIC เท่ากับ 78.1ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 156.3 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยับยั้ง *S. typhi* ได้ค่า MIC เท่ากับ 156.3ไมโครกรัม/มิลลิลิตรและMBC เท่ากับ 312.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

จากงานวิจัยของ Adegoke และ Odesola (1996) ได้ศึกษาการใช้ผงบดละเอียด และ essential oil ของตะไคร้*(Cymbopogon citratus)* ในการยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดและถั่วประเภท cowpea พบว่า นอกจากผงบดละเอียด และ essential oil ของตะไคร้จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และการเกิดสีและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของตัวอย่างแล้ว essential oil ของตะไคร้ยังมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ รา ได้แก่ *Aspergillus flaws, A. fumigatus, Microphomina phaseoli* และ *Penicillium chrysogenum* รวมทั้งแบคทีเรีย ได้แก่ *Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Ps .fluorescens, Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* อีกด้วย ซึ่งเชื่อว่าสาร alkaloids, tannins และ cardiac glycosides ที่พบในตะไคร้ มีความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัตินี้

จากงานวิจัยของชลิดา เล็กสมบูรณ์และคณะ(2543) ซึ่งทำการศึกษาปฏิกิริยาต้านเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชของสารสกัดจากสมุนไพรโดยการทดสอบด้วยพืชสมุนไพร 58 ชนิด กับแบคทีเรียโรคพืช 3 สกุล 13 สายพันธุ์ คือ *Erwinia carotovora subsp. carotovora* สาเหตุโรคเน่าและ

มันฝรั่งและกะหล่ำปลี *Pseudomonas solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวมะเขือเทศ พริก และมันฝรั่ง *P.syringae* pv. *sesami* สาเหตุโรคใบจุดงา *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคเน่าดำกะหล่ำ *X. campestris.* pv. *citri* สาเหตุโรคแคงเกอร์มะนาว *X.. campestris* pv. *manihotis* สาเหตุโรคใบไหม้มันสำปะหลัง *X. campestri.* pv. *Vesicatoria* สาเหตุโรคใบจุดมะเขือเทศ *X. campestris* สาเหตุโรคใบจุดผักบุ้ง พบว่าสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด 3 สกุล 13 สายพันธุ์ ได้แก่ มะกอกป่า มะกอกฝรั่ง มะขาม มะขามป้อม ทับทิม ยูคาลิปต์ และบัวผัน สารสกัดจากใบพลูให้ผลยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 สกุล ยกเว้น *P.syringae* pv. *Sesame* สารสกัดจากกระเทียมและหูปลาช่อนไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อในสกุล *Erwinia* ทั้ง 2 สายพันธุ์ แต่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญเชื้อในสกุล *Pseudomonas* และ *Xanthomonas* ทุกสายพันธุ์ ยกเว้น *X. campestris.* pv. *Manihotis* สารสะกดจากพืชอื่นๆอีก 48 ชนิดไม่แสดงผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ

การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดสมุนไพร 16 ชนิด ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสกุล Vibrio 10 สายพันธุ์ที่ก่อโรคในกุ้งกุลาดำ คือ กะเพราแดง (*Ocimum sanctum*) กะเพราขาว (*Ocimum sanctum*) ชุมเห็ดเทศ (*Cassia alata*) ชิงช้าชาลี (*Tinospora cordifolia*) กะเม็ง (*Eclipta alba*) บอระเพ็ด (*Tinospora crispa*) ฝรั่ง (*Psidium guajava*) พญายอ (*Clinacanthus nutans*) ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) มะระขี้นก (*Momordica charantina*) ก้างปลาเครือ (*Phyllanthus reticulatus*) ธรณีสาร (*Phyllanthus pulcher*) มะยม (*Phyllanthus acidus*) และลูกใต้ใบ 3 ชนิด คือ *Phyllanthus amarus, P. debelis* และ *P. urinaria* ซึ่งทำการทดสอบโดยการเจือจางสารสกัดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อตามวิธีของTragen(1983) และวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ ผลการทดสอบพบว่ามีสมุนไพรอยู่ 11 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในกุ้งกุลาดำได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่แตกต่างกันตามความเข้มข้นที่ไม่เท่ากัน สมุนไพรที่น่าสนใจมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ใบฝรั่งและมะระขี้นก เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อได้แม้จะใช้สารสกัดในระดับความเข้มข้นต่ำเพียง 0.625 มก./มล และ 1.25 มก/มล ตามลำดับ (สถาพร ดิเรกบุษราคม และคณะ, 2539)

นอกจากนี้ยังมีการนำพืชสมุนไพรมาทดสอบกับเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคท้องเสีย จากการแยกเชื้อจากอุจจาระผู้ป่วย ได้แก่เชื้อ *Staphylococcus aureus, Streptococcus faecalis, Salmonella typhi, Shigella flexneri, Escherichia coli, Vibrio cholerae, V. parahaemolyticus* และ *Aeromonas hydrophila* ซึ่งพบว่าสารสกัดแอลกอฮอล์ 70% ของแก่นฝาง(*Caesalpinia sappan*)ยับยั้งได้เชื้อ 5 ชนิด เปลือก ผล ทับทิม(*Punica granatum L.*) ยับยั้งเชื้อได้ 4 ชนิด เปลือกผลฝรั่ง(*Psidium guajava*) สามารถยับยั้ง *Vibrio cholera* และ *V. parahaemolyticus* ได้ นอกจากนี้ ผลสมอไทย (*Terminalia chebula*) ก็มีผลยับยั้ง *Vibrio cholera* และ *Aeromonas hydrophila* อีกการทดลองหนึ่งใช้ test organism เป็น *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Salmonella typhi, Shigella*

disenteriae และ *Candida albicans* พบว่า สารจากดอกสารภี(*Mammea siamensis*) และดอกหางกระรอก(*Acalypha hispidia*) มีสมบัติเป็น antibacterial ต่อเชื้อดังกล่าวข้างต้น และเปลือกผลทับทิมสามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella typhi* และ *Shigella disenteriae* สารสกัดอื่นที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ 2 ชนิดนี้ได้แก่ ผกากรองทั้งต้น(*Lantana salvifolia*) เปลือกโมกหลวง(*Holarrhena antidisenterica*) ผลสมอดีงู(*Terminalia citrina*) ผลสมอพิเภก(T. bellerica) และผลส้มป่อย(*Acacia concinna*)

Chukwujekwu et al (2005) สกัดสารจากขี้เหล็กเทศ(หรือชุมเห็ดเล็ก)ด้วย เอทธานอล พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* ได้ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 0.0039 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตรและ 0.0037มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ตามลำดับ แต่ไมสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ *Klebsiella pneumoniae* และ *E. coli* ที่ความเข้มข้นสาร 0.5มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสำคัญที่สกัดได้คือ emodin ส่วน พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจและเอกชัย ชูเกรียติโรจน์(2547) สกัดสารจากชุมเห็ดไทย(*Sena tora*) และ ขี้เหล็กอเมริกัน(*Sena spectabilis*)ด้วยน้ำและเอทานอล 95 % เพื่อยับยั้งเชื้อก่อโรค 4 ชนิดคือ *E. coli, Bacillus cereus, Saccharomyces cerevisiae* และ *candida albicans* พบว่าสารสกัดดอกขี้เหล็กอเมริกันด้วยน้ำจากสามารถยับยั้ง B. cereus ได้ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วน*E. coli* และ *S. cerevisiae* นั้นเฉพาะสารสกัดจากฝัก ใบ ลำต้นของชุมเห็ดไทยเท่านั้นที่สามารถยับยั้งได้ สำหรับ C. albicans นั้นไม่มีสารสกัดใดที่ทดสอบยับยั้งได้

สารสกัดจากมะขามป้อมสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 95% จะมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *B. subtilis, E. coli, Salmonella typhosa, Staphylococcus aureus* และ *Vibrio. cholera* ส่วนสารสกัดจากลำต้นด้วยเมทธานอล-น้ำ จะได้สารที่ยับยั้งเชื้อ *Proteus* vulgaris และ *E. coli* และสารสกัดจากเปลือกต้นด้วยน้ำร้อนจะได้สารต้านเชื้อรา *Alternaria tenni* และ *Pythium apharidermatum, Rhizopus stolonifera* เมื่อใช้สารสกัดเข้มข้นเพียง 1% ส่วนเชื้อราที่เป็นสาเหตุของกลากตามผิวหนัง จะต้องใช้สารสกัดด้วยเอทธานอล 95% นอกจากนั้นยังมีฤทธิ์ต้าน *Candida albicans* และ *Saccharomyces cerevisiae* ด้วย (เสริมสิริ วินิจฉัยกุล, 2539)

Ahmad et al(1998)ได้ทำการสกัดพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคในท้องถิ่นของประเทศอินเดีย จำนวน 82 ชนิดโดยสกัดด้วยน้ำ แอลกอฮอล์และเฮกเซน แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบฤทธ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียฉวยโอกาส บนอาหารวุ้นแข็ง พบว่ามีพืชสมุนไพร 56ชนิดที่มีฤทธ์ต้านแบคทีเรียอย่างน้อย 1 ชนิด และในจำนวนนี้มีพืชสมุนไพรเพียง 5 ชนิดเท่านั้นที่มีฤทธิ์มากในการต้านแบคทีเรียและต้านแบคทีเรียได้หลายชนิด โดยเฉพาะสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ พืชดังกล่าวคือมะขามป้อม(*Emblica officinalis*) สมอไทย(*Terminalia chebula*) สมอภิเภก(*Terminalia belerica*) โมกหลวง(*Hotarrhena antidysenterica*)และเจตมูลเพลิงขาว (*Plumbago zeylamica*)

พืชในกลุ่มอาหาร/เครื่องเคียง

บัวบก (*Centella asiatica* Linn)จัดเป็นผักที่นิยมนำมารับประทานเป็นผักจิ้มน้ำพริกและทำเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรแก้ช้ำในนับจากงานวิจัยหลายๆฉบับพบว่า พืชชนิดนี้มีสรรพคุณสามารถยับยั้งเชื้อได้ทั้งแบคทีเรียและเชื้อราหลายชนิด สารสกัดด้วยเอธานอล สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เป็นโรคพวก *S. aureus* , *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis, Streptococcus* sp แต่ไม่สามารถยับยั้ง *E. coli* เช่นเดียวกับสารสกัดด้วยน้ำ ก็ให้ผลคล้ายกัน นอกจากนั้น สารสกัดด้วยเอทานอล ยังสามารถยับยั้งเชื้อราโรคผิวหนังพวกกลาก *Inchophyton mentagrophyter* และ*T. rubrum* รวมทั้งสามารถต้านไวรัสที่ทำให้เกิดโรคเริมที่ริมฝีปาก (*Herpes simplex* type Z) ได้ด้วย (อรนุช โชคเจริญพร, 2540)

พลูคาว (*Houltuynia cordata* Thumb) หรือที่ทางเหนือเรียกว่า คาวตอง เป็นพืชสมุนไพรที่พบทางภาคเหนือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีสรรพคุณในการรักษาโรคหลายอย่าง ทั้งเบาหวาน โรคลม ช่วยบำรุงเลือด ปวดศรีษะ ความดันโลหิต โรคภูมแพ้ กามโรค โรคผิวหนัง และที่สำคัญคือ รักษาโรคมะเร็ง นอกจากนั้นยังมีฤทธิ์ยับยั้งไวรัสที่ทำให้เกิดโรค Simplex type 1 (HSV-1) โรคไข้หวัดใหญ่ โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง (HIV-1) แต่ไม่มีผลต่อไวรัสโรคโปลิโอ และโรค Coxsackie โดยจะเข้าไปขัดขวางการสร้างเปลือกหุ้มของไวรัส เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยมีสาระสำคัญ คือ methyl n-nonylketone, lawryl aldehyde และ Capryl aldehyde (Hayashi, K และ คณะ, 1995) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ดี เช่น *B. cereus, B. subtilis, Vibrio cholerae* O-1, *V. parahaemolyticus* (Hayashi et al,1995)

ชะพลู (*Piper sarmemtosum* Roxb) บางแห่งเรียก ช้าพลู พลูลิง พลูนา เป็นพืชที่ชาวบ้านนิยมนำใบมาแกงกับหอยขม หรือนำใบมาทำเมี่ยงคำรับประทานนั้นมีสรรพคุณหลายอย่าง เช่น ใช้แก้ปวดท้อง ท้องเสีย แก้ลมในกระเพาะและลำไส้ ท้องอืดเฟ้อ แก้เสมหะ บำรุงธาตุ แก้ปัสสาวะบ่อย สารสกัดจากใบเป็นพวก phenylpropanoids ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา จะช่วยลดน้ำตาลในเลือด ต้านเชื้อแบคทีเรีย ลดการบีบตัวของลำไส้ (นันทวัน บุณยะประภัตร และอรนุช โชคชัยเจริญพร, 2539) จากรายงานการวิจัย พบว่าสารสกัดจากใบ เป็นพวก phenylpropanoids หลายชนิด เช่น 1-ally 2,4,5,trimethoxy 3,4 methylenedioxybenzene, 1-ally 2,4,5 trimethoxybenzene, 1-(1-Epropenyl)-2,4,5 trimethoxybenzene, and 1-ally 2,4,5,trimethoxy-4,5 methylenedioxybenzene ที่มีฤทธิ์ยับยั้ง *E. coli* และ *B. subtilis.*(Masuda et al, 2001)

พืชใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

หมาก(*Areca catechu* Linn.) มีรายงานว่าสารสกัดหมาก ด้วยน้ำว่ามีผลในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษและหนองฝี นอกจากนี้

ยังสามารถทำลายพิษของเชื้อโรคบาซิลัส สารสกัดหมากด้วยแอลกอฮอล์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli, Candida albicans, C. tropicalis Trichophyton interdigitat* สารสกัดด้วยเอธิลอะซิเตต สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* ได้ ซึ่งฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อดังกล่าวอาจเนื่องมาจากสารพวกฟีนอลและแทนนินที่มีมากในเมล็ด (ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ, 2527) และจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สารสกัดจากหมากด้วยน้ำ มีผลทำให้อัตราการเจริญของเชื้อ *S. aureus, S. mutans, S. salivarius* และ *Candida albicans* นั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดทดสอบ พบว่าสารที่สกัดได้จากการทดลองนี้มี 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ hydrolysable (tannin, gallotannin, gallotanic acid) และ on - ydrolysable (catechin) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารพวก tannin ให้การยับยั้งจุลินทรีย์ได้สูงแต่สารพวก catechu ไม่ให้ผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

พลู (*Piper betle* Linn) ที่สมัยก่อนนิยมปลูกกันตามบ้าน เนื่องจากสมัยนั้นคนยังนิยมกินหมากกัน ปัจจุบันยังมีปลูกกันบ้าง ใบมีสรรพคุณใช้รักษาโรคกลาก ได้หายขาด แก้ลมพิษ พลูจะมีสารน้ำมันพลู (betel oil) ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิดที่สำคัญคือ "ชาวิคอล" เป็นตัวออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา นอกจากนั้นน้ำมันพลูยังสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้อีกหลายชนิด เช่น *Listeria monocytogenes, Salmonella enteridis* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 100 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตร แต่เชื้อ *Pseudomonas aeroginosa* จะทนต่อน้ำมันพลู ต้องใช้ความเข้มข้นน้ำมันพลูมากกว่า 200 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตรขึ้นไปจึงจะยับยั้งได้บ้าง

ชะมวง(*Garcinia cowa* Roxb.) อยู่ในวงศ์Clusiaceae ชื่ออื่น ที่เรียกกัน กระมวง มวงส้ม หมากโมก สรรพคุณใช้ใบและผลเป็นยา แก้กระหายน้ำ ระบายท้อง แก้ไข้ วัชรินทร์ รุกขไชยศิริกุลและเสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร ได้ศึกษาสารออกฤทธิ์ในพืชสกุลการ์ซีเนียที่พบในภาคใต้ อาทิ มังคุด ส้มแขก ชะมวง วา พะวา และ scortechinii ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ดื้อยา พบว่าเปลือกของลำต้นชะมวงมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่ดื้อยาเมธิซิลลินได้ดีที่สุด (วิทยาการ-เทคโนโลยี 2548)

สารสำคัญในพืชสมุนไพร

สารประกอบเคมีของสมุนไพร

คนไทยเริ่มรู้จักใช้ยาสมุนไพรในการรักษาโรคมาแต่โบราณ เพิ่งมาเสื่อมความนิยมลงเมื่อมีการนำเอาวิธีการรักษาโรคแบบตะวันตกมาใช้ เนื่องจากยาแผนปัจจุบันสามารถนำมาใช้ได้สะดวกกว่า ทำให้ไม่มีการนำความรู้ดั้งเดิมมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

สารประกอบเคมีในพืชสมุนไพรจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. สารปฐมภูมิ (primary metabolite) เป็นสารที่มีอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไป พบได้ในพืชเกือบทุกชนิดเป็นผลิตผลที่ได้จากการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เช่น คาร์โบไฮเดรท ไขมัน โปรตีน เม็ดสี(pigment) และเกลืออินทรีย์(inorganic salt) เป็นต้น

2. สารทุติยภูมิ (secondary metabolite) เป็นสารประกอบที่มีลักษณะค่อนข้างพิเศษ พบต่างกันในพืชแต่ละชนิด ซึ่งคาดว่าเกิดจากขบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพ(biosynthesis)ที่มีเอนไซม์เข้าร่วม สารประเภทนี้ได้แก่กลุ่มอัลคาลอยด์ กลุ่มไกลโคไซด์ น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น ส่วนใหญ่สารจำพวกทุติยภูมิจะมีสรรพคุณทางยาหรือออกฤทธิ์เป็นสารพิษที่เห็นชัดเจน สารสำคัญในพืชมีมากมายหลายชนิดในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ทางยา

อัลคาลอยด์ (alkaloid) เป็นสารอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นด่าง และมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบมีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นสารที่มักพบมากในพืชสมุนไพร สารประเภทนี้จะมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ในใบยาสูบพบอัลคาลอยด์นิโคตินซึ่งเป็นสารที่มีพิษ ในยางฝิ่นมีอัลคาลอยด์มอร์ฟีน ซึ่งใช้เป็นยาแก้ปวดที่ดีมากแต่ทำให้ติดง่าย

ไกลโคไซด์(glycoside) เป็นสารประกอบที่พบมากในพืชสมุนไพรมีสูตรโครงสร้าง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นน้ำตาลกับส่วนที่ไม่ได้เป็นน้ำตาลที่เรียกว่า aglycone ทำให้สารนี้ละลายน้ำได้ดี ส่วน aglycone เป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีสูตรโครงสร้างแตกต่างกัน ส่วนนี้เองที่ทำให้คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของไกลโคไซด์แตกต่างกันออกไป เช่น แอนทราควิโนน มีฤทธิ์เป็นยาระบายและยาฆ่าเชื้อ ซึ่งมีในใบชุมเห็ดเทศ ใบขี้เหล็ก ใบมะขามแขก เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้สกัดไกลโคไซด์ คือ ส่วนผสมของแอลกอฮอล์และน้ำในอัตราส่วนต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับขั้วของไกลโคไซด์ชนิดนั้นๆ

แทนนิน(tannin)เป็นสารที่พบในพืชทั่วไปมีรสฝาดมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนและสามารถตกตะกอนได้ มีฤทธิ์ฝาดสมานแผลและฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียพบใน ใบฝรั่ง ผลกล้วยน้ำว้าดิบ

กัม (gum) เป็นของเหนียวที่พบในพืชเมื่อกรีดหรือทำให้พืชนั้นเป็นแผล

ลาเท็กซ์ (latex) เป็นยางสีขาวเหมือนน้ำนมประกอบด้วยแป้ง กัมเรซิน บางชนิดมีสารเคมีที่เมื่อรวมกับสารบางอย่างทำให้เกิดมะเร็ง (co-carcinogen) ที่เรียกว่า phorbol

สเตียรอยด์ (steroid) เป็นสารประกอบในพืชที่ละลายได้ดีในไขมันหรือตัวทำละลายที่ละลายไขมันได้ เป็นสารเคมีที่มีสูตรโครงสร้างเช่นเดียวกับสารฮอร์โมน และสารยับยั้งการอักเสบ สารในกลุ่มนี้บางตัวจึงใช้เป็นสารตั้งต้น ในการสังเคราะห์ยาด้านการอักเสบและฮอร์โมน

ฟลาโวนอยด์(flavonoid) เป็นสารซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนสามส่วนมาต่อกันและมีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลมากมีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ เช่น สารสกัดจากแปะก๊วยเพิ่มการไหลเวียนของโลหิตในสมอง

ซาโปนิน (saponin) เป็นสารประเภทไกลโคไซด์ซึ่งส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลอาจจะเป็นสเตียรอยด์ (steroid) หรือไตรเทอร์ปีน(triterpene) ซาโปนินมีสมบัติคล้ายสบู่ เช่น สามารถเกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เป็นสารลดแรงตึงผิว (surface active agent) ที่ดี

น้ำมันหอมระเหย (essential oil หรือ volatile oil) เป็นสารที่มีอยู่ในพืชบางชนิด มีลักษณะเป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่น มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ และเบากว่าน้ำ น้ำมันหอมระเหยนี้เป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด มักเป็นส่วนประกอบของพืชสมุนไพรที่เป็นเครื่องเทศ คุณสมบัติทางเภสัชวิทยามักใช้เป็นสารขับลมและฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (flatulence, antibacterial and antifungi) นับเป็นสารประกอบเคมีจากพืชสมุนไพรที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากกว่าสารประกอบประเภทอื่น พบในพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น กระเทียม ไพล กานพลู ส้ม เป็นต้น

น้ำมันหอมระเหย

เป็นสาร terpenoid อย่างหนึ่งที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น monoterpenoids, sesquiterpenoids และอาจพบในรูปของสาร diterpenoid, triterpenoids และ hemiterpenoids มีประโยชน์ในแง่ของการปรุงแต่งเครื่องกลิ่นของเครื่องอุปโภคบริโภคในรูปแบบต่างๆ ตลอดจนน้ำหอมและเครื่องสำอาง และเวชภัณฑ์ ซึ่งมักอยู่ในรูปยาสูดดม ยาขี้ผึ้ง ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นน้ำยาปรับอากาศ น้ำยาซักล้างต่าง ๆ

น้ำมันหอมระเหยภาษาอังกฤษเรียกว่า "essential oil" ซึ่งให้คำจำกัดความได้ว่าเป็นน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชโดยอยู่ในเซลล์(oil cells) ในลักษณะหยดเล็กๆบางทีอยู่ในที่เก็บกัก ในท่อหรืออยู่ในต่อมของขน (glandular hair) จากคำว่าระเหยได้นี้บางทีจึงเรียกว่า volatile oil ในระยะแรกเริ่มใช้คำว่า ethereal oil น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นพืชด้วยไอน้ำ ทั้งนี้เพื่อแยกออกจากคำว่า fatty oil การที่พืชมีน้ำมันหอมระเหยและระเหยได้นี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและก็น่าที่จะรวมพืชที่เราได้น้ำมันหอมระเหยนี้มาโดยวิธีอื่นๆหรือน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในพืชสดๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับขบวนการเผาผลาญอาหาร การสืบพันธุ์ หรือปกป้องคุ้มครองจากศัตรูของพืชเองเป็นพวกเดียวกัน น้ำมันหอมระเหยจะพบได้ในเกือบทุกส่วนของพืช เช่น ลำต้น เปลือก ใบ ผล เมล็ด ดอก ราก เหง้า เป็นต้น กลิ่นหอมที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของเซลล์เหล่านั้นสามารถที่จะสกัดหรือแยกออกมาได้ สารประกอบที่แยกออกมาส่วนใหญ่เป็นของเหลวมีลักษณะเป็นน้ำมัน มีส่วนน้อยที่เป็นของแข็ง แต่ถึงแม้จะเป็นของแข็งก็ระเหยได้ง่ายกับไอน้ำจึงมีชื่อเรียกรวมๆกันว่าน้ำมันหอมระเหย น้ำมันหอมระเหยไม่เกิดกลิ่นเหม็นหืน แต่ถ้าถูกแสงหรืออากาศนานๆจะถูกออกซิไดซ์ และเกิด resinify โดยเฉพาะที่มีเรซินอยู่ด้วย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประกอบประเภท terpenoid derived compounds อย่างหนึ่ง ดังนั้น องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จะเป็นพวกอนุพันธ์ของสาร Terpene

นอกจากนั้นจะเป็นพวก aromatic compound ที่เปลี่ยนแปลงมาจากสาร phenylpropane ซึ่งพบได้น้อยมาก ในที่นี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

เทอร์ปีนอยด์ (terpenoids) เทอร์ปีนที่พบในน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่เป็นพวกโมโนเทอร์ปีน (monoterpene) และ เซสควิเทอร์ปีน(sesquiterpene) มีน้ำหนักโมเลกุลไม่สูงมากนัก และสารเหล่านี้จะมีกลุ่มฟังก์ชัน(functional group) ที่เกิดปฏิกิริยาได้ดีจึงเกิดเป็นโครงสร้างมากมายหลายพันชนิด

โมโนเทอร์ปีนอยด์ (monoterpenoids) พบอยู่ในพืชชั้นสูงทั่วไปโดยเฉพาะพืชที่ให้น้ำมันหอมระเหย พบว่าเกิดเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด พืชเหล่านี้จะมี secretory structures อยู่ในเนื้อเยื่อพืชได้ทุกชนิดนับตั้งแต่ส่วนดอกไปจนถึงส่วนราก อาจเป็นแหล่งปฐมภูมิในการสังเคราะห์โมโนเทอร์ปีนก็ได้ ตัวอย่างของพวกโมโนเทอร์ปีนอยด์ที่มักพบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ พวกไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) เช่น มัยซีน (mycene), โอซีมีน (ocimene), พี-ซัยมีน (p-cymene) พวกแอลกอฮอล์ (alcohols) เช่น เจอรานิออล (geraniol), ลินาลูออล (linalool), เมนทอล (menthol), บอร์นิออล (borniol) พวกอัลดิไฮด์ (aldehydes) เช่น เจอรานิอัล (geranial), นีรัล (neral), ซิโทรเนลลัล (citronellal) พวกคีโตน (ketones) เช่น ทาจีโทน (tagetone), เมนโทน (mentone), คาร์โวน (carvone), พูลิโกน (pulegone), เฟนโชน (fenchone) พวกเอสเทอร์ (esters) เช่น อซิบอร์นิลอะซิเตต (isibornyl acetate) พวกอีเธอร์ (ethers) เช่น อซินิออลซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ พวกเปอร์ออกไซด์ (peroxides) เช่น แอสคาริดอล (ascaridol) พวกฟีนอล (phenols) เช่น ไทมอล (thymol), คาวาครอล (cavacrol)

เซสควิเทอร์ปีนอยด์ (sesquiterpenoids) โครงสร้างของเซสควิเทอร์ปีนอยด์นั้นจะมีพื้นฐานเป็น ไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ คีโตน เป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับพวกโมโนเทอร์ปีน เพียงแต่เซสควิเทอร์ปีนอยด์จะมีโครงสร้างที่ใหญ่กว่า ตัวอย่างของเซสควิเทอร์ปีนอยด์ เช่น พวกไฮโดรคาร์บอน เช่น ลองจิโฟลีน (longifolene) พวกแอลกอฮอล์ เช่น ฟานีซอล (farnesol), คาโรทอล (carotol) พวกคีโตน เช่น โนออตคาโทน (nootkatone) พวกอัลดีไฮด์ เช่น ซินีซอล (sinesals) พวกเอสเทอร์ เช่น ซีดรีลอะซิเตต (ceedryl acetate)

สารประกอบอะโรมาติค (aromatic compounds) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย C_6 (phennyl ring) ที่มี side chain เป็น C_3 (propane) หรือฟีนอลอีเธอร์ (phenol ethers) เป็นส่วนใหญ่ เช่น ยูจินอล (eugenol), อะนิโทล (anethole) นอกจากนี้ในบางครั้ง side chain อาจเป็น C_1 วาเนลลิน (vanilin), เมธิลแอนทรานิเลต (methyl antranilate)

คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหย

เป็นน้ำมันที่ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ ไม่ละลาย หรือ อาจละลายได้เล็กน้อยในน้ำ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญได้แก่

สี ส่วนใหญ่น้ำมันหอมระเหยจะปราศจากสีโดยเฉพาะถ้าบริสุทธิ์มากๆและยังใหม่อยู่ บางครั้งถ้าจะทำให้ปราศจากสีก็จะทำการกลั่นอีกครั้งหนึ่ง (redistillation) แต่หลังจากถูกอากาศจะทำให้มีสีต่างๆเกิดขึ้น เช่น น้ำมันอบเชยเมื่อถูกแสงสว่างหรือสัมผัสอากาศเป็นเวลานานๆน้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม

กลิ่น เป็นกลิ่นเฉพาะตัวของน้ำมันแต่ละอย่างจึงทำให้น้ำมันหอมระเหยมีกลิ่นต่างๆกัน

รส เช่นเดียวกับกลิ่นซึ่งจะแตกต่างกันมาก บางอย่างมีรสหวาน บางอย่างมีรสฉุนร้อน

จุดเดือด น้ำมันหอมระเหยจะมีจุดเดือดกว้างมาก เนื่องจากประกอบไปด้วยสารผสมที่มีองค์ประกอบซับซ้อนหลายชนิดแตกต่างกัน ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยทั้งหลายเท่าที่พบจะมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 150-300 องศาเซลเซียส

การละลาย น้ำมันหอมระเหยละลายได้ใน แอลกอฮอล์, อีเทอร์, คลอโรฟอร์ม, และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นนอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยยังละลายได้ในพวกไขมัน, สารยางเหนียว (resin), น้ำมันพืช ตลอดจนซัลเฟอร์และฟอสฟอรัส

การเสื่อมสลาย น้ำมันหอมระเหยเมื่อถูกแสงและอากาศจะทำให้คุณภาพด้อยลง ความหอมของน้ำมันหอมระเหยจะเปลี่ยนแปลงลดลง น้ำมันหอมระเหยที่มีองค์ประกอบของเทอร์ปีนจะเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์และถ้ายังถูกแสงและอากาศเป็นเวลานาน น้ำมันจะค่อยๆแข็งขึ้นหรือจะเห็นเป็นผลึกเกาะที่ข้างภาชนะบรรจุ(ศิริลักษณ์ ฤทธิ์รักษา, 2539)

การสกัดสารสำคัญจากพืช

การสกัดสาระสำคัญจากพืช/สมุนไพรทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการสกัดเบื้องต้นไม่ว่าจะสกัดด้วยวิธีการใดหรือใช้ตัวทำละลายใด ก็จะได้องค์ประกอบเป็นของผสมหรือสารสกัดอย่างหยาบ (crude extract) ซึ่งเป็นสิ่งที่สกัดออกมาจากสมุนไพรโดยใช้น้ำยาสกัดหรือตัวทำละลาย สารสกัดอย่างหยาบนี้เป็นของผสมขององค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร ซึ่งจะมีทั้งองค์ประกอบที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ซึ่งมักเรียกว่าสารสำคัญ (active constituents) และองค์ประกอบที่ไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (pharmacologically inactive constituents) ซึ่งมักเรียกว่าสารเฉื่อย(inert substances) ชนิดและสัดส่วนขององค์ประกอบในสารสกัดจะแปรเปลี่ยนไปตามคุณภาพของสมุนไพรที่ใช้และสภาวะที่ใช้ในการสกัด

วิธีสกัดพืช/สมุนไพร ที่นิยมใช้มีอยู่ 6 วิธี (รัตนา อินทรานุปกรณ์, 2545)

1. marceration เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด ทำได้โดยคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับสารในพืชสมุนไพรแล้วนำพืชสมุนไพรไปใส่ไว้ในภาชนะปิด เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปชมพู่ หรือโถ ทำการแช่ค้างเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน จากนั้นนำมากรองแล้วบีบเอาสารสกัดออกมาจากกากสมุนไพรให้ได้มากที่สุด นำสารละลายสมุนไพรที่ได้ไปทำการ

กรองแยกเอาเศษสมุนไพรออกให้หมด แล้วจึงนำไปใช้ประโยชน์ต่อ วิธีการนี้มีข้อดีคือสารสกัดจะไม่ถูกความร้อน โอกาสในการสลายตัวของสารก็ลดลงไปแต่วิธีนี้จะเป็นวิธีที่เปลืองตัวทำละลาย ถ้าตัวทำละลายมีราคาแพงมากก็ควรหลีกเลี่ยงไปใช้วิธีอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนในการสกัด

2. percolation เป็นกระบวนการสกัดสารโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า percolator ทำการสกัดแบบต่อเนื่อง โดยการนำเอาพืชสมุนไพรมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วหมักรวมกับตัวทำละลายไว้เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พองตัวเต็มที่ แล้วค่อยๆบรรจุผงยาทีละชั้นลงในpercolator เติมตัวทำละลายลงไปให้ระดับตัวทำละลายอยู่สูงจากพืชสมุนไพรประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงเริ่มไขเอาสารสกัดออก การสกัดสารด้วยเครื่อง percolator ต้องคอยเติมตัวทำละลายเหนือสมุนไพรอย่าให้แห้ง การเก็บต้องบีบกากสารสกัดออกให้มากที่สุด จากนั้นก็นำสารสกัดที่ได้ไปทำการกรองเก็บไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป

3. soxhlet extractor เป็นวิธีการที่ใช้ความร้อนในการสกัดและต้องอาศัยการควบแน่นเข้าช่วย เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง ตัวทำละลายจะต้องมีจุดเดือดต่ำเมื่อระเหยจะนำสารจากพืชสมุนไพรไปด้วย จากนั้นเมื่อถูกความเย็นก็จะกลั่นตัวลงใน thimble ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ เมื่อตัวทำละลายใน extracting chamber สูงขึ้นถึงระดับกาลักน้ำ สารสกัดจะไหลกลับไปในขวดรูปชมพู่ด้วยวิธีกาลักน้ำ ตัวทำละลายก็ระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวกลับมาเป็นตัวทำละลายสกัดสารใหม่วนเวียนไป การใช้ความร้อนจึงอาจทำให้สารที่ระเหยได้ง่ายระเหยออกไป ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะกับการสกัดสารจากพืชสมุนไพรที่มีสารที่ระเหยง่ายเป็นองค์ประกอบ

4. liquid-liquid extractor เป็นการสกัดสารจากสารซึ่งเป็นของเหลวโดยใช้ตัวทำละลายชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับสารตั้งต้น มี 2 แบบ คือ

   4.1.extractant lighterคือ ตัวทำละลายที่ใช้สกัดเบากว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร

   4.2.raffinate lighterคือตัวทำละลายที่ใช้สกัดหนักกว่าตัวทำละลายที่ใช้ละลายสาร

5. extraction of volatile oil ใช้สำหรับการสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการต่างๆเช่นการดูดซับ การใช้ตัวทำละลาย วิธีการใช้แรงบีบอัด การกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งจุดประสงค์เพื่อสกัดเอาน้ำมันระเหยโดยเฉพาะไม่สนใจส่วนประกอบอื่นๆ

6. extraction by thermomicrodistillation เป็นการสกัดโดยอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า thermomicro analysis and seperation ovens เป็นการสกัดสารจากวัตถุดิบขนาดน้อยมาก นำสารใส่ลงไปใน cartridge ซึ่งข้างหนึ่งเป็น seal อีกข้างหนึ่งเป็น capillaries รองรับสารที่ระเหยหรือระเหิดออกมาด้วยแผ่น TLC แล้วนำไปตรวจสอบอีกทีหนึ่ง

น้ำยาสกัดหรือตัวทำละลายในการสกัด (อ้อมบุญ ล้วนรัตน์, 2536)

- น้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดี หาง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียหลายประการ เช่น สามารถละลายองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกมาได้มาก สารเฉื่อยที่ละลายออกมากับน้ำ ได้แก่ น้ำตาล แป้ง ซึ่งเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ นอกจากนี้การใช้น้ำเป็นตัวทำละลายจะทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการระเหยน้ำที่ใช้สกัดออก ซึ่งอาจทำให้สารสำคัญที่ต้องการนั้นเกิดความเสียหาย

- แอลกอฮอล์ เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญที่มีขั้ว (polar active constituent) อาจใช้เป็นเมทธานอล แต่นิยมใช้เอธิลแอลกอฮอล์มากกว่าเพราะราคาถูกและมีความเป็นพิษน้อยกว่า แอลกอฮอล์จัดเป็นตัวทำละลายที่ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ เนื่องจากมีความจำเพาะ(selectivity)ในการละลายมากกว่าน้ำ มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สามารถระเหยแยกออกได้โดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก

- ปิโตรเลียมอีเทอร์ และเฮกเซน ใช้ในการสกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้ว(non polar component) เช่น ไขมัน, สเตียรอยด์, เทอร์พีนอยด์

- คลอโรฟอร์มและอีเทอร์ จัดเป็นตัวทำละลายมีขั้วปานกลาง ใช้สกัดองค์ประกอบที่ไม่มีขั้วไปจนถึงมีขั้วปานกลาง

จากการสืบค้นพบว่าสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ในการต้านทานแบคทีเรีย มีอยู่ในพืชหลายชนิด ส่วนที่ได้จากน้ำมันหอมระเหยแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยในพืชชนิดต่างๆที่มีฤทธิ์ต้านทานแบคทีเรีย

ชื่อพืช	ส่วนประกอบของน้ำมัน	เชื้อที่ให้ผล
Chamomilla recutita L. C. suaveolens Schw. (Compositae)	น้ำมัน	*S . aureus , Mycobacterium* sp. *Corynebacterium michiganense,* *Helminthosporium gramineum,* *Trichothecium roseum, Bacillus cereus*
Citrus aurantifolia Sw. (Rutaceae)	น้ำมัน	*B.anthraceus, Vibrio cholera* *(V. cholera)*
Curcuma zedoria (Rosc.) Roxb. (Zingiberaceae)	น้ำมัน	แบคทีเรียแกรมบวกและแกนลบ
Cupressus torulosa D. Don. (Cupressaceae)	น้ำมันมี D-limonene	*E.coli, B.subtilis, S.aureus*

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยในพืชชนิดต่างๆที่มีฤทธิ์ต้านทานแบคทีเรีย (ต่อ)

ชื่อพืช	ส่วนประกอบของน้ำมัน	เชื้อที่ให้ผล
Dodonia viscose Jacq. ชุมเห็ดเสา (SApindaceae) และ *Duranta plumeri* Lacq. ฟองสมุทร (Verbenaceae)	น้ำมัน	*S. albus*
Eucalyptus globules Labill. (Myrtaceae)	น้ำมันมี cineole	*B. subtilis, S. aureus*
Eupatorium odoratum L.	น้ำมัน	*S. aureus, E. coli*
Geranium sp. (Geraniaceae)	น้ำมันมี fenchone, p-cymol, limonene	*E.coli, Proteus sp., B.cereus, Bacillus mesentericus, S.aureus*
Helichrysum italicum G.Don (Compositae)	น้ำมันมี nerol, geraniol, eugenol, pinene, furfurol	*S.aureus, E.coli,Mycobacterium* B_5
Ocimum basilicum L. โหระพา (Labiatae)	น้ำมันมี thymol, euganol	*E.coli ,Proteus sp.,B.cereus, B.mesentericus, S.aureus*
Rosmarinus officinale L. (Labiatae)	น้ำมัน	แบคทีเรียแกรมบวก
Acantospermum hispidium DC. (Compositae)	นำมันจากใบ	*Bacillus pumilis (B. pumilis), B. subtilis, Bacillus diptheriae (B. diphtheriae), S. typhi, S. dysenteriae*
Atalantia monophylla Corr. มะนาวผี (Rutaceae)	น้ำมันจากใบประกอบด้วย 1-sabiene, citral, 1-linalool, d-limonene, 1-linalyl acetate, chamazulene, guaiol	แบคทีเรียแกรมบวกและลบ
Capillipedium foetidum Lisboa Bomb.	น้ำมัน	*Staphylocoocus albus (S. albus), B. subtilis, Bacillus mycopides (B. mycopides), B. pumilis, Salmonella, Shigella, Vibrio, Xanthomonas*

ที่มา: สุรัตนา อำนวยผล, 2537

จุลินทรีย์ในผักผลไม้

นอกจากผักผลไม้จะมีการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีแล้ว ยังมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยอาจมาจากดิน น้ำ หรือปุ๋ย (Brackett, 2000) ชนิดของแบคทีเรียที่มักพบในดินและทำให้เกิดโรค คือ *Bacillus* sp., *Clostridium* sp. และ *Listeria* sp. โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์ที่ทนต่อความร้อน เช่น *Clostridium botulinum* และ *Clostridium perfringens* บริเวณพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มักมีจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ปะปนออกมากับสิ่งขับถ่าย ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดโรคในมนุษย์ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยคอกกับพืชอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อสู่อาหาร เช่น มีการตรวจพบแบคทีเรีย *Salmonella typhimurium* และ *Escherichia coli* O157:H7 ที่ใบและรากของผักที่ปลูกโดยการใช้ปุ๋ยคอก (Natving et al , 2002) นอกจากนี้ยังพบ *Salmonella* sp, *Escherichia coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* (Tauxe, 1997, Brackett, 1999) ผักผลไม้ต่างชนิดกันจะมีจำนวนและชนิดจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนต่างกัน ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเริ่มต้นจะบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยหากมีจุลินทรีย์เริ่มต้นปนเปื้อนในวัตถุดิบมาก จะทำให้ผักผลไม้มีคุณภาพด้อยลงและมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าปกติ (Zagory, 1999) พืชหัวซึ่งมีลำต้นและรากใต้ดิน หรือพืชผักขนาดเล็กที่มีลำต้นเตี้ยและใบอยู่ใกล้พื้นดิน มักพบการปนเปื้อนค่อนข้างสูง อัตราการปนเปื้อนจะสูงขึ้นในฤดูฝน เนื่องจากเมื่อฝนตกเศษดินอาจกระเด็นมาติดตามใบและลำต้นพืช นอกจากนี้การที่เซลล์พืชถูกทำลายจากแมลงหรือนก ซึ่งทำให้เกิดบาดแผล ส่งผลให้จุลินทรีย์เข้าทำลายเซลล์ได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นจะพบว่ามีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ในทุกขั้นตอนของการผลิต แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษและมักพบปนเปื้อนมากับผักผลไม้พร้อมบริโภค เช่น *Escherichia.coli* , *Salmonella* sp. , *Staphylococcus aureus* , *Clostridium perfringens* และ *Bacillus cereus* สำหรับ *Salmonella* จะทำให้เกิดอาการ คลื่นเหียน อาเจียน ปวดท้อง ท้องร่วง ปวดศีรษะ หนาวสั่น *Staphylococcus aureus, Bacillus cureus* มีอาการคล้ายกับการได้รับ *Salmonella* ส่วน *Clostridium* นอกจากคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วงแล้ว หากรุนแรงก็อาจถึงตายได้ เชื้อทั้ง 5 ชนิดนี้ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ นอกจากนี้ยังพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงสุขอนามัยของอาหารและของโรงงานผลิตอาหาร

E. coli O157: H7 เป็นสายพันธุ์หนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตในร่างกายมนุษย์ได้ภายหลังได้รับเชื้อนี้เข้าสู่ร่างกาย *E. coli* O157: H7 มีความสามารถในการทนทานสภาวะที่เป็นกรดได้ที่ pH 2.5 และอุณหภูมิ 37องศาเซลเซียส (Benjamin and Datta, 1995, Buchanan et al, 1996) เพราะฉะนั้น *E. coli* O157: H7 จึงรอดพ้นจากสภาวะกรดในกระเพาะอาหาร

นอกจากนี้มักพบ *E. coli* O157: H7 ในหัวผักกาดขาว ผักประเภทกะหล่ำปลีและแตงกวา ซึ่งผักเหล่านี้เป็นผักที่นิยมบริโภคสดทั้งสิ้น และจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถถูกทำลายได้โดยการให้ความร้อน (Buchanan and Doyle ,1997)แต่ในอาหารประเภทสลัดผักไม่มีการให้ความร้อนจุลินทรีย์ชนิดนี้จึงก่ออันตรายได้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในผักสลัดจากสถานที่ต่างๆ พบว่ามี Coliform มากกว่า1,100 MPN/ g และ *E. coli* อยู่ในช่วง 23 MPN/ g - มากกว่า 1,100 MPN/ g (ฝ่ายบริการข้อมูล / ฝ่ายบริการทดสอบ สถาบันอาหารองค์กรอิสระในสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม , พ.ศ.2542)

การลดจุลินทรีย์ในอาหารและผักสด

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพกันมาก และเกิดความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของสารเคมีสังเคราะห์ต่างๆ ที่นำมาใช้ลดการปนเปื้อนในอาหาร โดยเฉพาะพวกผัก-ผลไม้ และมีแนวโน้มที่จะหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผลิตภันณ์ที่สกัดมาจากพืชสมุนไพร และเครื่องเทศ เนื่องจากสมุนไพรและเครื่องเทศหลายชนิดจะมีสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ Sherman (1998) รายงานว่าเครื่องเทศที่ใช้ในตำรับอาหารท้องถิ่นของประเทศต่างๆ ที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์มีประมาณ 30 ชนิด ได้แก่ กระเทียม(garlic) หอม (onion) ออลไปส์ (allspice) ออริกาโน่ (oregano) เบย์ลิฟ (bay leaf) พริก (capsicum) โรสแมรี่ (rosemary) มาร์จอร์แรน (marjoram) มัสตาร์ด (mustard) คาราเวย์ (caraway) มิ้น (mint) แซก (sage) เฟนเนล (fennel) ผักชี (coriander) ผักชีลาว (dill) จันทร์เทศ (nutmeg) โหรพา (basil) ผักชีฝรั่ง (parsley) เรว (cardamom) พริกไทย (pepper) ขิง (ginger) เมล็ดโป๊ยกัก (anise seed) เมล็ดคื่นฉ่าย (celery seed) มะนาว(lemon/ lime) ในจำนวนนี้มีเครื่องเทศ 4 ชนิด ที่มีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียได้ดีทุกชนิด สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา คือ กระเทียม หอม ออลไปส์ (allspice) และออริกาโน ส่วนทิม (thyme) อบเชย ทาร์รากอน (tarragon) และขมิ้น จะฆ่าแบคทีเรียได้ประมาณ 80% สำหรับพริกขี้หนูหรือพริกที่มีความเผ็ดจะมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้ปานกลาง จะฆ่าหรือยับยั้งแบคทีเรียได้ถึง 75% ส่วนเครื่องเทศพวกพริกไทยดำหรือพริกไทยขาว ขิง เมล็ดโป๊ยกัก เมล็ดคื่นฉ่าย และน้ำมะนาวจะยับยั้งแบคทีเรียได้ประมาณ 25% เท่านั้น มีนักวิจัยหลายท่านนำสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรและเครื่องเทศมาทดลองยับยั้งเชื้อโรคในอาหาร ซึ่งนอกจากจะมีความปลอดภัยแล้ว สารสกัดจากสมุนไพรและเครื่องเทศส่วนใหญ่ยังมีสมบัติเป็นสาร antiradical และ antioxidant ด้วย ที่จะช่วยรักษาคุณภาพของอาหารและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ผักสดและผลไม้ เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของคนมนุษย์ ให้สารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ช่วยรักษาสมดุลของร่างกาย ทำให้ระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายดีขึ้น อย่างไรก็ตามผักสดและผลไม้ก็อาจก่อให้เกิดโทษได้ ถ้าหากผักสดและ

ผลไม้นั้น มีการปนเปื้อนเชื้อโรค พยาธิและสารเคมีที่เป็นอันตราย ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคผักสด หรือผลไม้ ต้องรู้จักป้องกัน เพื่อให้ได้ผักสดที่สะอาดปลอดภัย มีวิธีการลดปริมาณเชื้อโรค และตัวอ่อนพยาธิ สารพิษตกค้างในผักสด ด้วยวิธีการต่างๆดังนี้

1. ปอกเปลือก หรือลอกเปลือกชั้นนอก ของผักสดออกทิ้ง แกะเป็นกลีบหรือแกะใบออกจากต้น หรือตัดส่วนขอบรอบนอกออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด

2. ใช้น้ำคลอรีน วิธีนี้นิยมใช้ในต่างประเทศ โดยใช้น้ำคลอรีนเข้มข้น 200-300 ppm ล้างผักก่อนที่จะบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ (Bagamboula et al, 2003)

3. ใช้น้ำโซดา (โซเดียมไบคาร์บอเนต 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 4 ลิตร)

Reagor et al, (2002) พบว่าสารสกัดจากเมล็ด Grapefruit สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ โดยทำการทดลองในแตงกวา(ทั้งลูกและหั่นเป็นชิ้น) ซึ่งเชื้อที่นำมาศึกษาในงานทดลองนี้ คือ *Salmonell*a spp. 3 สายพันธุ์ และ *Listeria monocytogenes* 3 สายพันธุ์

Mehmet และ Ilkin (2005) พบว่าน้ำองุ่นดิบสามารถยับยั้ง *Salmonella typhimurium* ได้ โดยเชื้อที่นำมาศึกษาในงานทดลองนี้ คือ *Salmonella typhimurium* NRRL-B-4420 และ *Salmonella typhimurium* CCM 583 ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการยับยั้งขึ้นกับสายพันธุ์ของจุลินทรีย์และชนิดของผักที่นำมาทดสอบ

มะแขว่น*Zanthoxylum limonella* (Leech) Alston เป็นพืชเครื่องเทศพื้นบ้านทางเหนือ เช่น จังหวัดน่าน ซึ่งเชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตมะแขว่นที่มีคุณภาพดี มีมากในอำเภอ สองแคว อำเภอ นาหมื่น อำเภอนาน้อยและอำเภอปัวเป็นต้น ในแต่ละปี จังหวัดน่านผลิตมะแขว่นได้จำนวนมาก อย่างเช่นปี 2550 ผลิตได้กว่า 50 ตัน

สรรพคุณทางอาหาร ผลและใบทั้งสดและแห้ง ใช้เป็นเครื่องเทศชูรสอาหาร โดยเฉพาะอาหารทางภาคเหนือหลายประเภท เช่น ลาบ หลู้ ยำและแกงต่างๆ ช่วยให้อาหารมีรสเผ็ดร้อน และมีกลิ่นหอม

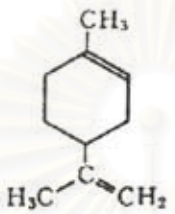
สรรพคุณทางยาแผนโบราณหรือตำรับยาแผนไทย ใช้ผลเป็นส่วนประกอบในยาบำรุงหัวใจ แก้โลหิตเป็นพิษ บำรุงโลหิต บำรุงธาตุ ขับลมในทางเดินอาหาร เจริญอาหาร แก้วิงเวียนศรีษะ ขับระดูในสตรี แต่ไม่ใช้กับหญิงมีครรภ์และให้นมบุตร

ปัจจุบัน มีรายงานการวิจัยพบว่า น้ำมันหอมระเหย (essential oil) และ สารสกัดจากผลมะแขว่น ทำให้เกิดการบีบตัวและหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ หลอดเลือดที่เลี้ยงหัวใจ กล้ามเนื้อของท่อทางเดินอาหารและกล้ามเนื้อเรียบส่วนต่างๆ ของอวัยวะภายใน ซึ่งน่าจะส่งผลดีต่อระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบทางเดินอาหารและระบบหายใจ สารสกัดหยาบจากผลมะแขว่น มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) และมีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค

หลายชนิด สามารถต้านการเจริญเติบโตของเนื้องอกในสัตว์ทดลอง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ทดลอง (นัตจุฑามณี เลิศลีลากิจจา ,2549)

สารเคมีสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากผลมะแขว่น โดยวิธีแกสโครมาโตกราฟฟี พบว่าประกอบด้วยสารเคมีหลัก ๆ ดังนี้ limonene 31.09%, terpin-4-ol 13.94%, sabinene 9.13%

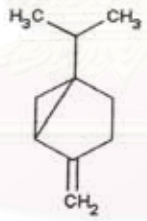
limonene (ไลโมนีน)



ไลโมนีน

ไลโมนีน เป็นน้ำมันหอมระเหยที่พบในพืชตระกูลซิตรัส เช่น ส้มและมะนาว เป็นสารประกอบคาร์บอนพันธะคู่เรียกว่า อัลคีน (alkene) ชนิดหนึ่ง มีสูตรทางเคมีว่า $C_{10}H_{16}$ มีความถ่วงจำเพาะ 0.84 g/cm3 มี 2 รูปแบบ คือ ไลโมนีนที่พบในธรรมชาติมี 2 รูปด้วยกัน คือ L-limonene ซึ่งมีกลิ่นคล้ายน้ำมันสน และ D-limonene ซึ่งมีกลิ่นหอมของส้ม

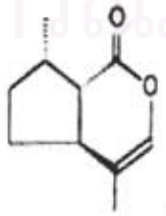
sabinene(ซาบินีน)



ซาบินีน

ซาบินีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และกรดอินทรีย์ (organic acid) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

terpin-4-ol(เทอร์ปีน)



terpin-4-ol

terpin-4-ol เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ที่มีฤทธิ์ฆ่าจุลินทรีย์ ส่วนใหญ่จะพบอยู่ใน tea tree essential oil

วิธีการดำเนินงานวิจัย

คัดเลือกพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

คัดเลือกพืชโดยแบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารได้แก่ ย่านาง สลอด ผักคราดหัวแหวน ใช้ส่วนของใบและต้นในการทดสอบ ช้าแป้น(ใบ) มะเกลือ พะยอม (เปลือกและเนื้อไม้) เพกา (เปลือกต้น) สะค้าน(เถาต้น) ยอ มะแข่วน(ผล) และเมล็ดฝิ่น(poppy seed) กลุ่มที่มีการนำมาใช้ในการรักษาโรคของคนหรือสัตว์ ได้แก่ สีเสียดเหนือ กอมขม หว้า ใช้ส่วนเปลือกต้น ช้าแป้น(ผ้าแป้ง) หญ้าคอตุง ใช้ส่วนของใบ สมอพิเภก เบญกานีและกระเบาใช้ส่วนของผล ข้าวเย็นเหนือ ไพล ขมิ้นอ้อยใช้ส่วนของหัว ตัวอย่างพืชต่าง ๆ ที่จะนำมาทดลองถ้าอยู่ในสภาพสดจะนำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาสกัด

การสกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลาย (อ้อมบุญ, 2536)

1 นำตัวอย่างพืชมาบดให้ได้น้ำหนักประมาณ 75 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml. ขวดละ 75 กรัม แล้วเติมสารตัวทำละลายจนมีปริมาตรเป็น2ใน3ของขวด ปิดปากขวดด้วย aluminum foil เพื่อป้องกันการระเหย เขย่าขวด ทิ้งไว้ 7 วัน

2. กรองเอาเฉพาะส่วนสารละลายโดยใช้ suction flask กรองผ่านผ้าขาวบางและกระดาษกรอง แล้วนำส่วนของเหลวที่ได้ไประเหย solvent ออกด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator จนกระทั่งระเหย solvent ออกไปหมด

3. นำสารสกัดที่ได้มาละลายในสารละลาย DMSO ให้มีความเข้มข้น 100 mg /l

4. นำสารละลายที่ได้มาทำให้ปลอดเชื้อโดยกรองผ่าน cellulose acetate syring filter ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.2 μm. เก็บในขวดสีชาปลอดเชื้อ ที่อุณหภูมิ $10^{\circ}C$.

พืชบางชนิดที่มีข้อมูลองค์ประกอบของสารเคมีสำคัญ จะเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ เช่น ลูกยอมีสารสำคัญเป็นพวกแอนทราควิโนน จึงใช้เอทิลแอลกอฮอล์95%ในการสกัด กระเบา (ผล)มีสารhydrocarpin ที่ละลายได้ดีในปิโตรเลียมอีเทอร์ เช่นเดียวกับ ไพล เหง้าขมิ้นและเมล็ดฝิ่น ดังนั้นจึงสกัดด้วย ปิโตรเลียมอีเทอร์.ส่วนพวกที่มีน้ำมันหอมระเหยจะสกัดด้วยวิธีการกลั่น

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โดยวิธี broth dilution

1. เตรียมจุลินทรีย์ที่จะนำมาใช้ในการทดลอง (Carson, 1995)

1.1 เตรียม stock เชื้อจุลินทรีย์ 4 ชนิด คือ *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* โดยนำเชื้อมาทำให้ active ในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปsteak บน nutrient agar slant จากนั้นบ่มที่37°C 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ $10^{\circ}C$ เพื่อเก็บเป็น stock เชื้อไว้ใช้ต่อไป

1.2 เตรียม McFarland 0.5 standard โดยใช้ $BaCl_2$ ความเข้มข้น 0.048 M ปริมาตร0.5 ml ผสมกับ H_2SO_4ความเข้มข้น0.18M ปริมาตร 99.5 ml เขย่าให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อจะนำมาใช้ควรเขย่าก่อนทุกครั้ง

1.3 นำ McFarland 0.5 standard มาทดสอบหาช่วงคลื่นที่มีความสามารถ ในการดูดกลืนแสงสูงที่สุด(A_{max}) เพื่อนำความยาวคลื่นนั้นมาใช้ในการทดลองต่อไป

1.4 นำcell massของแบคทีเรียที่อยู่ใน slant ใส่ลงในอาหาร Mueller Hinton broth ให้มีความขุ่นใกล้เคียงกับ McFarland 0.5 standard การเทียบความขุ่นจะใช้ spectrophotometer วัดความสามารถในการดูดกลืนแสง เมื่อปรับให้มีความขุ่นใกล้เคียงกันแล้ว เชื้อในbrothที่ได้จะมีความเข้มข้น 10^7-10^8 CFU/ml จากนั้นจึงนำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นลดลงเป็น 10^4-10^5 CFU/ml

2. ทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดังนี้ (Koneman et al, 1983)

2.1 จัดหลอด Mueller -Hinton broth ใส่ใน rack เป็น 5 แถวๆละ 8 หลอดโดย แต่ละหลอดมีปริมาตร 3 ml

2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 3 ml ลงใน Mueller-Hinton broth หลอดแรกของแต่ละแถว เขย่าผสมด้วย vortex mixer จะทำให้ได้สารตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1000 μg/ml

2.3 ปิเปตสารละลายจากหลอดแรกของแถว ปริมาตร 3 ml ใส่ลงในหลอดที่ 2 ของแถว เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารตัวอย่างความเข้มข้น 500 μg/ml

2.4 ปิเปตสารละลายจากหลอดที่ 2 ของแถว ปริมาตร 3 ml ใส่ลงในหลอดที่ 3 ของแถว เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จะได้สารตัวอย่างความเข้มข้น 250 μg/ml

2.5 ใช้วิธีเช่นเดียวกันนี้ทำการเจือจางหลอดที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ให้มีความเข้มข้น 125, 62.5, 31.25, 15.6 และ 7.8 μg/ml ตามลำดับ

2.6 ทำการเจือจางตามขั้นตอน 2.3 ถึง 2.5 จนครบทั้ง 5 แถว

2.7 ใช้ autopipette ดูดsuspension ของ *Staphylococcus aureus* ที่มีความเข้มข้น 10^{-4} cfu/ml ใส่ลงในสารละลายตัวอย่างที่เจือจางไว้แล้วทั้ง 8 หลอดในแถวแรก โดยใส่ลงไปหลอดละ 10 μl แล้วเขย่าให้เข้ากัน

2.8 ทำเช่นเดียวกันนี้แต่เปลี่ยนเชื้อเป็น *Salmonella* spp. *Escherichia coli* และ *Bacillus cereus* ใส่ลงในหลอดแถวที่ 2, 3และ 4 ตามลำดับ ส่วนแถวที่ 5 ใช้เป็นหลอด control

2.9 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลโดยดูหลอดสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อ ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อจะใสเหมือนหลอด control ถือว่าที่ความเข้มข้นนั้นเป็นค่า MIC (minimum inhibition concentration) (Andrews,2001)

2.10 ใช้ปิเปตดูดสารละลายในหลอดทดลองที่ไม่มีเชื้อเจริญเติบโต จากข้อ 2.4 มา 0.1 ml หยดลงบน nutrient agar แล้วทำการ spread plate จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ^{0}C เป็นเวลา 24-48

ชั่วโมง หากพบว่า plate ใดที่มีความเข้มข้นของสารสกัดต่ำที่สุดที่ไม่มีจุลินทรีย์ขึ้นเลย ให้ถือเป็นค่า MBC(minimum bactericidal concentration)

2.11 ทำการคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่ให้ค่า MIC สูงสุด และยับยั้งแบคทีเรียที่ทดสอบได้ทุกชนิด

การศึกษาเบื้องต้นในการลดปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมด้วยสารสกัด

เตรียมสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ เจือจางสารที่สกัดได้ด้วย tween 80 เข้มข้น 10% (ปฐมพงษ์ เอี่ยม-บุญฤทธิ์ และคณะ, 2547) ให้มีความเข้มข้น 0, 3.13, 6.25, 12.50 และ 25 % ตามลำดับ (วิธีการเตรียมอยู่ในส่วนภาคผนวก ก) แต่ละความเข้มข้นมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยเตรียมในขวดแก้วที่มีฝาปิดและผ่านการฆ่าเชื้อ เพื่อนำไปใช้ล้างผักต่อไป

การล้างผัก นำใบผักกาดหอมมาแบ่งเป็น 5 ส่วน ๆ ละ .30 กรัม ส่วนแรกเก็บไว้เป็นตัวควบคุม (control) สำหรับตรวจนับปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นที่มีในใบผัก ส่วนที่ 2-5 จะนำมาผ่านการล้างด้วย suspension ของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้เวลาล้างด้วยการแช่ นาน 1 3 และ 5 นาที จากนั้นนำแต่ละส่วนไปตรวจนับแบคทีเรียที่เหลืออยู่โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 2-3 วัน แล้วบันทึกผล

การทดสอบความสามารถของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้ในการลดปริมาณแบคทีเรีย ในผักกาดหอม

4.1.เตรียมสารสกัดความเข้มข้นต่าง ๆ

เจือจางสารสกัดที่กลั่นได้ให้มีความเข้มข้น 1% , 0.5% , 0.1% , 0.05% และ 0.01% v/v ตามลำดับ แต่ละความเข้มข้นมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยเตรียมในขวดแก้วที่มีฝาปิดและผ่านการฆ่าเชื้อ เพื่อนำไปใช้ล้างผักต่อไป

4.2 การเตรียมผักกาดหอม

เตรียมผักกาดหอม 3 ชุดแต่ชุดละแบ่งออกเป็น 3 ตัวอย่าง โดยใช้ใบผักกาดหอมด้านนอกจากต้นเดียวกันน้ำหนัก 30 กรัม เพื่อผ่าน treatment ต่างๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 ไม่ล้างน้ำ (control)

ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยนำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำออกมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน (เนื่องจากได้ทดลองเก็บใบผักกาดหอมหลังจากการล้าง พบว่าการเก็บที่มากกว่า 2 วันใบผักกาดหอมจะเหี่ยวและมีบางส่วนเริ่มเน่า จึงไม่เหมาะแก่การนำมาประกอบอาหารเพื่อรับประทาน)

ชุดที่ 2 ล้างน้ำ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว)

นำผักกาดหอมทั้ง 3 ตัวอย่าง แช่ในน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที (เนื่องจากได้ทำการทดลองแปรเวลาโดยการแช่ผักกาดหอมนานกว่า 5 นาที จะทำให้ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล) แล้วเอาขึ้นจากน้ำ นำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน แล้วบันทึกข้อมูล

ชุดที่ 3 ล้างด้วย suspension ของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละความเข้มข้นในการลดปริมาณแบคทีเรีย

นำผักกาดหอมทั้ง 3 ตัวอย่าง แช่ใน suspension ของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้ความเข้มข้น 0.01% v/v แล้ว ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที

นำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำออกมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน แล้วบันทึกข้อมูล

ทำซ้ำข้อ 1-2 เมื่อแช่ใน suspension ของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกได้ที่ความเข้มข้นอื่น คือ 0.05 , 0.1 , 0.5 และ 1% v/v

การลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในผักกาดหอมด้วยน้ำปั่นผลพืชที่คัดเลือกได้

5.1.<u>การเตรียมน้ำปั่นผลพืชที่คัดเลือกได้</u>

5.1.1 บดผลพืชแห้งที่คัดเลือกได้ให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสแตนเลนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

5.1.2 เตรียมพืชที่คัดเลือกได้ผสมกับน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (จากข้อ 2) ที่ความเข้มข้นต่างๆดังนี้ 5% , 10% , 15% , 20% , 25% , 40% และ 50% w/w ตามลำดับ (ในการทดลองใช้ความเข้มข้นของน้ำผลพืชที่คัดเลือกได้แห้งปั่นสูงสุดที่ 50% w/w เพราะเมื่อนำผลพืชที่คัดเลือกได้แห้งที่ปั่นแล้วมาผสมกับน้ำเพื่อเตรียมให้มีความเข้มข้นสูงกว่านี้ พบว่า พืชที่คัดเลือกได้แห้งปั่นดูดน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้มีปริมาณน้ำที่เหลืออยู่น้อยมากและไม่สามารถนำมาล้างผักกาดหอมได้ จึงเลือกใช้ความเข้มข้นดัง กล่าวเป็นความเข้มข้นสูงสุด) และผสมให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้องเป็นเวลา 5 นาที(เนื่องจากได้ทดลองแปรเวลาที่ตั้งทิ้งไว้กับความสามารถในการลดปริมาณจุลินทรีย์ ซึ่ง

เวลาที่มากกว่า 5 นาที ไม่มีผลในการเพิ่มความ สามารถในการลดปริมาณจุลินทรีย์)

5.1.3 กรองกากพืชที่คัดเลือกได้ออก โดยใช้ผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำ สารละลายที่ได้มาใช้ในการทดลองต่อไป

5.2. การเตรียมผักกาดหอม

เตรียมผักกาดหอม 3 ชุด แต่ละชุดแบ่งออกเป็น 3 ตัวอย่าง โดยใช้ใบผักกาดหอมด้านนอกจากต้นเดียวกันน้ำหนัก 30 กรัม เพื่อผ่าน treatment ต่างๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 ไม่ล้างน้ำ (control)

ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยนำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน (เนื่องจากได้ทดลองเก็บใบผักกาดหอมหลังจากการล้าง พบว่าการเก็บที่มากกว่า 2 วันใบผักกาดหอมจะเหี่ยวและมีบางส่วนเริ่มเน่าจึงไม่เหมาะแก่การนำมาประกอบอาหารเพื่อรับประทาน)

ชุดที่ 2 ล้างน้ำ (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว)

นำผักกาดหอมทั้ง 3 ตัวอย่าง แช่ในน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที (เนื่องจากได้ทำการทดลองแปรเวลาโดยการแช่ผักกาดหอมนานกว่า 5 นาที จะทำให้ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล) แล้วเอาขึ้นจากน้ำ

นำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำออกมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน แล้วบันทึกข้อมูล

ชุดที่ 3 ล้างน้ำผลพืชที่คัดเลือกได้แห้งปั่น

นำผักกาดหอมทั้ง 3 ตัวอย่าง แช่ใน น้ำผลพืชที่คัดเลือกได้แห้งปั่นความเข้มข้น 5 % w/w แล้ว ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วเอาขึ้นจากน้ำ นำ 1 ตัวอย่าง มาตรวจนับแบคทีเรียทันทีบนอาหาร PCA ด้วยวิธี spread plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน และอีก 2 ตัวอย่าง จะเก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) จากนั้นจะนำออกมาตรวจนับแบคทีเรียหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 2 วัน แล้วบันทึกข้อมูล

ทำซ้ำข้อ 1-2 เมื่อแช่ใน น้ำผลพืชที่คัดเลือกได้แห้งปั่นที่ความเข้มข้นอื่น คือ10, 15, 20, 25, 40 และ 50 % w/w

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คัดเลือกพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

ได้สกัดพืชที่ได้คัดเลือกไว้ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารได้แก่ย่านาง ช้าแป้น สลอด ผักคราดหัวแหวน มะเกลือ พะยอม มะแข่วน สะค้าน ยอและเมล็ดฝิ่น(poppy seed) โดยใช้ ตัวทำละลาย เอธานอล 95 % chloroform และ Petroleum ether สำหรับพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยจะใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ผลการสกัดดังแสดงตารางที่ 4 จะเห็นว่า ethanol 95 % จะสกัดสารจากพืชสมุนไพรได้ yield มากกว่า สารสกัดชนิดอื่น แสดงว่าสารสกัดจากพืชส่วนใหญ่เป็นพวกที่มีขั้ว และส่วนน้อยเป็นพวกไม่มีขั้ว.

ตารางที่ 4 ผลการสกัดสารต้านจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรตัวอย่าง

ชนิดพืชสมุนไพร	ส่วนที่ใช้	%yield			
		ethanol 95%	chloroform	petroleum ether	distillation
ย่านาง	ใบ	8.51	-	-	-
ช้าแป้น	ใบ	12.4	-	-	-
สลอด	ใบ	8.55	-	-	-
ผักคราดหัวแหว	ทั้งต้น	5.16	3.01	1.31	-
มะเกลือ	เปลือกต้นและเนื้อไม้	13.31	0.57	0.41	-
พะยอม	เปลือกต้นและเนื้อไม้	18.02	-	-	-
มะแขว่น	ผล	-	-	-	6.69
สะค้าน	ลำต้น	2.34	1.25	0.73	-
เพกา	เปลือกต้น	2.56	0.66	0.29	-
ยอ	ผล	7.18	-	-	-
เมล็ดฝิ่น	เมล็ด	-	-	26.98	-

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำ

และเมื่อนำ crude extract ที่ได้ไปทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษบางชนิดได้แก่ *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus,*และ *Bacillus cereus* ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าสารสกัดจากน้ำมันหอมระเหยของมะแขว่น สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบได้ทั้ง 4 ชนิด โดยยับยั้ง *Salmonella* spp. ได้ดีที่สุด มีค่า MICและMBC เท่ากับ 259ไมโครกรัม/

มิลลิลิตร และยับยั้ง *Bacillus cereus* ได้น้อยที่สุด มีค่า MICและMBC เท่ากับ 1036และ2073 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากผลยอ ด้วยเอทธานอล 95 % และ เมล็ดฝื่นด้วย ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ ก็สามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบได้ทั้ง 4 ชนิดเช่นกัน โดยสารสกัดจากผลยอจะยับยั้ง *E. coli* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MICและMBCเท่ากับ 2553และ3282 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากเมล็ดฝื่นจะยับยั้ง *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากันคือ1170 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และมีค่าMBCเท่ากับ3276และ2632ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ อย่างไรก็ตามความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 4 ชนิด ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นจะดีกว่า สารสกัดจากผลยอและเมล็ดฝื่น เมื่อเทียบจากค่า MICและMBC

สารสกัดจากพืชชนิดอื่นจะยับยั้งแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบได้บางชนิดเท่านั้น โดยสารสกัดจากใบสลอดและใบช้าแป้น เมื่อสกัดด้วย เอทธานอล 95 % จะยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด ดีกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ทั้งหมดในกลุ่มนี้ที่นำมาทดลอง โดยมีค่า MIC เท่ากันคือ 7.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนค่าMBCของใบสลอดต่อเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* มีค่าเท่ากับ7.8และ62.5ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ สำหรับค่าMBCของใบช้าแป้นต่อเชื้อ *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* มีค่าเท่ากับ31.5และ125ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ รองลงไปคือสารสกัดจากเปลือกและเนื้อไม้ พะยอม ด้วย เอทธานอล 95 % ในการยับยั้ง *Salmonella* spp. โดยมีค่า MICและMBC เท่ากับ 15.6และ125 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ และสารสกัดจากใบและต้นของผักคราดหัวแหวน ด้วยสารปิโตรเลียมอีเธอร์ ในการยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* โดยมีค่า MIC และMBC เท่ากันคือ 31.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสารสกัดจากพืชอื่น ๆ ที่นำมาทดลองจะยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดสอบได้บางชนิด โดยมีค่า MICและMBC แตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของพืชและสารละลายที่ใช้ในการสกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบหาความสามารถในการยับยั้งและทำลายแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชสมุนไพร

ชนิดสมุนไพร	solvent ที่ใช้สกัด	*B. cereus*		*Samonella*		*S. aureus*		*E. coli*	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
มะเกลือ	EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-
	C.F.	-	-	250	1000	-	-	-	-
	P.E.	250	1000	-	-	500	1000	-	-
เพกา	EtOH	250	500	500	1000	500	500	-	-
	C.F.	-	-	-	-	500	1000	-	-
	P.E.	-	-	500	1000	-	-	-	-
สะค้าน	EtOH	-	-	500	1000	-	-	-	-
	C.F.	-	-	-	-	-	-	-	-
	P.E.	250	1000	-	-	-	-	-	-
ผักคราดหัวแหวน	EtOH	125	125	-	-	-	-	-	-
	C.F.	-	-	125	1000	-	-	-	-
	P.E.	31.25	31.25	500	500	125	500	-	-
พะยอม	EtOH	-	-	15.6	125	-	-	250	-
สลอด	EtOH	7.8	7.8	-	-	7.8	62.5	-	-
มะแขว่น	Distil	1036	2073	259	259	518	1295	777	1036
ช้าแป้น	EtOH	7.8	31.25	-	-	7.8	125	-	-
ย่านาง	EtOH	-	-	-	-	-	-	-	-
ขอ	EtOH	4741	5105	2917	3647	3282	3647	2553	3282
เมล็ดฝิ่น	P.E	2924	-	1170	3276	1170	2632	4386	-

หมายเหตุ หน่วยของ MIC และ MBC คือ µg/ml

C.F : chloroform, P.E : petroleum ether, EtOH : ethanol, Distil :distillation

– : หมายถึง ความเข้มข้นที่ใช้ทดลองยังไม่สามารถยับยั้งหรือทำลายเชื้อที่ใช้ทดสอบได้

MIC(minimum inhibition concentration) ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้

MBC (minimal bactericidal concentration) ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้

ส่วนการสกัดสารจากพืชที่คัดเลือกไว้ในกลุ่มที่มีการนำมาใช้ในการรักษาโรคของคนหรือสัตว์ ได้แก่ สีเสียดเหนือ กอมขม เบญกานี ข้าวเย็นเหนือ หว้า หญ้าคอตุง สมอพิเภก ไพล ขมิ้นอ้อย และ

กระเบา โดยใช้ ตัวทำละลาย เอธานอล 95 % chloroform และpetroleum ether ผลการสกัดดังแสดงใน ตารางที่ 6 พบว่าส่วนใหญ่ ethanol 95 % จะสกัดสารจากพืชสมุนไพรได้ yield มากกว่า สารสกัดชนิดอื่น

ตารางที่ 6 ผลการสกัดสารยับยั้งจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรตัวอย่าง

ชนิดพืชสมุนไพร	ส่วนที่ใช้	%yield		
		ethanol 95%	chloroform	petroleum ether
สีเสียดเหนือ	เปลือกต้น	15.99	0.46	0.13
กอมขม	เปลือกต้น และเนื้อไม้	1.33	1.66	0.33
เบญกานี	ผล	31.89	0.15	0.07
ข้าวเย็นเหนือ	หัว	19.46	0.68	0.12
หว้า	เปลือกต้น	5.77	-	-
หญ้าคอตุง	ใบและต้น	22.25	-	-
สมอพิเภก	ผล	18.41	0.24	0.23
ไพล	เหง้า	-	-	0.93
ขมิ้นอ้อย	เหง้า	-	-	0.39
กระเบา	ผล	-	-	7.85

หมายเหตุ - ไม่ได้ทำ

เมื่อนำ crude extract ที่ได้ไปทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษบางชนิด ได้แก่ *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus,*และ *Bacillus cereus* ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าสารสกัดจากเปลือกต้นสีเสียดเหนือ ด้วย เอทธานอล 95 % สามารถยับยั้ง แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบได้ทั้ง 4 ชนิด โดยยับยั้ง *E. coli* ได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 31.25 และ 500ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ และยับยั้ง *Salmonella* spp. ได้น้อยกว่าเชื้ออื่น ๆ โดยมีค่า MIC เท่ากับ 500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสารสกัดจากพืชชนิดอื่นจะยับยั้งแบคทีเรียได้บาง ชนิดเท่านั้น โดยสารสกัดจากเปลือกต้นกอบขมที่สกัดด้วยเอทธานอล 95% จะยับยั้ง *Bacillus cereus* ได้ ดีที่สุดเพียงชนิดเดียวโดยมีค่าMICและMBCเท่ากัน คือ 7.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สารสกัดจากเหง้า ข้าวเย็นเหนือด้วยคลอโรฟอร์ม สารสกัดจากผลเบญกานี ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ สารสกัดจากใบ-ต้นหญ้าคอตุงด้วยเอทธานอล 95 %และสารสกัดจากผลสมอภิเภกด้วยเอทธานอล 95 %และด้วย ปิโตรเลียมอีเทอร์ จะยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากัน คือ 7.8 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร ส่วนค่าMBCของสารสกัดจากเหง้าข้าวเย็นเหนือ ผลเบญกานีและผลสมอภิเภกนั้นจะมีค่า

เท่ากันคือ 7.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แต่ค่าMBC ของสารสกัดจากผลสมอภิเภกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์และใบ-ต้นหญ้าคอตุงจะมีค่าเท่ากับ15.6และ125ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ

เชื้อ*Staphylococcus aureus* จะถูกยับยั้งได้ดีที่สุดด้วยสารสกัดจากใบ- ต้นหญ้าคอตุงและผลเบญกานี ด้วยเอทธานอล 95% โดยมีค่า MIC เท่ากันคือ 7.8 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีค่าMBCเท่ากับ62.5 และ7.8ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนเชื้อ *Salmonella* spp. จะถูกยับยั้งได้ดีโดยสารสกัดจากผลเบญกานีด้วยเอทธานอล 95% โดยมีค่า MICและMBC เท่ากับ 15.6และ62.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

จากผลการทดลองสามารถคัดเลือกพืชที่ให้สารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli, Salmonella spp., Staphylococcus aureus,*และ *Bacillus cereus* ได้ดีที่สุดคือมะแขว่น ดังนั้นจึงเลือกมะแขว่นมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 7 ความสามารถในการยับยั้งและทำลายแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชสมุนไพร

ชนิดสมุนไพร	solvent ที่ใช้สกัด	*B. cereus*		*Samonella*		*S. aureus*		*E. coli*	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
สีเสียดเหนือ	EtOH	250	500	500	-	125	500	31.25	500
	C.F.	62.5	250	-	-	-	-	-	-
	P.E.	500	1000	-	-	500	1000	-	-
กอมขม	EtOH	7.8	7.8	-	-	-	-	-	-
	C.F.	-	-	-	-	-	-	-	-
	P.E.	-	-	-	-	-	-	-	-
เบญกานี	EtOH	31.25	31.25	15.6	125	7.8	7.8	-	-
	C.F.	62.5	62.5	500	-	125	125	-	-
	P.E.	7.8	7.8	62.5	62.5	31.25	31.25	-	-
ข้าวเย็นเหนือ	EtOH	15.6	62.5	-	-	500	500	-	-
	C.F.	7.8	7.8	-	-	31.25	250	-	-
	P.E.	125	1000	-	-	-	-	-	-
หว้า	EtOH	-	-	500	1000	-	-	1000	-
หญ้าคอตุง	EtOH	7.8	125	-	-	7.8	62.5	-	-
สมอพิเภก	EtOH	7.8	7.8	250	500	250	500	-	-
	C.F.	31.25	31.25	-	-	-	-	-	-
	P.E.	7.8	15.6	-	-	-	-	-	-

ไพล	P.E	1277	1277	638	1277	319	638	957	1596
ขมิ้นอ้อย	P.E.	808	1077	808	1347	269	808	808	1077
กระเบา	P.E	-	-	741	1111	1481	1481	1111	1851

หมายเหตุ หน่วยของ MIC และ MBC คือ µg/ml

C.F : chloroform, P.E : petroleum ether, EtOH : ethanol, Distil :distillation

– : หมายถึง ความเข้มข้นที่ใช้ทดลองยังไม่สามารถยับยั้งหรือทำลายเชื้อที่ใช้ทดสอบได้

MIC(minimum inhibition concentration) ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้

MBC (minimal bactericidal concentration) ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้

ปริมาณสารสกัดจากมะแขว่น

การสกัดสารจากมะแขว่นใช้วิธีการกลั่นซึ่งจะได้ออกมาเป็นน้ำมันหอมระเหย ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ในแต่ละครั้งไม่คงที่ แต่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มะแขว่นแห้งบดละเอียด 150 กรัม กลั่นน้ำมันหอมระเหยได้ 10-15 มิลลิลิตร คำนวณเป็น % yield มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.33 % ทั้งนี้เพราะว่า วัตถุดิบที่ใช้เป็นมะแขว่นที่ออกผลเมื่อปลายปีที่แล้ว และทำแห้งเก็บไว้ ซึ่งในขั้นตอนการทำแห้งมีการใช้ความร้อน ทำให้สูญเสียน้ำมันหอมระเหยไปบางส่วน เพราะฉะนั้นวัตถุดิบที่ใช้เมื่อนำมากลั่นจะได้น้ำมันหอมระเหยไม่เท่ากันเมื่อเวลาที่ใช้ในการทำแห้งแตกต่างกัน นอกจากนี้วิธีการเก็บและระยะเวลาเก็บก็มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เหลืออยู่ในมะแขว่นด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณที่สกัดได้ก็มากกว่าที่ปฐมพงศ์ เอี่ยมบุญฤทธิ์et al (2547)สกัดได้ (6.7%) น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จะเก็บในขวดสีชา เพื่อป้องกันการถูกออกซิไดซ์โดยแสงและเก็บในช่องแช่แข็งตู้เย็น เพื่อรักษาคุณภาพของสารประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยไม่ให้เสื่อมคุณภาพอันเนื่องจากอุณหภูมิ

การศึกษาเบื้องต้นในการลดปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมด้วยสารสกัด

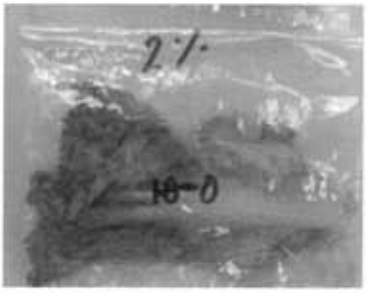
ผลการทดลองเบื้องต้นในการลดปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมพบว่า แบคทีเรียที่ปนเปื้อนบนใบผักชนิดนี้มีค่าอยู่ในช่วง 1.4×10^7-2.12×10^7 cfu/ g suspension ของน้ำมันหอมระเหยมะแขว่นที่มีความเข้มข้นสูงจะลดปริมาณแบคทีเรียได้มากกว่าที่ความเข้มข้นต่ำ กล่าวคือจะลดแบคทีเรียจาก 1.40×10^7 cfu/ g เป็น 5×10^3 cfu/ g ที่ความเข้มข้น 25 % และเป็น $>4.0 \times 10^6$ $\times 10^3$ cfu/ g ที่ความเข้มข้น 3.13 %เมื่อใช้เวลาล้างโดยการแช่ 1 นาที ดังแสดงในตารางที่ 8 และเมื่อใช้เวลาแช่นานขึ้นก็จะลดปริมาณแบคทีเรียได้มากขึ้น แต่ลักษณะของผักหลังจากแช่จะเกิดสีน้ำตาลขึ้นโดยผักที่แช่น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นสูงหรือแช่นานจะเกิดสีน้ำตาลเร็วกว่าผักที่แช่น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่ำ หรือแช่เป็นเวลาสั้นๆ ทั้งนี้เป็นผลมาจาก cytotoxic activity ของ antimicrobial compounds ในน้ำมันหอมระเหย (Bagamboula et al ,2003)

ตารางที่ 8 ปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ใน suspension สารหอมระเหยจากมะแขว่นที่มีความเข้มข้นต่าง ๆกัน โดยใช้เวลาแช่1 3 และ 5 นาที

เวลาในการแช่ (นาที)	control	ความเข้มข้นสารหอมระเหยจากมะแขว่น			
	0%	25%	12.50%	6.25%	3.13%
1	1.40×10^7	4.9×10^3	5.0×10^3	4.3×10^4	$>4.0 \times 10^6$
3	2.12×10^7	4.0×10^3	1.4×10^4	3.0×10^4	9.2×10^5
5	2.10×10^7	3.4×10^3	4.3×10^3	1.6×10^3	8.7×10^5

ดังนั้นจึงทดลองแช่ผักกาดหอมในน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นเข้มข้น 1-5% (v/v) พบว่าความเข้มข้น 2- 5 % ใบของผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ เมื่อวางทิ้งไว้เพียง 5 นาที และเกิดมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นดังแสดงผลในตารางที่ 9 ดังนั้นจึงได้ใช้น้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1% (v/v) ลงไปในการศึกษาการนำมาลดแบคทีเรียทั้งหมดในผักกาดหอมในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 9 ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมเมื่อแช่ในน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้นต่างๆ

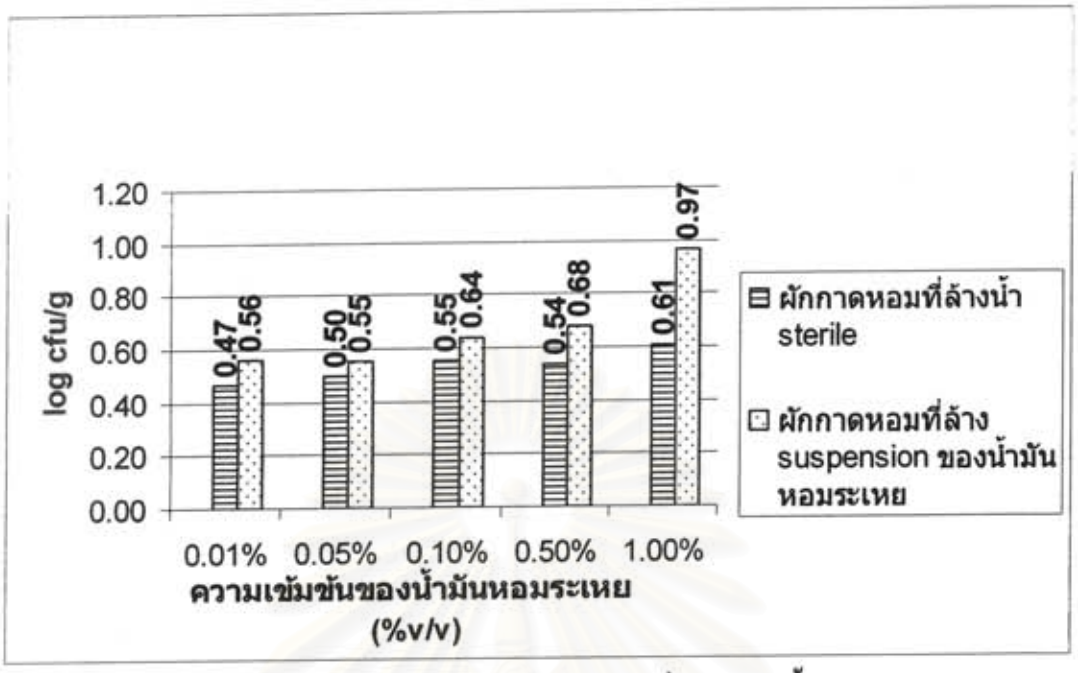
ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย (%v/v)	**ลักษณะของผักกาดหอม**	**ลักษณะปรากฏ**
2	ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำเมื่อวางทิ้งไว้ภายหลังล้างด้วยสารแขวนลอยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3	ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำเมื่อวางทิ้งไว้ภายหลังล้างด้วยสารแขวนลอยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น	
4	ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำอย่างรวดเร็วภายหลังล้างด้วยสารแขวนลอยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น และเปลี่ยนแปลงรวดเร็วขึ้นเมื่อวางทิ้งไว้	
5	ผักกาดหอมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำอย่างรวดเร็วในขณะล้างด้วยสารแขวนลอยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น และเปลี่ยนแปลงรวดเร็วขึ้นเมื่อวางทิ้งไว้	

ความสามารถของสารสกัดจากพืช(น้ำมันหอมระเหย)ที่คัดเลือกได้ในการลดปริมาณแบคทีเรีย ในผักกาดหอม

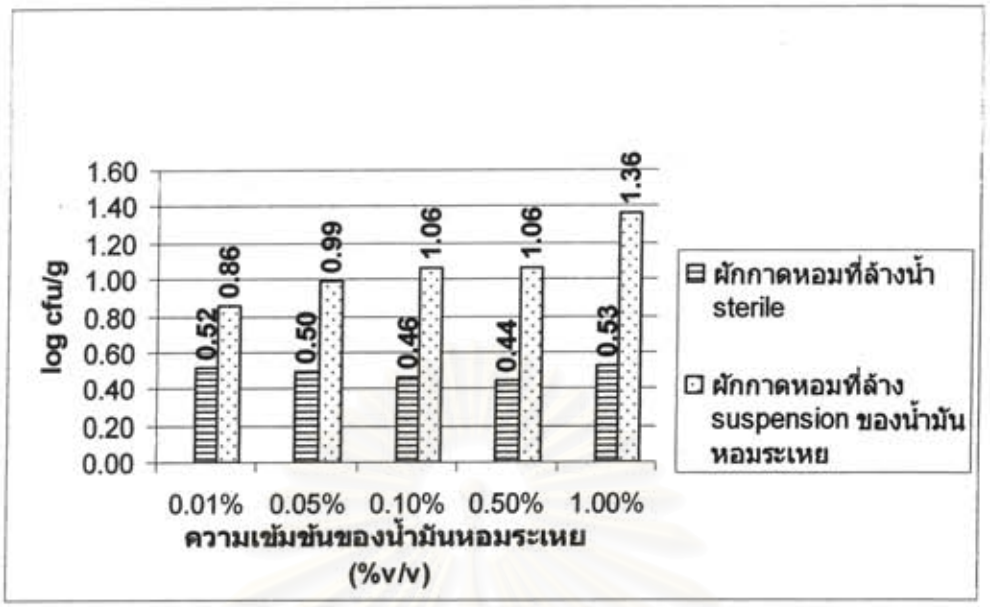
จากการล้างผักกาดหอมด้วย suspension ของน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับผักกาด หอมที่ล้างด้วยน้ำsterile และผักกาดหอมที่ไม่ได้ล้างซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม (control) เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน มีปริมาณแบคทีเรียเริ่มต้นเฉลี่ย 6.39 log cfu/g และเมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียที่ลดลง พบว่า ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย 1% v/v สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้สูงที่สุด เท่ากับ 0.97 log cfu/g ส่วนการล้างด้วยน้ำ sterile สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้เฉลี่ย 0.53 log cfu/g ดังในรูปที่ 1 เมื่อความเข้มข้นของมะแขว่นสูงขึ้น ก็จะสามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้มากขึ้น เพราะว่าที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น ปริมาณสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งก็จะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมมาก กว่าความเข้มข้นต่ำ การที่น้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นมีประสิทธิภาพในการลดแบคทีเรียในผักได้สูง



รูปที่ 1 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอม เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

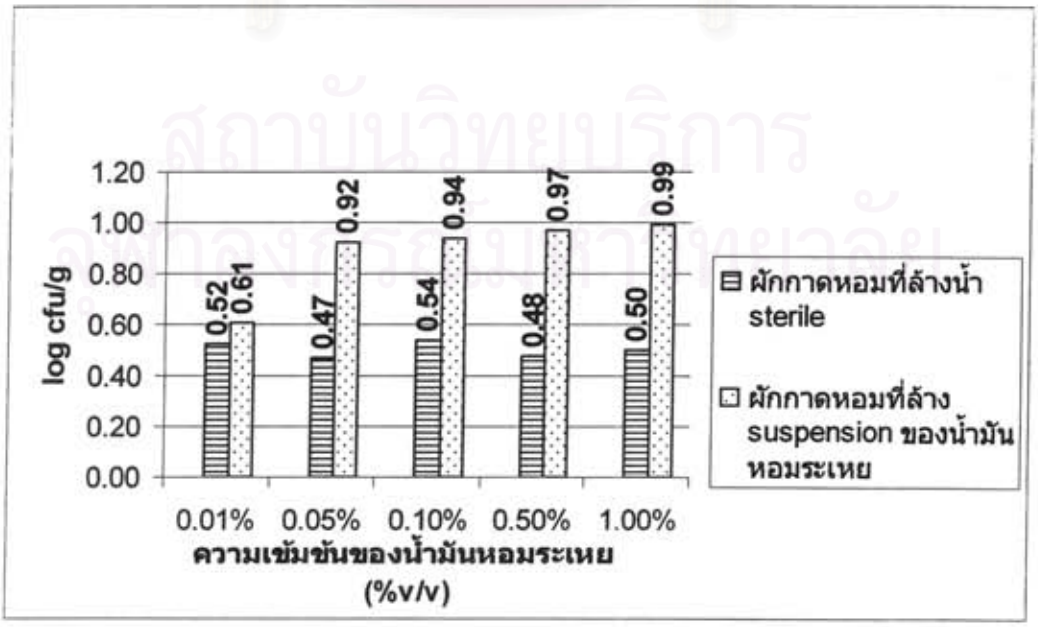
กว่าน้ำ เนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นมีสารประกอบทางเคมี คือ sabinene ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และ terpin-4-ol ซึ่งเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย(Ghatak and Basu, 1972)จึงเป็นผลให้น้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นมีประสิทธิภาพสูงกว่าน้ำ

เมื่อเก็บผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำมันหอมระเหยเป็นเวลา 1 วันในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมลดลงมากกว่าที่ 0 วัน โดยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้น 1% v/v จะลดปริมาณแบคทีเรียได้สูงที่สุด 1.36 log cfu/g ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนที่ล้างด้วยน้ำ sterile จะลดปริมาณแบคทีเรียได้เฉลี่ย 0.49 log cfu/g ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลา 0 วัน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียลดลงน้อยกว่าที่เวลา 0 วัน เพราะว่าภายหลังล้างผักกาดหอมด้วยน้ำ sterile ยังมีแบคทีเรียบางส่วนเหลืออยู่บนผักกาดหอม ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้เพิ่มจำนวนขึ้น



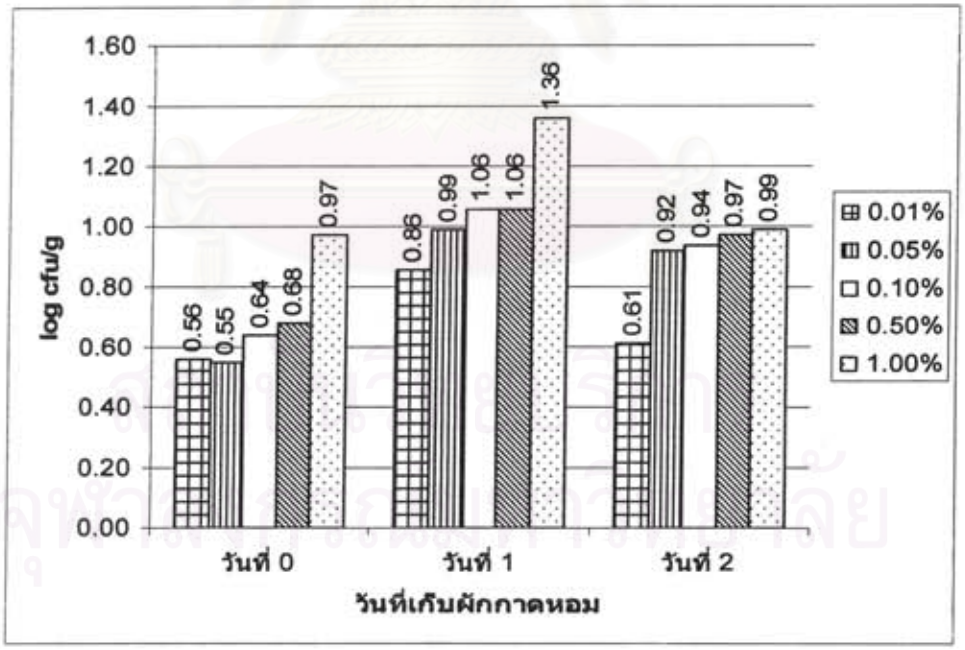
รูปที่ 2 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลา 2 วัน ในตู้เย็น 8 องศาเซลเซียส พบว่า ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้น 1% v/v สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้สูงสุด 0.99 log cfu/g ดังแสดงในรูปที่ 3เช่นเดียวกับในวันที่ 0 และวันที่ 1 ส่วนการล้างด้วยน้ำ sterile สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้เฉลี่ย 0.50 log cfu/g



รูปที่ 3 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 2 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลา 0 , 1และ 2 วัน พบว่า ที่เวลา 1 วัน ปริมาณแบคทีเรียลดลงมากกว่าที่เวลา 0 วัน เมื่อล้างผักกาดหอมด้วย suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นเดียวกัน เพราะที่เวลา 0 วัน ซึ่งตรวจนับปริมาณแบคทีเรียทันทีภายหลังล้างผักกาดหอม จึงเป็นไปได้ว่าสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียนั้นยังออกฤทธิ์โดยตรงต่อแบคทีเรียได้ไม่เต็มที่ และเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้เมื่อเก็บเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าที่เวลา 2 วัน ปริมาณแบคทีเรียลดลงน้อยกว่าที่เวลา 1 วัน เมื่อล้างผักกาดหอมด้วย suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นเดียวกัน เพราะการเก็บเป็นเวลา 2 วัน อาจทำให้แบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้ (Guo et al, 2007) และน้ำมันบางส่วนสูญเสียไปจากการระเหย ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้น 1% v/v จึงมีประสิทธิภาพในการลดแบคทีเรียในผักกาดหอมได้มากที่สุดดังรูปที่ 4 เมื่อเก็บไว้ในตู้เย็น 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน

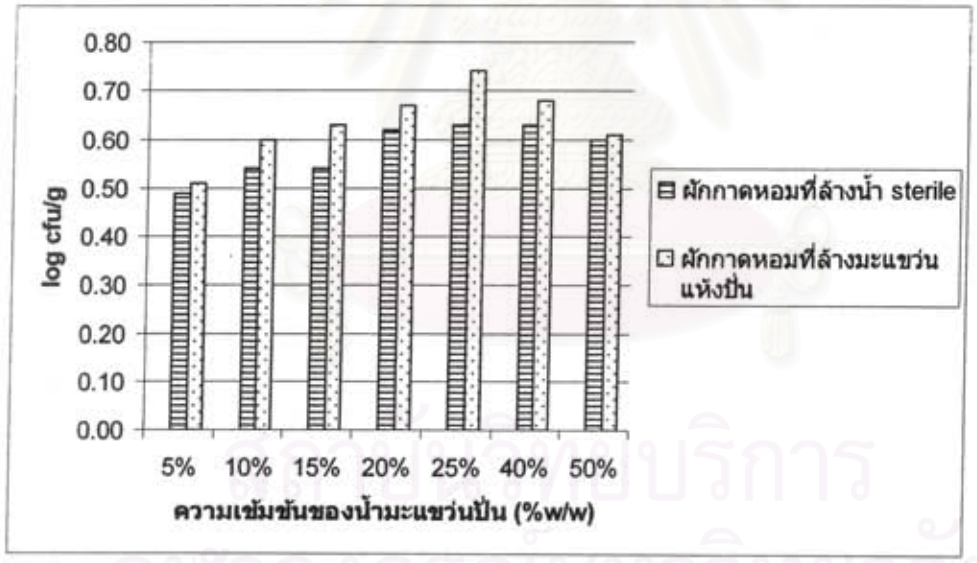


รูปที่ 4 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0, 1 และ 2 วันที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

การลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่น

การล้างผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่น โดยใช้น้ำผลมะแขว่นปั่นเข้มข้น 5% , 10% , 15% , 20% , 25% , 40% และ 50% w/w แล้วตรวจนับปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่เวลา 0 , 1 และ 2 วัน ผลการทดลองเมื่อเก็บไว้ 0 วัน พบว่า แบคทีเรียในผักกาดหอมที่ไม่ผ่านการล้าง จะมีปริมาณทั้งหมดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.49 log cfu/g ผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นเข้มข้น 25% w/w สามารถลดแบคทีเรียในผักกาดหอมได้สูงสุด โดยสามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้ 0.74 log cfu/g ดังในรูปที่ 5 ส่วนการล้างด้วยน้ำ sterile สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้เฉลี่ย 0.58 log cfu/g การล้างผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นสามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำ sterile เล็กน้อย เพราะในผลมะแขว่นมีสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย(Ghatak and Basu, 1972)

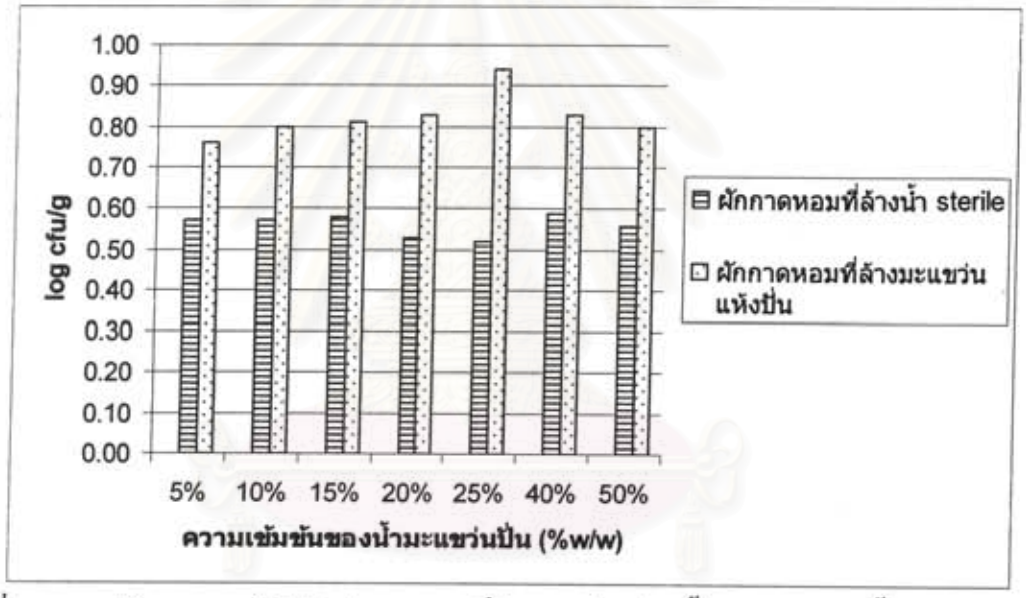
การที่น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้น 25% (w/w) ลดปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่เก็บไว้เป็นเวลา 0 วันได้น้อยกว่า suspension ของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้น 1%(v/v) ที่เก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยมะแขว่นไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นเมื่อนำผลมะแขว่นมาปั่นกับน้ำจึงมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียละลายออกมาในน้ำ น้อยกว่า suspension ของน้ำมันหอมระเหย



รูปที่ 5 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

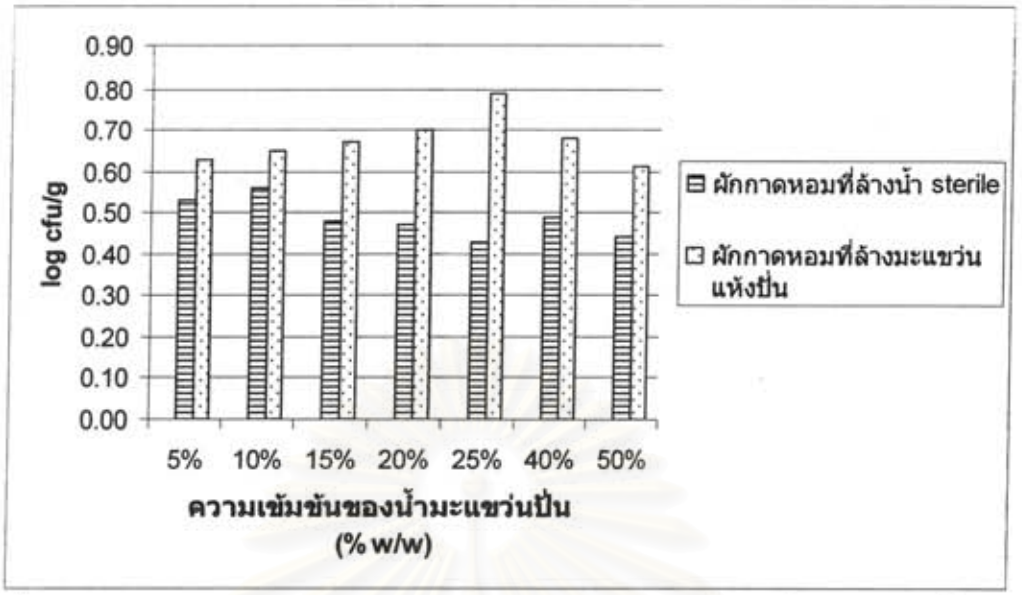
เมื่อตรวจนับปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นความเข้มข้นต่างๆ เก็บไว้ในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าแบคทีเรียที่พบในผักกาดหอมมีปริมาณลดลงดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7 ซึ่งผลการทดลองที่ได้ให้ผลไปในทางเดียวกับที่เวลา 0 วัน

กล่าวคือ น้ำผลมะแขว่นปั่นเข้มข้น 25% w/w สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้สูงว่าที่ความเข้มข้นอื่นๆ โดยจะลดได้ 0.94 log cfu /g และ 0.79 log cfu /g เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลา 1 และ 2 วัน ตามลำดับ ส่วนการล้างผักกาดหอมด้วยน้ำ sterile สามารถลดจำนวนแบคทีเรียได้เฉลี่ย 0.56 log cfu /g และ 0.49 log cfu /g เมื่อเก็บผักกาดหอมเป็นเวลา 1 และ 2 วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียที่ลดลง พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับวันที่ 0 กล่าวคือ การล้างผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นให้ผลในการลดปริมาณแบคทีเรียได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำsterile เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ผลมะแขว่นปั่นผสมกับน้ำ ทำให้สารประกอบทางเคมีในมะแขว่นที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียละลายออกมาได้น้อย ส่งผลให้ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียไม่ดีเท่าที่ควร



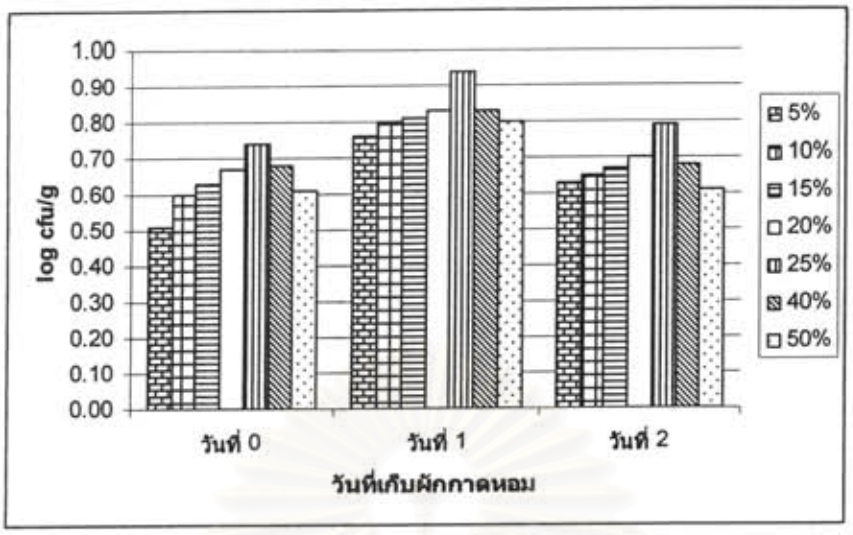
รูปที่ 6 ปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่น ภายหลังเก็บเป็นเวลา 1 วันที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 2 วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยมีผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการเมื่อเก็บผักกาดหอมที่ผ่านการล้างด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นไว้เป็นเวลา 0 , 1 และ 2 วัน พบว่า ที่เวลา 1 วัน ปริมาณแบคทีเรียลดลงมากกว่าที่เวลา 0 วัน เมื่อล้างผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นที่ความเข้มข้นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 8 และเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ เมื่อเก็บเป็นเวลา 1 และ 2 วัน พบว่าที่เวลา 2 วัน ปริมาณแบคทีเรียลดลงน้อยกว่าที่เวลา 1 วัน เพราะการเก็บเป็นเวลา 2 วัน อาจทำให้แบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่เจริญเพิ่มจำนวนขึ้นได้ (Guo, et al, 2007) จากผลการทดลองที่ได้นี้ให้ผลไปในทางเดียวกับการล้างผักกาดหอมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น กล่าวคือ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 วัน ส่งผลให้การทำงานของสารที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 8 การลดลงของปริมาณแบคทีเรียในผักกาดหอมหลังเก็บไว้เป็นเวลา 0, 1 และ วัน ที่ 8 องศาเซลเซียส เมื่อล้างด้วยน้ำ sterile และ น้ำผลมะแขว่นปั่นที่ ความ เข้มข้นต่างๆ โดยมี ผักกาดหอมส่วนที่ไม่ได้ล้างเป็นตัวควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการล้างผักกาดหอมด้วยน้ำผลมะแขว่นปั่นและน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่น จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแบคทีเรีย ดีกว่าน้ำผลมะแขว่นปั่น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยในมะแขว่นไม่ละลายน้ำ ดังนั้นเมื่อนำผลมะแขว่นมาปั่นกับน้ำจึงมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียอยู่น้อยกว่าsuspension ของน้ำมันหอมระเหย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการทดลอง

สารสกัดของพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยเอทธานอล 95 % จะให้%yieldสูงที่สุด รองลงมาคือ chloroform และ petroleum ether ตามลำดับ และสารสกัดของพืชสมุนไพรที่ได้%yield มากที่สุดคือ สารสกัดด้วยเอทธานอล 95 % ของผลเบญกานี ซึ่งให้%yield สูงถึง 31.89 %

สารสกัดที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ดีคือ สารสกัดด้วยเอทธานอล 95 % ของสีเสียดเหนือ สารสกัดที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella* spp. ได้ดีคือ สารสกัดด้วยเอทธานอล 95 %ของผลเบญกานีและเปลือก-เนื้อไม้พะยอม สารสกัดที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีคือ สารสกัดด้วยethanol 95% ของผลเบญกานี,ใบสลอด,หญ้าคอตุงและใบช้าแป้น และสารสกัดด้วยchloroformของเหง้าข้าวเย็นเหนือ สารสกัดที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ได้ดีคือ สารสกัดด้วยเอทธานอล 95 %ของเปลือกกอมขม, หัวข้าวเย็นเหนือ, ผลสมอพิเภก, ใบสลอด, ใบ- ต้นหญ้าคอตุงและใบช้าแป้น, สารสกัดด้วยchloroform ของเหง้าข้าวเย็นเหนือและ สารสกัดด้วย petroleum ether ของผลเบญกานี และผลสมอพิเภก

โดยสมุนไพรที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดสอบได้ทั้ง 4 ชนิดคือ สีเสียดเหนือ มะแขว่น ยอและเมล็ดฝื่น สมุนไพรที่ไม่สามารถยับยั้งและทำลายแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบคือใบและเถาย่านาง ซึ่งทำการสกัดด้วยเอทธานอล 95 %

ประสิทธิภาพในการสกัดของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากผลมะแขว่นเฉลี่ยเท่ากับ 8.33 % ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยมากกว่า 2% ขึ้นไปทำให้ผักช้ำ เหี่ยว และเกิดสีน้ำตาล ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นความเข้มข้น 1% v/v สามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาในผักกาดหอมได้ดีที่สุด คือลดได้ 1.36 log cfu/g หลังจากเก็บผักเป็นเวลา 1 วัน ส่วนการล้างด้วยผลมะแขว่นปั่นนั้น มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารละลายน้ำมันหอมระเหย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

ชลิดา เล็กสมบูรณ์, นิพนธ์ ทวีชัย, วิชัย โฆษิงรัตน และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา . 2543 . ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชของสารสกัดจากพืชสมุนไพร . วารสารวิทยาศาสตร์. 44 : 91-97 .

ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2527. การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานวิจัยของโครงการ ศึกษาวิจัยสมุนไพร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.236 หน้า

ฉรงค์ สิงห์บุระ, เอนก กิจจา, เลขา มาโนชและอรอุมา เจียมจิตต์. 2549. พืชสมุนไพรที่ใช้ควบคุมโรคพืช. เอกสารผยแพร่งานวิจัย ในงานเกษตรแฟร์ 27 มค.-4กพ. 2549. ณ อาคารจักรพันธ์ เพ็ญศิริ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร. กรุงเทพ

นวลฉวี เวชประสิทธิ์. 2541. การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ Hepes Simplex Virus จากพืชสมุนไพร . *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง*5,1 :72-85.

นัตจุฑามณ์ เลิศลีลากิจจา. 2549. ผลของการใช้สารสกัดมะแขว่นในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน.

นันทวัน บุณยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. 2539. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน. (1) สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 895หน้า.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2542. เครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2547. สมุนไพรไทย เล่ม 1 บริษัท ฐานการพิมพ์ จำกัด กรุงเทพฯ 380 หน้า

บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518.ประสิทธิภาพของเครื่องเทศบางชนิดในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปฐมพงศ์ เอี่ยมบุญฤทธิ์ , กนลรัตน์ เหลืองสด และเกวลิน ดุรงค์ดำรงชัย.2547. ศึกษาผลการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากพืชจังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฝ่ายบริการข้อมูล / ฝ่ายบริการทดสอบ สถาบันอาหารองค์กรอิสระในสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม, พ.ศ.2542 [online]เข้าถึงได้จาก:http://www.nfi.or.th/publication/thairath/thairath42.html (วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2550).

พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจและเอกชัย ชูเกรียติโรจน์. 2547. ผลของสารสกัดจากชุมเห็ดไทย(*Sena tora*) และ ขี้เหล็กอเมริกัน(*Sena spectabilis*) ต่อเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด. งานวิจัยระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ 215 หน้า.

วิทยาการ-เทคโนโลยี 2548. พืชชะมวงเจ๋งทำยาทาแผล รักษาผิวติดเชื้อ. หนังสือพิมพ์คม ชัด ลึก ฉบับวันศุกร์ที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2548.

ศรีกาญจนา คล้ายเรือง. 2541. การคัดเลือกพืชสมุนไพรไทยเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย Listeria monocytogenes. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 116 หน้า.

ศิริลักษณ์ ฤทธิ์รักษา. 2539. การคัดแยกน้ำมันหอมระเหยบางชนิดที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาพร ดิเรกบุษราคม, สมพร รุ่งกำเนิดวงศ์, อังคณา หิรัญสาลี และ ลิลา เรืองแป้น . 2539 . ฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรไทยบางชนิดในการยับเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในกุ้งกุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 7 ปี 2539. กองวิจัยและพัฒนาสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ .

สุรัตนา อำนวยผล.2537 สมุนไพรที่ใช้ในโรคติดเชื้อและโรคมะเร็ง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย :

เสริมสิริ วินิจฉัยกุล. 2539. เอกสาร review เรื่องมะขามป้อม. จุลสารข้อมูลสมุนไพร. 13(4):5-16.

อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2536. เอกสาร review เรื่องข่า. จุลสารข้อมูลสมุนไพร 10(3) :16-21.

อรนุช โชคชัยเจริญพร. 2540. เอกสาร review เรื่อง บัวบก. จุลสารข้อมูลสมุนไพร 14(2) :8-17.

อ้อมบุญ ล้วนรัตน์. 2536. การสกัดและตรวจสอบสาระสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. กรุงเทพมหานคร : คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

Adegoke, G. 0. and Odesola, B. A. 1996 . Storage of Maize and Cowpea and Inhibition of Microbial Agents of Biodeterioration using the Powder and Essential Oil of Lemon Grass (*Cymbopogon citratus*) . International Biodeterioration & Biodegradation 37: 81-84 .

Ahmad, I, Mehmoodm Z. and Mohammad, F. 1998. Screening of some India medicinal plants for their antimicrobial properties. J. of Ethnopharmacology. 62 : 183-193.

Bagamboula, CF., Uyttendaele, M., and Debevere, J. 2003. Inhibitory effect of thyme and basil essential oil, carvacrol, thymol, estragol, linalool and P-cymeme towards *Shigella sonneri* and *S. flexneri*. Food Microbiology. 21(1): 33-42.

Benjamin, M.M. and. Datta, A.R,1995. Acid tolerance of enterohemorrhagic *Escherichia coli*. Applied and Enviromental Microbiology. 61: 1669-1672.

Bowles, B. L. and V. K. Juneja. 1998. Inhibition of foodborne pathogens by naturally occurring food additives. J. Food Safety. 18:101-112..

Brackett, R.E. 1999. Incidence, contributing factors and control of bacterial pathogens in produce. Postharvest Biological and Technology. 15: 305-311.

Buchanan, R. L. and Edelson., Sharon G., 1996. Culturing Enterohemorrhagic *Escherichia coli* in the Presence and Absence of Glucose as a Simple Means of Evaluating the Acid Tolerance of Stationary-Phase Cells. Applied and Environmental Microbiology. 62: 4009–4013.

Chukwujekwu, J.C., Coombes, P.H.,Mulholland, D.A.and Stuaden, J.V. 2005. Emodin, and antimicrobial anthraquinone from the roots of *Cassia occidentalis*. *South African Journal of* Botany. 72(2) : 295-297.

Cichewicz, RH andThorpe, P.A.1996. The antimicrobial properties of chile peppers(*Capsicium* species)and their uses in Mayan medicine. Journal of Ethnopharmacology. 52(2) : 61-70.

Cuspinera, V.G., Westhoff , D.C. and Rankin , S.A. 2003. Antimicrobial properties of commercial annatto extracts against selected pathogenic, J.of Food Protection 66, 1074-1078.

Delaquis, PJ., Stanich, K., Girard,B.and Mazza, G. 2002 Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander, and eucalyptus essential oils. International J. of Food Microbiology.74(1-2):101-109.

Elgavvar, M, Draughon, F.A., Golden, D.A. and Mount, JR. 2001. Antimicrobial activity of essential oils from plants against selested pathogenic and saprophytic microorganisms. J.Food Prot. 64(7):19-24.

Francis, G. A., Thomas, C. and O'beirne, D.1999. The microbiological safety of minimally processed vegetables. International Journal of Food Science & Technology, 34, 1-22.

Foryst-Ludwing, A., Neumann, M., Brachert, W.S. and Naumann, M. 2004. Curcumin blocks NF -KB and the motogenic response in *Helicobacter pylori* infected epithelial cell. Biohemical and Biophysical Research communications. 316 (4): 1065-1072

Ghatak N. and Basu, N. 1972.. Sodium curcuminate as an effective antiinflammatory agent. Indian J Exp Biol. 10: 235-6.

Hayashi,K., Kamiya, M.and Hayashi,T.1995. Virucidal effects of the steam distillate from *Houttuynia cordata* and its components on HSV-1, influenza virus, and HIV. *Planta Medica* . 61(3):231-241.

Hsieh, P.C., Mau, J.L. and Huang, S.H. 2001. Antimicrobial effect of various combination of plant extracts. Food Microbiology. 18, 35-43.

Leuschner, R. G. K. and Zamparini, J . 2002 . Effects of spices on growth and survival of *Escherichia coli* 0157 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in broth model systems and mayonnaise . Journal of Food Control . 13 : 399-404 .

Masuda, T.,Inagumi, A.,Yamada, Y., Padolina, W.G.,Kikuzaki, H. and Nakatani, N. 2001. Antimicrobial phenyl propanoids from *Piper sarmentosum*. Phytochemistry. 30(10):3227-3228.

Mehmet, K. and Illkin, Y. S. 2005. Antimicrobial effect of koruk (unripe grape – *Vitis vinifera*) juice against *Salmonella typhimurium* on salad vegetable. Food Control. 18: 702 – 706.

Moreira, MR.; Ponce, A.G; Valle del,c.E.and Roura, S.I. 2005. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. Food Science and Technology . 38 (5); 565-570.

Nguyen-the, C. and Carlin, F.1994. The microbiology of minimally processed fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 34, 371-401

Oonmetta-aree, J.,Suzuki, T, Gasaluck, P. and Eumkeb, G. 2006. Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpina galangal* Linn) on *Staphylococcusss aureus*. LWT – Food Science and Technology. 39(10) : 1214-1220..

Rahman, A.U., Choudhary, M.I., Farooq, A., Zafar, M., Demirci,B., Demirci, F. and Can Baser,K.H.1999. Antifungal activities and essential oil constituents of some spices from Pakistan. Third International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-3), September1-30. (www.reprints.net/ecsoc-3.htm, September 1-30.)

Reagor, L. Gusman, J. Carino, E. and Heggers, J.P. 2002. The effectiveness of processed grapefruit-seed extract as an antibacterial agent. II. Mechanism of action and in vitro toxicity. The Journal of Alternative and Complementary Medicine. 11(2): 369-371.

Roever, C.D. 1998. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. Food Control. 9 (6) :321-347.

Sacchetti, G.; Maietti,S.; Muzzoli ,M.; Scaglianti,M.; Manfredini, S.; Radice, M. and Bruni, R . 2005. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in food. Food Chemistry. 91(4): 621-632.

Sherman, PW. 1998. Antimicrobialfunction of spices : Whysome like it hot. Rev.Biol. 73(1):3-49.

Shelef,L.A. 1983 Antimicrobial effects of spices. Journal of Food Safety, 6(1): 29- 44.

Singh, R., Jain, A., Panwar, S., Gupta. D. and Khare, S.k. 2005. Antimiaobial activitg of some natunal dyes. Dyes and Pigments. 66(2) : 99-102

Tauxe, R.V. 1997. Emerging foodborne diseases:an evolving public health challenge. Emerging Infectious Diseases. 3: 425-434.

Wan,S. ; Wilcook, A. and Coventry ,M.J. 1998. The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*., J. of Applied Microbiology. 84 (2):152-158.

Zagory. D., 1999. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. Postharvest Biology and Technology. 15: 313-321.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สรุปข้อมูลสมุนไพรพื้นบ้าน

สมุนไพร	ชื่อพ้อง	สรรพคุณ	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
กระเจี๊ยบแดง	กระเจี๊ยบ ส้มปู กระเจี๊ยบเปรี้ยว	แก้ท้องเสีย	กลีบเลี้ยง (สด/แห้ง)	
กระเจี๊ยบแดง	ผักเก็งเค็ง ส้มเก็งเค็ง ส้มกุ้ง			
กระชาย	กะแอน ระแอน ว่านพระอาทิตย์	รักษาเชื้อราในปาก	เหง้าแก่	
กระชายดำ				
กระท้อน	มะต้อง มะตืน	แก้ท้องเสีย	เปลือก/ผล	
กระเทียม	หอมเตียม	กลาก เกลื้อน ขับลม เส้นเอ็น แก้หวัด	หัว	สวน/บ้าน
กระเบา	ดิกเดียม	เบื่อพยาธิ แก้พยาธิทางผิวหนัง โรคเรื้อน กุฏฐัง หิด ผื่นคัน แก้โรคในกระดูก	เมล็ด	
กระเบียน		เบื่อพยาธิ แก้พยาธิทางผิวหนัง โรคเรื้อน กุฏฐัง หิด ผื่นคัน แก้โรคในกระดูก	เมล็ด	
กล้วยน้ำว้า		แก้ท้องเสีย	ผลดิบ	
กล้วยน้ำว้าดิบ		แก้ขี้ไหลในหมู	ผลดิบ /ผลสุกห่าม ๆ	
ก้องแกลบ		แก้บิดมูกเลือด ลำไส้อักเสบ โรคกระเพาะ	เครือ	
กอมคม	กอมขม มะขมป่า	รักษาแผลในสัตว์	เปลือก	
กะเม็ง	ย้อมเกี่ยว	แก้อาเจียนเป็นเลือด ห้ามหนอง ชักมดลูก		
กานพลู	จันจี่	แก้ปวดท้อง แก้ลมเป็นเหน็บชา แก้พิษเลือด แก้อุจจาระให้เป็นปกติ	ดอก	ป่า
กาฝากชะอม				
กาฝากมะกรูด				
กาฝากมะทัน				
กาฝากมะม่วง				
กาฝากมะริดไม้				
กำสามปีก		แก้โรคถ่ายเป็นมูกเลือด	ราก	
กิบม้าลม	เถาเคลือ	รักษา วัว-ควายเป็นแผล	ใบแห้ง/สด	
ขมิ้นชัน	ขมิ้นแกง ขมิ้นหยวก ขมิ้นอ้อย	รักษาโรคผิวหนัง แก้ปวดตามเนื้อตามตัว แก้ผื่นคัน แก้คูตเสมหะพิการ	เหง้า / ผง ขมิ้น	บ้าน
ขมิ้นชัน		ระงับความร้อนแก้ท้องเดิน แก้อักเสบ แก้บิดมูกเลือด รักษาเชื้อราในปาก		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมุนไพร	ชื่อท้อง	สรรพคุณ	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
ขมิ้นชัน		แก้บาดแผล ผื่นคัน คูตเสมหะพิการ บิด มูกเลือด แก้ตานซาง แก้ไข้		
ขมิ้นชัน		แก้อักเสบเกิดแต่กองดี ระงับความร้อน แก้ท้องเดิน รักษาลำไส้		
ขมิ้นดักแด้		โรคภายในท้องและลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็ก ผื่นคัน		
ขะจาว				
ขันทองพยาบาท	มะดูกเลื่อม			
ข่า	ข่าหยวก ข่าหลวง	แก้ปวดท้อง รักษาเชื้อราในปาก	เหง้า	บ้าน
ขางหัวหมู				
ขิง		ทำให้เสียงเพราะ ฆ่าพยาธิซึ่งเป็นเชื้อโรค และทำลายพรรดึก แก้บิด	ราก	
ขี้กาต้น	ผกากรอง			
ขี้เหล็ก		แก้ไข้ ไข้กลับ ทาแผลกามโรค แก้โรคนิ่ว	ราก	
ขี้เหล็ก		แก้โรคเส้นประสาทที่ทำให้นอนไม่หลับ แก้หืด ใช้ล้างหัวแก้รังแค	ดอก	
เขี้ยวหมาใน				
เครือแดง			เครือ	
แค		แก้ลงท้อง แก้ไข้	เปลือก	
แค		โรคท้องร่วง หรือแผลในกระเพาะและแผลในปาก	ลำต้น	
แคค่าง	แคหางค่าง	ยารักษาสมานแผลในร่างกายและแผลในกระเพาะอาหาร	ลำต้น	
แคทั้ง 2	แคขาว แคแดง	แก้ลงท้อง แก้ไข้เพื่อดีทำให้ลงท้อง	เปลือก	
โคกกระสุน	หนามดิน	แก้กามโรค ขับล้างหนอง ขับปัสสาวะ แก้เบาแดง	ทั้งต้น	
เจตมูลเพลิงขาว	ปิดปิวขาว	กระจายกองวาโยและโลหิตอันมีพิษ แก้ริดสีดวงอก แก้โรคผิวหนังบางชนิด	ราก	
ชา	เมี่ยง	แก้ท้องเสีย	ใบ	
ชุมเห็ดเทศ	ชุมเห็ดเทศใหญ่, ขี้คาก	รักษาเชื้อราในปาก	ใบแห้ง	บ้าน
ชุมเห็ดเทศ	ขี้คาก	กลากเกลื้อน	ใบ	
ติ้วยอดขาว		แก้ท้องร่วง	ใบ	
ทองพันชั่ง		มะเร็ง กลากเกลื้อน ความดัน	ทั้งต้น	ปลูกเอง
ทับทิม		แก้ท้องเสีย	ใบ	

สมุนไพร	ชื่อพ้อง	สรรพคุณ	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
ทับทิม	มะเก๊าะ พิลา มะก่องแก้ว	แก้ท้องเสีย ท้องเดิน รักษาเชื้อราในปาก	เปลือกผลสด/แห้ง	
ทับทิม	มะกองแกง	แก้ท้องร่วง แก้โรคนิ่ว	ราก	
บัวบก	ผักแว่น ผักหนอก	แก้ปวดต่าง ๆ แก้ฝี/หนอง/สาร รักษาเชื้อราในปาก	ใบ	
บัวบก		ดับพิษโลหิต แก้ชอกช้ำภายใน แก้เมื่อย แก้ลงท้อง ยาอายุวัฒนะ แก้ร้อนใน		
เบญกานี		สมานแผล แก้ลงท้อง แก้ปวดเบ่ง แก้ปวดมดลูก	ผล	
ปอสา		แก้ท้องร่วง	ใบ	
เปล้า		แผลสด	ยาง	
เปล้า		ทาแผล ฆ่าหนอน	หัว	
เปาลม		รักษาแผลภายใน / แก้ช้ำใน	ต้น	
ฝรั่ง	สีดา จุ่มโป ชมพู มะก้วยกา	แก้ท้องเสีย	ใบแก่/ผล	
ฝรั่ง	ย่าหมู มะมั่น มะกา มะจีน	แก้ขี้ไหลในหมู แก้ท้องร่วง	ใบอ่อน	
ฝรั่ง		แก้ปวดท้อง / ท้องร่วง	ใบ	
พญาปล้องทอง	เสลดพังพอนตัวเมีย พญายอ	รักษาเชื้อราในปาก รักษาเริมและงูสวัด แก้อาการแผลอักเสบ	ใบสด	
พญายอ	พักพระยาย้อ	กลาก มะเร็งในผิวหนัง		
พระเจ้าสาน	ดอกข้าวสาร	แก้โรคนิ่ว		
พูหมัน			ใบ	
เพกา	หม่าลิดไม้	แก้ท้องเสีย แก้ไข้ ขับลม	เปลือก/ผล	สวน/บ้าน
แพ่ง	สะแกนา	เมล็ดฆ่าพยาธิ/ต้น,รากแก้ฝีหนอง	เมล็ด/ต้น	ป่า
ไพลดำ		แก้ฝี/หนอง/สาร	หัว	สวน/นา/บ้าน/ปลูกเอง
มอก(มอกหลวง)	มอกไข่	แก้บิดมูกเลือด	ลำต้น	
มะกา	มะกาเครือ/มะกาต้น	แก้บิดและพยาธิ	เถา	
มะกา	ก้องแกบ	แก้บิดและพยาธิ	เถา	
มะดูก	หมากดูก บักโด๊ก			
มะเดื่อชุมพร	เดื่อเกลี้ยง	แก้อาการท้องเดิน	เปลือก	ป่า/บ้าน
มะเดื่อดง		แก้ฝีภายใน แก้ประดง ก่อมอาจม		

สมุนไพร	ชื่อพ้อง	สรรพคุณ	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
มะเดื่อดิน		แก้ฝีภายใน		
มะเดื่อป่อง	มะเดื่อบ้านทั่ว ๆ ไป	แก้อุจจาระร่วง	ผล	ป่า/ห้วย
มะแว้งต้น	มะแคว้งขม/คำ	แก้ท้องเสีย แก้ไข้ แก้ลม แก้ไอ	ผลสด	บ้าน
มะแหน	ต้นแหน แหนเครือ สมอไทย			
มะแฮะ	ถั่วมะแฮะ	แก้ขี้ไหล	ใบ	
มังคุด		แผลเน่า ผุพอง แก้ท้องร่วง	เปลือก	บ้าน
ไม้ลงเลาะ		รักษาแผล	เปลือก	ต้มเปลือกล้างแผล
ยาสูบ	ยาฉุน ยาเส้น	โรคผิวหนังเรื้อรังผื่นคัน	ใบยาแก่	
ร้านฝีป่าย				
ละมุด		แก้ท้องเสีย	ผลดิบ/ใบ	
ว่านกระชุย	ฝิ่นต้น	รักษาแผล	ยาง	
ว่านทิงเจอร์		แผลสด		
ว่านนพเก้า		ใส่แผลสด	ยาง	
ว่านหางช้าง	ว่านมีดขับ	โรคผิวหนังเรื้อรังผื่นคัน	เหง้าแห้ง	
สะค้านแดง	จะค่านแดง			
ส้าน		ขูดใส่แผล ให้ช้างกินมีกำลัง	ราก	
สาบเสือ		แผลสด ตำพอกห้ามเลือด ยาฆ่าแมลง	ใบ	
สีเสียด		รักษาแผล		
สีเสียดต้น		แก้โรคท้องร่วง	เปลือก/ต้น	ป่า
สีเสียดไทย-เทศ		คุมและสมานแผลอย่างแรง		
หญ้าข้าวตุง	ข้าวตุง	แผลเป็นหนอน ทาแผล	ยอด/ใบ/ราก	ปลูกเอง
หญ้าคอกิ่ว		รักษาบาดแผล		
หญ้าคอตุง		แผลเป็นหนอน	ใบหรือต้นสด	
หญ้าตดหมา	ขี้หมาข้างรั้ว	ขับลม แก้ท้องร่วง กันบูดเน่า แก้ท้องอืด ท้องเสียบ	ใบ	ป่า
หญ้าเนื่ยวหนู	แห้วหมู			
หญ้าปืนตอ	ปกตอ	บำรุงกำลัง ตับ ปอด และหัวใจ ทุบใส่แผลวัวควายได้	หัว	
หญ้าแมงวาย	สาบเสือ	ใช้สมานแผล	ใบ	ป่า/บ้าน
หญ้ายองไฟ		ล้างละออง สมานแผล ฟอกเลือด		
หญ้าสามวัน	หญ้าหมอน้อย	สมานแผล ลดความดันเลือด แก้ไข้	ใบ	ป่า
หญ้าไส้ตัน		แก้ท้องเสีย		

สมุนไพร	ชื่อพ้อง	สรรพคุณ	ส่วนที่ใช้	แหล่งที่มา
หญ้าหนอง แหลว		ใช้ใส่ฝี ใส่แผลเป็นหนอง		
หญ้าหนอนตาย	ขอบชะนาง	ทาแผล ฆ่าหนอน		
หนามศร		แก้โรคท้องร่วง ท้องเสีย	เครือ	ป่า
หนุมาน ประสานกาย	สังกรณี	รักษาเชื้อราในปาก	ใบสด	
หมากนี๊ะ	สมอไทย	โรคลมต่าง ๆ ใช้สมานแผลต่าง ๆ	ลำต้น	
หว้า	ห้าขี้แพะ มะห้าขี้แพะ	รักษาเชื้อราในปาก	เปลือกต้นหว้า	
ห้าเนื้อ	มะห้า ต้นหว้า	แผลสด	เปลือก	
หูกวาง		บำรุงร่างกาย	ใบ	
เหงือกปลาหมอ	แก้มหมอเล จะเกร็ง อีเกร็ง	โรคผิวหนังเรื้อรังผื่นคัน	ทั้งต้น	
เหงือกปลาหมอน้อย		สมานแผล	ใบ	สวน/บ้าน
เหงือกปลาหมอน้อย		แก้โรคผิวหนัง รักษาฝีแผลเรื้อรัง	ลำต้น	ป่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(เอกสารแนบ ๔)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 4
การสกัดและการศึกษาสมบัติของเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

Extraction and Properties of Mucilage from Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)

ในโครงการวิจัย
"การศึกษาศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ และการเพิ่มมูลค่าพืชและวัสดุเหลือใช้จากแหล่งการเพาะปลูกจังหวัดน่าน"
ปีงบประมาณ 2550

โดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๐ และเงินสนับสนุนการวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร (ภาษาอังกฤษ) ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อภาษาไทย

เมือกจากกระเจี๊ยบ *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench มีสารพอลิแซคคาไรด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในการทดลองนี้ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพบางประการของเมือกที่สกัดได้จากกระเจี๊ยบเขียว นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในคุกกี้และน้ำสลัดชนิดข้น จากการทดลองสกัดสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเมือกคือการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องโดยใช้อัตราส่วนเมือกต่อเอธานอล (95%) 1:4 และเพิ่มขั้นตอนไดอะไลซิส โดยวิธีนี้ให้ yield 4.502 ± 0.01 กรัมเมือกแห้งต่อ 100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง เมือกมีโปรตีน 22.32 ± 0.04 % (db) ไขมัน 0.63 ± 0.05% (db) เถ้า 4.59 ± 0.09% (db) และคาร์โบไฮเดรต 72.46 ± 0.50% (db) สารเมือกที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้วมีความชื้นประมาณ 96% เมือกกระเจี๊ยบเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนัก มีค่า K และ n ในช่วง 15 °C ถึง 45 °C ที่ pH ประมาณ 6.6 อยู่ในช่วง 0.10 ถึง 5.47 $Pa{\cdot}s^n$ และ 0.24 ถึง 0.59 ส่วนที่ pH ประมาณ 3.7 ค่า K และ n อยู่ในช่วง 0.06 ถึง 4.32 $Pa{\cdot}s^n$ และ 0.26 ถึง 0.67 ตามลำดับ จากการใช้สารเมือกเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าโดคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวในสัดส่วนที่มากขึ้น มีค่าความเป็นของเหลวมากขึ้น และคุกกี้ที่อบได้มีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่มีการทดแทนเนยด้วยสารเมือกไม่เกิน 15% มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่ต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) อิมัลชั่นที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 10% เป็นส่วนผสมและใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเข้มข้น 1.0% เป็นสารให้ความคงตัวมีเสถียรภาพเป็นเวลา 11 วัน โดยไม่มีอิมัลซิฟายเออร์อื่นเป็นองค์ประกอบ และหยดน้ำมันในอิมัลชั่นมีขนาดไม่เกิน 10 μm เมื่อประยุกต์ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารเสริมลักษณะเนื้อสัมผัสในน้ำสลัดชนิดข้นสูตรที่มีการลดปริมาณน้ำมันลง 50% ของปริมาณน้ำมันในสูตรควบคุม พบว่า การใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% โดยน้ำหนักสามารถปรับน้ำสลัดสูตรลดน้ำมันให้มีความหนืดเทียบเคียงกับน้ำสลัดสูตรควบคุมได้ โดยน้ำสลัดสูตรที่มีเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีความสว่างลดลงเล็กน้อยและมีเฉดสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)

Okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench mucilage contains bio-active polysaccharides. In this present study, some chemical and physical properties of freshly extracted okra mucilage were characterized and its application as a fat substitute in butter cookies and salad dressing was investigated. The aqueous extraction of mucilage at room temperature followed by precipitation using four volumes of 95% ethanol followed by 48 hour dialysis against 20 volumes of distilled water yielded 4.502 g dry mucilage/100 g dry okra. The dry mucilage contained 22.32 g protein, 0.63 g fat, 4.59 g ash, and 72.46 g carbohydrate per 100 g. The dialyzed mucilage contains 96 g water/100 g mucilage. The 4.75 g total solids/100 g crude mucilage possesses flow behavior index (n) in the 0.26-0.29 range indicating shear thinning behavior and consistency index (K) from 5.60-10.59 $Pa{\cdot}s^n$ between 20°C to 60°C. After the mucilage was dialyzed, 0.2 to 1.0 g total solids/100 g mucilage showed K and n in the 0.10 - 5.47 $Pa{\cdot}s^n$ and 0.24 - 0.59, respectively, at pH 6.6 and 15-45 °C. A reduction in pH to 3.7 caused a decrease in K to 0.06 – 4.32 $Pa{\cdot}s^n$ and an increase in n to 0.26 - 0.67, respectively. Five to twenty g/100g butter substitute in cookies using crude okra mucilage led to a decrease in storage (G') and loss (G'') moduli and an increase in phase shift, indicating an increase in fluidity, of cookie dough as well as an increase in cookies' hardness. Panel's likeness score showed that butter-substituted cookies with up to 15 g/100g okra mucilage did not differ from the control cookies significantly ($p>0.05$). Application of 1.0% okra mucilage in 1:9 (soybean oil:water) emulsion without an addition of other emulsifiers resulted in emulsion stability for up to 11 days with < 10 μm oil droplet size. It was also observed that the addition of 2.5% okra mucilage in 50% reduced fat salad dressing improved the dressing consistency. The okra mucilage substituted salad dressing showed a decrease in lightness and an increase in redness and yellowness.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... ค
สารบัญเรื่อง (Table of Contents) ..... ง
สารบัญตาราง (List of Tables) ..... จ
สารบัญภาพ (List of Illustration) ..... ฉ
บทนำ 1
วัตถุประสงค์ 2
วารสารปริทัศน์ 3
1. กระเจี๊ยบเขียว 3
2. เมือก (Mucilage) 3
3. การใช้เมือกเป็นส่วนประกอบอาหาร 4
วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี 5
1. วัตถุดิบ 5
2. สารเคมี 5
3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 5
4. วิธีการทดลอง 6
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 10
1. การสกัดและตกตะกอนเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว 10
2. สมบัติทางการไหลของเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 12
3. การใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้ 16
4. การใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น 17
สรุปผลการทดลอง 21
เอกสารอ้างอิง 21

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่ 1.ส่วนผสมผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย 8
ตารางที่ 2.ส่วนประกอบของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรต่างๆ ในการทดลองนี้ 9
ตารางที่ 3.yield ของสารเมือกที่ได้จากการสกัดโดยวิธีของ Wu *et al.* (1995) และวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996) 10
ตารางที่ 4.yield ของเมือกที่อัตราส่วนเมือกต่อเอธานอลระดับต่างๆ 10
ตารางที่ 5.สมบัติทางเคมีของสารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 11
ตารางที่ 6.yield ของสารเมือกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของเอธานอล 11
ตารางที่ 7.ค่าความหนืดของสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว 4.75% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิต่างๆ 13
ตารางที่ 8.ลักษณะทางการไหลซึ่งแสดงด้วยค่า Consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของเมือกกระเจี๊ยบเขียว ที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้ว และมีความเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนักวัดที่ pH 6.6±0.1 และ pH 3.7±0.2 ที่อุณหภูมิ 15-45 °C 15
ตารางที่ 9.ความแข็งของคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว 16
ตารางที่ 10.คะแนนความชอบโดยรวมของคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว 16
ตารางที่ 11.ขนาดโดยเฉลี่ยของหยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวที่ pH 3.7 ± 0.2 18
ตารางที่ 12.ลักษณะทางการไหลที่แสดงโดยค่า consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวที่ pH 3.7 ± 0.2 และ 25°C 19
ตารางที่ 13.ลักษณะทางการไหลที่แสดงโดยค่า consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรควบคุม (FF) สูตรลดน้ำมัน 50% (RF) สูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 1.0% (RFOM 1.0) และสูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% (RFOM 2.5) 20
ตารางที่ 14.สีของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรควบคุม (FF) สูตรลดน้ำมัน 50% (RF) สูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 1.0% (RFOM 1.0) และสูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% (RFOM 2.5) 20

สารบัญภาพ (List of Illustration)

รูปที่ 1. flow curve ของสารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 4.75% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิต่างๆ 12
รูปที่ 2. Flow curve ของสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวที่มีความเข้มข้นต่างๆ 13
รูปที่ 3. อิทธิพลของความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบเขียว 0.2% (ก), 0.4% (ข), 0.6% (ค), 0.8% (ง), 1.0% (จ) ต่อลักษณะของหยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ pH 3.7 ± 0.2 17
รูปที่ 4. อิทธิพลของความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในช่วง 0.2% ถึง 1.0% ต่อเสถียรภาพของอิมัลชั่นที่ pH 3.7 ± 0.2 18

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชพื้นเมืองที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยชนิดหนึ่ง และเป็นผักส่งออกที่สำคัญของไทยรองจากหน่อไม้ฝรั่ง ฝักกระเจี๊ยบเขียวมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะวิตามินซีและแคลเซียม นอกนี้ยังประกอบด้วยสารจำพวกกัม (gum) และเพคติน (pectin)ทำให้ฝักกระเจี๊ยบที่ต้มสุกมีลักษณะเป็นเมือก เมือกนี้มีสมบัติช่วยป้องกันหลอดเลือดตีบตัน ป้องกันความดันโลหิต บำรุงสมอง ลดอาการโรคกระเพาะและยังมีฤทธิ์ขับพยาธิตัวจี๊ด (Lengsfeld et al. 2004; ดวงพร หมื่นวรรณ์ 2007) ในต่างประเทศ โดยเฉพาะญี่ปุ่น นิยมบริโภคทั้งในรูปของผลสดและแช่แข็ง ถึงแม้ว่า ผู้บริโภคจะเริ่มให้ความสนใจกระเจี๊ยบเขียว และเริ่มมีงานวิจัยประยุกต์ใช้เมือกจากกระเจี๊ยบเขียวในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดแล้วก็ตาม แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการสกัดและการศึกษาสมบัติของเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวยังมีอยู่น้อยมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมือกในกระเจี๊ยบเขียว รวมทั้งศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในอาหารที่มีไขมันสูง ข้อมูลจากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลนำร่องให้เกิดการใช้ประโยชน์จากเมือกกระเจี๊ยบเขียว และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มเชิงพาณิชย์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการสกัดและสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมือกในกระเจี๊ยบเขียว รวมทั้งศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในอาหารที่มีไขมันสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วารสารปริทัศน์

1. กระเจี๊ยบเขียว

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmochus esculentus* L. Moench) รู้จักกันดีในหลายชื่อ เช่น Okra Gumbo Lady's finger Quimbamto (แอฟริกา) ในประเทศไทยมีการเรียกชื่อกระเจี๊ยบแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น เช่น กระต้าด (แถบจังหวัดสมุทรสาคร, สมุทรปราการ) มะเขือมอญ (ภาคกลาง) มะเขือมื่น (ภาคเหนือ) ถั่วเละ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) กระเจี๊ยบเขียวมีลักษณะเป็นฝัก รูปเรียวยาว ปลายฝักแหลม มีทั้งชนิดฝักกลมและฝักเหลี่ยม ซึ่งมีเหลี่ยม 5-10 เหลี่ยม ขึ้นกับพันธุ์ในแต่ละฝักมีเมล็ด 80-200 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะกลมรีขนาดเดียวกับถั่วเขียว เมล็ดอ่อนมีสีขาว เมื่อแก่มีสีเทา ฝักแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจะแตกออกตามแนวรอยสันเหลี่ยมทำให้เห็นเมล็ดที่อยู่ข้างใน การขยายพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวทำได้โดยการใช้เมล็ด กระเจี๊ยบเขียวจัดเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง และเป็นผลิตผลทางการเกษตรหนึ่งใน 27 ชนิดที่กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมวิชาการเกษตรร่วมกันดำเนินการพัฒนาคุณภาพผลผลิต และตรวจรับรองกระบวนการผลิต

ฝักกระเจี๊ยบเขียวให้คุณค่าทางอาหารสูง เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และภัสรา ชวประดิษฐ์ (1994) รายงานว่าในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม มีแคลเซียม 72.7 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม วิตามินเอ 79.8 ยูนิต วิตามินบี 0.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 39.7 มิลลิกรัม น้ำมัน 14% โปรตีน 20% และมีสรรพคุณด้านสมุนไพร โดยสารประกอบจำพวกกัมและเพกตินในเมือกกระเจี๊ยบเขียวช่วยป้องกันอาการหลอดเลือดตีบตัน รักษาความดันโลหิต และบำรุงสมอง รักษาโรคกระเพาะอาหาร และยังมีสารขับพยาธิตัวจี๊ด เป็นยาหล่อลื่นใช้ในการรักษาโรคหนองใน มีสรรพคุณในการกัดเสมหะ แก้ไอ Lengsfeld และคณะ (2004) พบว่าเมือกกระเจี๊ยบเขียวสามารถยับยั้งการเกาะติดของแบคทีเรียแกรมลบ *Helicobacter pylori* บนเยื่อบุกระเพาะอาหาร ซึ่งมีรายงานว่า *H. pylori* เป็นสาเหตุของโรคแผลในกระเพาะอาหาร กระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ และโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารและลำไส้

2. เมือก (Mucilage)

เมือกคือสารที่พืชสร้างขึ้นตามธรรมชาติ ไม่ละลายน้ำแต่สามารถพองตัวได้ในน้ำ ให้สารละลายที่มีลักษณะข้นหนืด อาจมีคุณสมบัติเป็นกาวหรือไม่ก็ได้ เมือกมีลักษณะที่ไหลยืดตามธรรมชาติ ต่างจากกัมที่มีลักษณะเหนียวหนืด ทั้งเมือกและกัมระกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ และอาจมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบเล็กน้อย เมือกเป็นใยอาหารประเภท soluble dietary fiber Wu *et al.* (1995) รายงานว่าเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวมีโครงสร้างทางเคมีเป็น heterogenous polysaccharide ซึ่งเกิดจากการเชื่อมต่อกันของ d-galactose (40%) l –rhamnose (27%) d-galacturonic acid (24%) และโปรตีน (<4%) เมื่อถูกย่อยสลายแล้วจะได้ hexose pentose และ uronic acid สำหรับการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวนั้น มีรายงานวิธีการสกัดเมือกโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างกันตามวิธีของ Wu *et al.* (1995) และ Ndjouenkeu *et al.* (1996) ตามลำดับ Lengsfeld *et al.* (2004) รายงานว่าการตกตะกอนและการทำ

บริสุทธิ์มีผลต่อองค์ประกอบของเมือก หลังจากสกัดเมือกโดยใช้น้ำแล้ว นักวิจัยกลุ่มนี้ได้ทดลองตกตะกอนเมือกโดยใช้เอธนอลเข้มข้นร้อยละ 35, 45, และ 60 โดยปริมาตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เอธานอลที่มีความเข้มข้นต่างกันในการตกตะกอนเมือกส่งผลให้ได้ร้อยละผลผลิตต่างกัน โดยการตกตะกอนเมือกด้วยเอธานอลร้อยละ 45 โดยปริมาตรให้ร้อยละผลผลิตสูงที่สุด เมือกที่ได้มีสัดส่วนสารโมเลกุลใหญ่และมีค่าการละลายสูงสุด การใช้เอธานอลที่มีความเข้มข้นสูงในการตกตะกอนส่งผลให้เมือกมีการละลายกลับลดลง

3. **การใช้เมือกเป็นส่วนประกอบอาหาร**

เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารที่มีความหนืดสูง แม้จะมีคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ต่ำ แต่อาจใช้เป็นสารเสริมเสถียรภาพของอิมัลชั่นได้ (Ndjouenkeu, Akingbala & Oguntimein 1997) ที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายกลุ่มศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวทดแทนไขมันในอาหารที่มีไขมันสูง เช่น บราวนี่ (Tilmon & Romanchik-Cerpovicz 2001) คุกกี้ช็อคโกแลต(Romanchik-Cerpovicz, Tilmon & Baldree 2002) และอาหารหวานแช่แข็งที่ทำจากนม (Costantino & Romanchik-Cerpovicz 2004) งานวิจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการลดไขมันในสูตรอาหารโดยใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวทดแทน และอาหารที่ผลิตได้ยังคงมีลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่ต่างจากอาหารสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

Costantino และ Romanchik-Cerpovicz (2004) และ Romanchik-Cerpovicz, Costantino และ Gunn (2006) ทดลองใช้สารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียวในผลิตภัณฑ์ของหวานที่ทำจากนมแช่แข็ง (frozen dairy dessert) โดยทดแทนไขมันนมด้วยเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวในอัตราส่วน 25% 50% 75% และ 100% พบว่า สี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความรู้สึกตกค้างไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเมื่อทดแทนด้วยเมือก 100% ผู้บริโภครู้สึกถึงความรู้สึกตกค้างต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาถึงจุดหลอมเหลว และอัตราการละลาย พบว่า จุดหลอมเหลวของของหวานที่ทดแทนด้วยเมือกมีค่าไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และอัตราการละลายมีค่าลดลงเมื่อทดแทนด้วยสารเมือกในอัตราที่เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

1. **วัตถุดิบ**

   กระเจี๊ยบเขียว

2. **สารเคมี**

   2.1 สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

Ethyl alcohol	A.R. grade

   2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไขมัน

Petroleum ether	A.R. grade

   2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์โปรตีน

Sulfuric acid	A.R. grade
Sodium hydroxide	A.R. grade
Boric acid	A.R. grade
Selenium mixture	A.R. grade
Methyl red-methylene blue	

   2.4 สารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

Acetic acid	A.R. grade
Sodium acetate trihydrate	A.R. grade

3. **อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

   3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง (Sartorius A200S Mettler-Toledo, Switzerland)

   3.2 เครื่องเซนตริฟิวจ์ (IEC multi RF, 220/240 Thermo IEC, USA)

   3.3 ตู้อบลมร้อน (600 Memmert Gmiott Co. KG, Germany)

   3.4 ชุดย่อยและกลั่นโปรตีน (Kjedahl and Vapodest, K424 Büchi, Switzerland)

   3.5 ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus, EV16 Gerhardt Bonn, Germany)

   3.6 Rotary evaporator

   3.7 เตาเผา (Furnance Carbolote, S336RB Parsons Lane, Hope England)

   3.8 Bohlin rheometer (model C-VOR, Malvern Instruments Ltd., England)

   3.9 Texture analyser (model TA-XT2, Stable Micro Systems, Ltd., USA)

   3.10 Hand homogenizer (model x10/25, Ystral Gmbh, Germany)

   3.11 Magnetic stirrer

4. **วิธีการทดลอง**

4.1 ศึกษาการสกัดและตกตะกอนสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

4.1.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

การศึกษาการสกัดสารเมือกจะทำโดยเปรียบเทียบ yield ที่ได้จากการสกัดตามวิธีของ Wu *et al.* (1995) และ yield ที่ได้จากการสกัดตามวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996) ซึ่งวิธีการสกัดทั้งสองมีรายละเอียดดังข้างล่าง เลือกวิธีที่ให้ yield สูงกว่ามาใช้ในการสกัดเมือกเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

วิธีการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Wu et al. (1995)

1. ล้างฝักกระเจี๊ยบเขียว แกะเมล็ดออกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ
2. ปั่นกระเจี๊ยบเขียว 100 กรัมกับน้ำ 120 มิลลิลิตร โดยใช้ blender เป็นเวลา 1 นาที
3. กรองผ่านผ้าขาวบาง แยกกากออก
4. เซนตริฟิวจ์ด้วยแรงหมุนเหวี่ยง 15000 ×g ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}Cเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. เก็บส่วนใสที่ได้จากการเซนตริฟิวจ์ ทิ้งกาก
6. ตกตะกอนด้วยเอธานอล 85% โดยอัตราส่วนเมือกต่อเอธานอลเป็น 1:4
7. เซนตริฟิวจ์ด้วยแรงหมุนเหวี่ยง 15000 ×g ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 30 นาที
8. เก็บส่วนเมือก ทิ้งส่วนเอธานอล

วิธีการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวของ Ndjouenkeu et al. (1996)

1. ล้างฝักกระเจี๊ยบเขียว แกะเมล็ดออกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ
2. ปั่นกระเจี๊ยบเขียว โดยใช้ blender
3. นำกระเจี๊ยบเขียวปั่นละเอียด 10 กรัม มาผสมกับน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตรในขวดก้นกลม ให้ความร้อนในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. เซนตริฟิวจ์ด้วยแรงหมุนเหวี่ยง 2000 ×g เป็นเวลา 30 นาที
5. เก็บส่วนใส นำกากที่เหลือมาสกัดต่อด้วยน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร
6. ทำซ้ำข้อ 4 - 5 อีก 2 รอบ
7. นำส่วนใสทั้งหมดมากรองผ่านผ้าขาวบาง
8. ทำให้เข้มข้นขึ้นโดยใช้ rotary evaporator (T = 80°C, vacuum = 650 mmHg) จนมีปริมาตรเหลือประมาณ 1 ใน 4 ของปริมาตรเริ่มต้น
9. ตกตะกอนด้วยเอธานอล 85% โดยใช้สัดส่วนเมือกต่อเอธานอล 1:4

4.1.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวโดยแปรสัดส่วนเมือก:เอธานอล 85% เป็น 1:1 1:4 และ 1:6 ตามลำดับ เลือกสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดมาทดลองหาความเข้มข้นของเอธานอลที่เหมาะสมในการตกตะกอน โดยแปรความเข้มข้นของเอธานอลเป็น 20% 40% 60% 80% และ 95% เลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการตกตะกอน

เมือกที่ได้จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์บางส่วนโดยการไดอะไลซ์ผ่าน regenerated cellulose tubular membrane (MWCO 12,000-14,000, Membrane filtration products, Inc., USA) เป็นเวลา 2 วัน ใช้สัดส่วนเมือกต่อน้ำกลั่น 1:20 และเปลี่ยนน้ำกลั่น 4 ครั้งต่อวัน นำเมือกที่ได้ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และเส้นใยหยาบของเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว ตามวิธีของ AOAC (1995) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

4.2 ศึกษาสมบัติทางการไหลของเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

นำเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมาศึกษาสมบัติทางการไหลโดยใช้เครื่อง Bohlin Rheometer (model CVOR, Malvern Instruments, UK)

4.2.1 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นต่อลักษณะทางการไหลของเมือกกระเจี๊ยบที่ไม่ผ่านการไดอะไลซ์

- สำหรับเมือกที่ไม่ได้ปรับความเข้มข้น (total solids 4.75 กรัม/100 กรัม) ศึกษาลักษณะทางการไหลที่อัตราเฉือน 1-100 s^{-1} อุณหภูมิ 20°C 30°C 40°C 50°C และ 60°C
- สำหรับเมือกที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.25-4.75 กรัม/100 กรัม ศึกษาลักษณะทางการไหลที่อัตราเฉือน 0.001- 1000 s^{-1} ที่อุณหภูมิ 20°C

4.2.2 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และความเข้มข้นต่อลักษณะทางการไหลของเมือกกระเจี๊ยบที่ผ่านการไดอะไลซ์

- ศึกษาผลของอุณหภูมิ (15 25 35 และ 45 °C)
- ศึกษาผลของความเป็นกรดด่าง (pH 3.7 ± 0.2 และ pH 6.6 ± 0.1)
- ศึกษาผลของความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบ (0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 กรัม/100 กรัม)

4.3 ศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้

นำเมือกที่สกัดได้ไปใช้ทดแทนเนยในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยขั้นตอนการทำคุกกี้มีดังนี้

1. ตีเนย น้ำตาลให้ขึ้นฟู ใส่ไข่ตีจนเข้ากันดี
2. ร่อนผงฟู เกลือ แป้ง ผสมกัน จากนั้นใส่ส่วนผสมลงในเนยที่ตีแล้ว เติมวานิลาให้มีกลิ่นหอม
3. ตักใส่กรวย บีบลงในถาดให้เป็นชิ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น 2.20 เซนติเมตร
4. อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ตารางที่ 1. ส่วนผสมผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

ส่วนผสม	สูตรควบคุม	สูตรคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว			
		5%	10%	15%	20%
เนยสด (กรัม)	113.0	107.4	101.7	96.1	90.4
สารเมือก (กรัม)	-	5.65	11.3	17.0	22.6
น้ำตาล (กรัม)	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0
ไข่ไก่ (ฟอง)*	2	2	2	2	2
แป้งสาลี (กรัม)	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
ผงฟู (กรัม)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
เกลือ (กรัม)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
วานิลลา (ช้อนชา)**	2	2	2	2	2

* ไข่ไก่ขนาดกลาง 1 ฟอง มีน้ำหนักไม่รวมเปลือกประมาณ 50 กรัม

** วานิลลา 1 ช้อนชา มีปริมาตรประมาณ 4 มิลลิลิตร

นำคุกกี้มาวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง texture analyser (TA-XT2) จากนั้น ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ทุกสูตรโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 20 คน ใช้แบบทดสอบ Hedonic test

4.4 ศึกษาการใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น

4.4.1 การเตรียมอิมัลชั่น

เตรียมอิมัลชั่นโดยการผสมน้ำมันถั่วหลือง 1 ส่วนเข้ากับสารละลายเมือกกระเจี๊ยบที่มีความเข้มข้นต่างๆ (0.2-1.0% โดยน้ำหนัก) ปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เป็น 3.7±0.2 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรดด่างของอิมัลชั่นประเภทน้ำสลัดชนิดข้น โฮโมจีไนซ์ส่วนผสมโดยใช้ hand homogenizer (model x10/25, Ystral, Germany) ความเร็วในการหมุนของหัวผสม 24,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 4 นาทีที่อุณหภูมิห้อง

4.4.2 วัดขนาดหยดน้ำมันในอิมัลชั่น

ส่องดูลักษณะของหยดน้ำมันในอิมัลชั่นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (BX 51 TF, Olympus, Japan) ถ่ายภาพโดยใช้ PCTV USB2 Vision วัดขนาดและการกระจายของหยดน้ำมันโดยใช้โปรแกรม Image J analyzer program (National Institute of Health, USA).

4.4.3 ศึกษาเสถียรภาพและลักษณะทางการไหลของอิมัลชั่น

ศึกษาเสถียรภาพของอิมัลชั่นตามวิธีของ Huang, Kakuda และ Cui (2001) โดยใส่อิมัลชั่น 12 มิลลิลิตรลงในขวดก้นแบนที่มีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 25^{o}C วัดความสูง

ของส่วนผสม ความสูงของชั้นอิมัลชั่น และความสูงของสารละลายใสที่แยกออกมาทุกๆ วัน เป็นเวลา 30 วัน คำนวณค่าเสถียรภาพของอิมัลชั่น (Emulsion Stability; ES) ตามสมการที่ 1

$$ES\ (\%) = H_2 / H_1 \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ H_1 คือความสูงของอิมัลชั่นเมื่อเริ่มเก็บ และ H_2 คือความสูงของอิมัลชั่นที่เหลือ

ศึกษาลักษณะทางการไหลของอิมัลชั่นโดยใช้ flow test (Bohlin Rheometer, model CVOR, Malvern Instruments, UK)

4.4.4 ศึกษาการใช้เมือกเป็นสารเสริมเนื้อสัมผัสในน้ำสลัดชนิดข้นที่มีการลดปริมาณน้ำมัน

เตรียมน้ำสลัดชนิดข้นที่มีส่วนประกอบตามตารางที่ 2 ละลายน้ำตาลและเกลือในน้ำส้มสายชู ผสมส่วนประกอบทั้งหมดยกเว้นน้ำมันถั่วเหลืองเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องปั่นผสม (HR 1791, Philips, Indonesia) ใช้ความเร็วหัวผสมต่ำสุด ค่อยๆ เติมน้ำมันลงในส่วนผสมและผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน วัดสมบัติทางการไหลและเสถียรภาพ รวมทั้งวัดสีของน้ำสลัดที่เตรียมได้

ตารางที่ 2. ส่วนประกอบของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรต่างๆ ในการทดลองนี้

ส่วนประกอบ	สูตรควบคุม	สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50	สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือก 1 %	สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือก 2.5 %
ไข่ไก่ทั้งฟอง (กรัม)	25	25	25	25
น้ำตาล (กรัม)	59.5	59.5	59.5	59.5
เกลือ (กรัม)	4.5	4.5	4.5	4.5
น้ำส้มสายชู (กรัม)	33	33	33	33
นมข้นหวาน (กรัม)	9.5	9.5	9.5	9.5
มัสตาร์ด (กรัม)	3.75	3.75	3.75	3.75
น้ำมันถั่วเหลือง (กรัม)	82	41	41	41
เมือกกระเจี๊ยบ (ความชื้น 96%) (กรัม)	0	0	18.25	86.5

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การสกัดและตกตะกอนเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

ผลการสกัดสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวโดยวิธีของ Wu *et al.* (1995) และวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. yield ของสารเมือกที่ได้จากการสกัดโดยวิธีของ Wu *et al.* (1995) และวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996)

วิธีการสกัด	Wu *et al.* (1995) (กรัม/100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง)	Ndjouenkeu *et al.* (1996) (กรัม/100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง)
Yield	11.03	1.45

ในตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบ yield ของสารเมือกที่ได้จากการสกัดโดยที่ดัดแปลงจากวิธีของ Wu *et al.* (1995) และวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996) พบว่า yield ของสารเมือกที่ได้จากการสกัดโดยวิธีของ Wu *et al.* (1995) มีค่ามากกว่าวิธีของ Ndjouenkeu *et al.* (1996) ดังนั้น จึงเลือกวิธีของ Wu *et al.* (1995) เพื่อใช้ในการสกัดสารเมือกสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การแปรอัตราส่วนปริมาณเมือกต่อปริมาณเอธานอลที่ใช้ในการสกัดสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวโดยวิธีของ Wu *et al.* (1995) แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. yield ของเมือกที่อัตราส่วนเมือกต่อเอธานอลระดับต่างๆ

อัตราส่วนเมือก : เอธานอล	yield (กรัม/100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง)
1:1	10.39
1:4	12.47
1:6	6.15

จากตารางที่ 4 พบว่า yield ของสารเมือกที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนเมือกต่อเอธานอล เป็น 1 ต่อ 4 มีปริมาณมากที่สุด ดังนั้น จึงเลือกสกัดสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวโดยใช้อัตราส่วนนี้

อย่างไรก็ตาม พบว่าเมือกที่ได้นี้ยังมีสีเขียวและมีกากปนอยู่จากการสังเกตด้วยตาเปล่า เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 5) จะเห็นว่ายังมีเส้นใยหยาบเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมือก สันนิษฐานว่าเกิดเนื่องจากไม่สามารถแยกเมือกออกจากกากได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้ปรับปรุงขั้นตอนการแยกกากโดยใช้ผ้าขาวบางซ้อนกันหลายชั้นแทนการแยกโดยใช้ผ้าขาวบาง 1 ชั้น นอกจากนี้

ยังมีเถ้าในเมือกในปริมาณมาก จึงได้แก้ปัญหานี้โดยการเพิ่มขั้นตอนไดอะไลซิสเมือกหลังจากการตกตะกอนด้วยเอธานอลแล้วโดยใช้ regenerated cellulose tubular membrane (MWCO 12,000-14,000, Membrane filtration products, Inc., USA) ในน้ำกลั่นปริมาตร 20 เท่าของเมือก เป็นเวลา 2 วัน โดยเปลี่ยนน้ำวันละ 4 ครั้ง

ตารางที่ 5. สมบัติทางเคมีของสารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

ความชื้น (%)	โปรตีน (% dry wt.)	ไขมัน (% dry wt.)	คาร์โบไฮเดรต (% dry wt.)	เถ้า (% dry wt.)	เส้นใยหยาบ (% dry wt.)
95.25±0.39	33.56±0.99	1.54±0.03	54.21±2.00	8.77±1.03	1.93±0.02

การทดลองต่อไปเป็นการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของเอธานอลที่เหมาะสมในการตกตะกอนเมือกกระเจี๊ยบเขียว โดยแปรความเข้มข้นของเอธานอลเป็น 20 40 60 80 และ95% จากการทดลอง พบว่า เอธานอล 20 และ 40% ไม่สามารถตกตะกอนพอลิเมอร์จากเมือกกระเจี๊ยบเขียวได้ ตารางที่ 6 แสดงผล yield และองค์ประกอบทางเคมีของเมือกที่ตกตะกอนโดยใช้เอธานอล 60 80 และ 95% และผ่านการไดอะไลซิสแล้ว

ตารางที่ 6. yield ของสารเมือกที่ได้จากการแปรความเข้มข้นของเอธานอล

ความเข้มข้นของเอธานอล	yield (กรัม/100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง)	โปรตีน (% dry wt.)	ไขมัน (% dry wt.)	เถ้า (% dry wt.)	คาร์โบไฮเดรต (% dry wt.)
20%	ไม่ได้วิเคราะห์เนื่องจากไม่สามารถตกตะกอนเมือกได้				
40%	ไม่ได้วิเคราะห์เนื่องจากไม่สามารถตกตะกอนเมือกได้				
60%	3.948 ± 0.030^{a}	21.04 ± 0.82^{a}	0.43 ± 0.01^{a}	4.39 ± 0.21^{a}	74.14 ± 0.97^{a}
80%	4.173 ± 0.039^{b}	21.13 ± 0.74^{a}	0.31 ± 0.03^{a}	4.24 ± 0.60^{a}	74.33 ± 0.18^{a}
95%	4.502 ± 0.01^{c}	22.32 ± 0.04^{a}	0.63 ± 0.05^{a}	4.59 ± 0.09^{a}	72.46 ± 0.50^{a}

$^{a, b, c, \ldots}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

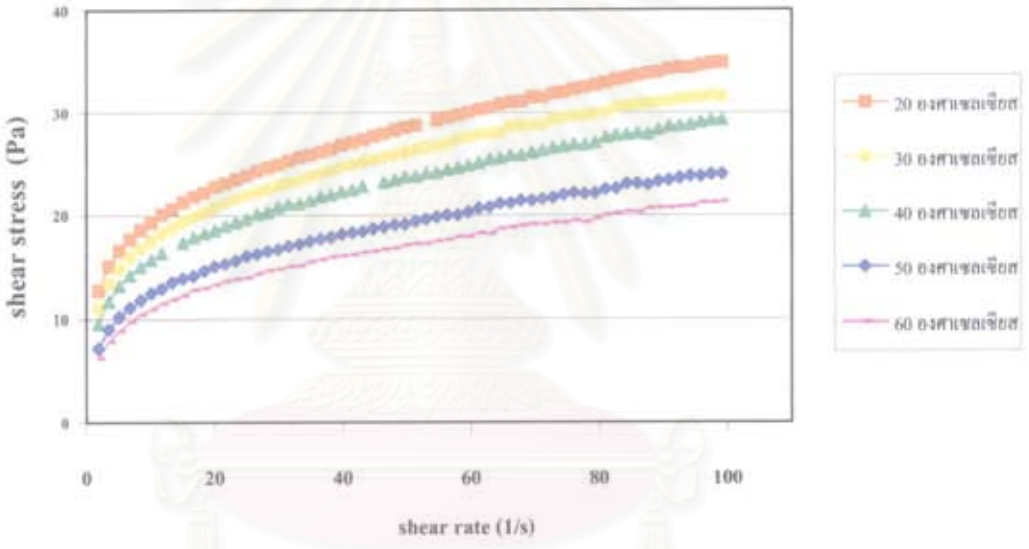
จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่า ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์มีผลต่อปริมาณ yield แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี โดย yield ที่ได้หลังจากมีการปรับปรุงขั้นตอนการแยกกากมีค่าต่ำลง

กว่าครึ่ง แต่จะเห็นได้ว่าสารเมือกที่ได้ไม่มีเส้นใยหยาบเป็นองค์ประกอบ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าต่ำลงเมื่อเทียบกับข้อมูลของเมือกที่ไม่ผ่านขั้นตอนไดอะไลซิสในตารางที่ 5 และเนื่องจากเอธานอล 95% ให้ค่า yield สูงที่สุด จึงเลือกความเข้มข้นนี้ในการสกัดเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเพื่อใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. สมบัติทางการไหลของเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว

2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นลักษณะทางการไหลของเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่ผ่านการไดอะไลซ์

รูปที่ 1 แสดงลักษณะทางการไหลของเมือกที่สกัดที่อุณหภูมิ 20°C 30 °C 40 °C 50 °C และ 60 °C



รูปที่ 1. flow curve ของสารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียว 4.75% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิต่างๆ

จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่อค่า shear rate เพิ่มมากขึ้นค่า shear stress จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่มีค่าความชันลดลง ซึ่งกราฟลักษณะนี้ แสดงว่า สารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวมีสมบัติเป็น shear-thinning นั่นคือ มีความหนืดลดลงเมื่อ shear rate เพิ่มขึ้น

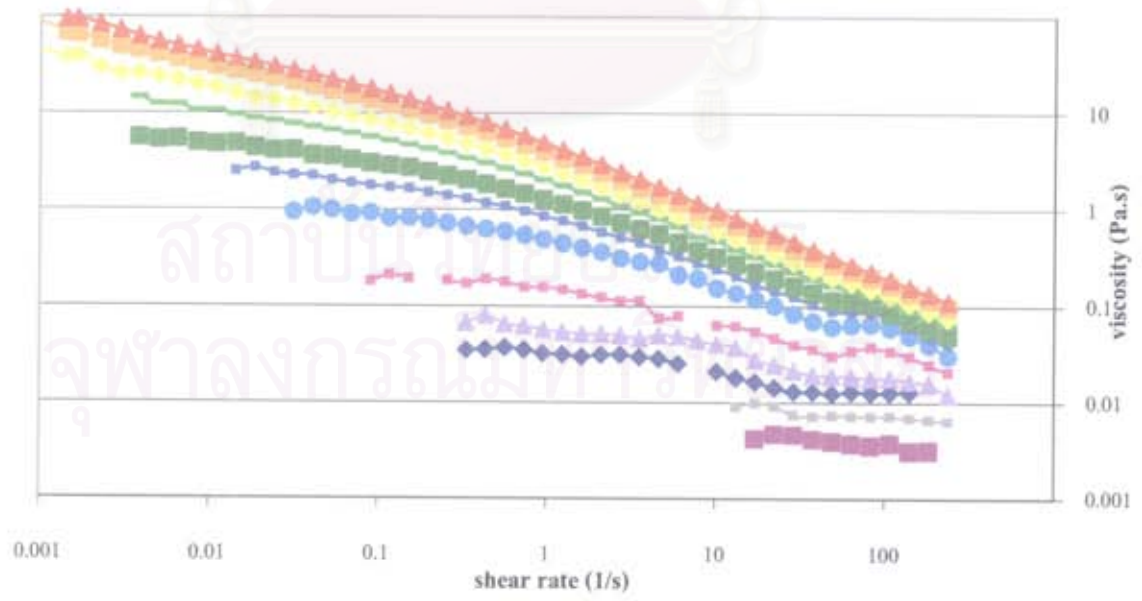
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปที่ 1 จะได้ค่า flow behavior index (n) และ consistency index (K) และสามารถคำนวณค่าความหนืดที่อัตราเฉือน 10 s^{-1} และ 100 s^{-1} ได้ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ค่าความหนืดของสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว 4.75% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (^{O}C)	n	K (Pa.s^{n})	μ_{100s}^{-1} (Pa.s)	μ_{10s}^{-1} (Pa.s)
20	0.26±0.01	10.59±0.04	0.35	1.93
30	0.26±0.00	9.34±0.28	0.31	1.70
40	0.27±0.00	8.16±0.21	0.28	1.52
50	0.29±0.00	6.34±0.11	0.24	1.24
60	0.29±0.00	5.60±0.17	0.21	1.09

จากตารางที่ 7 พบว่าค่า flow behavior index (n) มีค่าอยู่ในช่วง 0.26 – 0.29 และค่า consistency index (K) มีค่าอยู่ในช่วง 5.60 – 10.59 Pa.s^{n} ซึ่งค่า n ที่น้อยกว่า 1 แสดงว่าสารเมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่ผ่านการไดอะไลซ์แสดงสมบัติเป็น shear-thinning และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่า n มีค่าเพิ่มมากขึ้น แต่ค่า K มีค่าลดลง

เมื่อแปรความเข้มข้นของสารเมือกในช่วง 0.25-4.75 กรัม/100 กรัม สารละลายของเมือกมีลักษณะทางการไหลดังรูปที่ 2 ที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อสารเมือกมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น ความหนืดมีค่าเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2. Flow curve ของสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวที่มีความเข้มข้นต่างๆ

2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และความเข้มข้นต่อลักษณะทางการไหลของเมือกกระเจี๊ยบที่ผ่านการไดอะไลซ์

ตารางที่ 8 แสดงลักษณะทางการไหลซึ่งแสดงด้วยค่า Consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของเมือกกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้ว และมีความเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนัก ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าเมือกที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้วยังคงมีสมบัติทางการไหลเป็นแบบ shear-thinning ทั้งนี้ ทั้งค่าความเข้มข้น อุณหภูมิ และ pH ล้วนมีผลต่อลักษณะทางการไหลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ในช่วง 15 ถึง 45 °C ที่ pH ประมาณ 6.6 ค่า K และ n ของเมือกกระเจี๊ยบเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนัก อยู่ในช่วง 0.10 ถึง 5.47 $Pa \cdot s^n$ และ 0.24 ถึง 0.59 ส่วนที่ pH ประมาณ 3.7 ค่า K และ n อยู่ในช่วง 0.06 ถึง 4.32 $Pa \cdot s^n$ และ 0.26 ถึง 0.67 ตามลำดับ การลดค่า pH (เพิ่มปริมาณกรด) ส่งผลให้ค่า K ลดลง ขณะที่ n มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงการลดลงของสมบัติ shear-thinning ตามที่ Lengsfeld และคณะ (2004) รายงานว่า เมือกที่สกัดจากกระเจี๊ยบเขียวมีส่วนที่เป็น acidic polysaccharides จึงเป็นไปได้ว่า ในภาวะที่เป็นกรด แคทไอออนเกิดอันตรกิริยากับส่วนของพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ ส่งผลให้โมเลกุลของพอลิเมอร์ในเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีความยืดหยุ่นและหดตัวมากขึ้น จึงมี hydrodynamic volume ลดลง ทำให้ค่า K ลดลง และเนื่องจากโมเลกุลที่หดตัวลงมีการเคลื่อนที่ที่สะดวกขึ้น จึงทำให้ค่า n เพิ่มขึ้น

เมือกกระเจี๊ยบเขียวมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหลวโดยทั่วไป กล่าวคือ การเพิ่มอุณหภูมิและ/หรือการลดความเข้มข้นส่งผลให้ค่า K ลดลง และ n มีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลมีพลังงานมากขึ้น จึงเคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น การต่อต้านการไหลที่แสดงด้วยค่า K จึงลดลง ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นเป็นการเพิ่มจำนวนโมเลกุลในสารละลาย โดยทั่วไปทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น ค่า K จึงเพิ่มขึ้น และ n จึงลดลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8. ลักษณะทางการไหลซึ่งแสดงด้วยค่า Consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของเมือกกระเจี๊ยบเขียว ที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้ว และมีความเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนักวัดที่ pH 6.6±0.1 และ pH 3.7±0.2 ที่อุณหภูมิ 15-45 °C

C	T (°C)	K		n	
(% w/w)		pH 6.6±0.1	pH 3.7±0.2	pH 6.6±0.1	pH 3.7±0.2
0.2	15	$0.20^{a1} \pm 0.01$	$0.14^{a1} \pm 0.03$	$0.5^{a1} \pm 0.00$	$0.57^{a1} \pm 0.03$
	25	$0.15^{b1} \pm 0.01$	$0.11^{ab1} \pm 0.02$	$0.55^{ab1} \pm 0.01$	$0.61^{ab1} \pm 0.02$
	35	$0.13^{bc1} \pm 0.01$	$0.08^{b2} \pm 0.01$	$0.55^{ab1} \pm 0.00$	$0.64^{ab2} \pm 0.01$
	45	$0.10^{c1} \pm 0.02$	$0.06^{b1} \pm 0.01$	$0.59^{b1} \pm 0.03$	$0.67^{b1} \pm 0.04$
0.4	15	$0.55^{a1} \pm 0.01$	$0.43^{a1} \pm 0.05$	$0.42^{a1} \pm 0.00$	$0.47^{a2} \pm 0.01$
	25	$0.47^{b1} \pm 0.01$	$0.33^{ab2} \pm 0.03$	$0.43^{a1} \pm 0.01$	$0.49^{ab2} \pm 0.01$
	35	$0.39^{c1} \pm 0.01$	$0.26^{bc2} \pm 0.03$	$0.45^{b1} \pm 0.00$	$0.51^{bc2} \pm 0.01$
	45	$0.33^{d1} \pm 0.00$	$0.21^{c2} \pm 0.02$	$0.47^{c1} \pm 0.00$	$0.53^{c2} \pm 0.01$
0.6	15	$1.43^{a1} \pm 0.04$	$1.22^{a2} \pm 0.06$	$0.34^{a1} \pm 0.01$	$0.37^{a2} \pm 0.01$
	25	$1.15^{b1} \pm 0.06$	$0.92^{b1} \pm 0.09$	$0.36^{a1} \pm 0.01$	$0.39^{b2} \pm 0.01$
	35	$0.95^{c1} \pm 0.05$	$0.74^{bc2} \pm 0.05$	$0.39^{b1} \pm 0.01$	$0.42^{c2} \pm 0.01$
	45	$0.8^{c1} \pm 0.06$	$0.6^{c2} \pm 0.005$	$0.40^{b1} \pm 0.01$	$0.44^{c2} \pm 0.01$
0.8	15	$2.53^{a1} \pm 0.08$	$2.33^{a1} \pm 0.10$	$0.30^{a1} \pm 0.01$	$0.32^{a1} \pm 0.01$
	25	$2.02^{b1} \pm 0.01$	$1.86^{b1} \pm 0.15$	$0.32^{b1} \pm 0.01$	$0.35^{ab2} \pm 0.02$
	35	$1.66^{c1} \pm 0.05$	$1.49^{bc1} \pm 0.14$	$0.34^{c1} \pm 0.01$	$0.38^{ab2} \pm 0.02$
	45	$1.33^{d1} \pm 0.04$	$1.16^{c2} \pm 0.17$	$0.36^{d1} \pm 0.00$	$0.40^{b2} \pm 0.03$
1.0	15	$5.47^{a1} \pm 0.52$	$4.32^{a2} \pm 0.02$	$0.24^{a1} \pm 0.00$	$0.26^{a2} \pm 0.00$
	25	$4.60^{ab1} \pm 0.36$	$3.51^{b2} \pm 0.05$	$0.26^{b1} \pm 0.00$	$0.28^{b2} \pm 0.00$
	35	$3.60^{bc1} \pm 0.35$	$2.96^{c2} \pm 0.01$	$0.29^{c1} \pm 0.01$	$0.30^{c1} \pm 0.01$
	45	$2.90^{c1} \pm 0.21$	$2.30^{d2} \pm 0.06$	$0.31^{d1} \pm 0.00$	$0.33^{d2} \pm 0.00$

$^{a-d}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

^{1,2} ตัวเลขที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3. **การใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้**

ขั้นตอนนี้ศึกษาการใช้เมือกจากกระเจี๊ยบเขียวทดแทนเนยในการผลิตคุกกี้ที่มีไขมันต่ำ เนยเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตคุกกี้ เป็นองค์ประกอบที่ให้ลักษณะเนื้อครีมแก่ส่วนผสมคุกกี้ ทำหน้าที่หล่อลื่นส่วนผสมและกักเก็บฟองอากาศไว้ เมื่อนำส่วนผสมคุกกี้ไปอบ ฟองอากาศเหล่านี้จะขยายตัวและดันให้เกิดโครงสร้างรูพรุน ทำให้เกิดความกรอบร่วนของคุกกี้ แต่เนยแท้มีผลเสียต่อสุขภาพหากรับประทานในปริมาณมากและเป็นประจำ เนื่องจากมีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง การศึกษาในส่วนนี้มุ่งหมายที่จะใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารเสริมเนื้อสัมผัสในส่วนผสมคุกกี้ที่ลดปริมาณเนยลง 5 ถึง 20% โดยน้ำหนัก โดยคาดหวังว่า เมือกกระเจี๊ยบเขียวจะสามารถทำหน้าที่หล่อลื่นส่วนผสม และช่วยกักเก็บฟองอากาศในส่วนผสมคุกกี้ได้

ตารางที่ 9 แสดงผลการวัดค่าความแข็งของคุกกี้สูตรต่างๆ พบว่า เมื่อทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเพิ่มมากขึ้น ค่าความแข็งของคุกกี้จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากเมื่อแทนเนยด้วยสารเมือกทำให้แป้งผสมกักเก็บฟองอากาศได้น้อยลง คุกกี้ที่ได้จึงมีค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เมื่อแทนที่เนยด้วยเมือกกระเจี๊ยบเขียวไม่เกิน 10% ความแข็งของคุกกี้ไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าคุกกี้สูตรที่มีการทดแทนเนยด้วยเมือกกระเจี๊ยบเขียวไม่เกิน 15% ได้รับคะแนนความชอบไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9. ความแข็งของคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

	สูตรควบคุม	คุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว			
		5%	10%	15%	20%
ความแข็ง (กรัม)	422.8^{a} ±63.3	385.2^{a} ±124.7	499.3^{a} ±146.8	590.2^{b} ±185.0	837.5^{c} ±162.9

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10. คะแนนความชอบโดยรวมของคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว

	สูตรควบคุม	คุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว			
		5%	10%	15%	20%
คะแนนความชอบโดยรวม	5.13 ^{a} ± 0.92	5.47 ^{a} ± 1.25	5.13 ^{a} ± 1.60	4.80 ^{a} ± 1.42	3.47 ^{b} ± 1.46

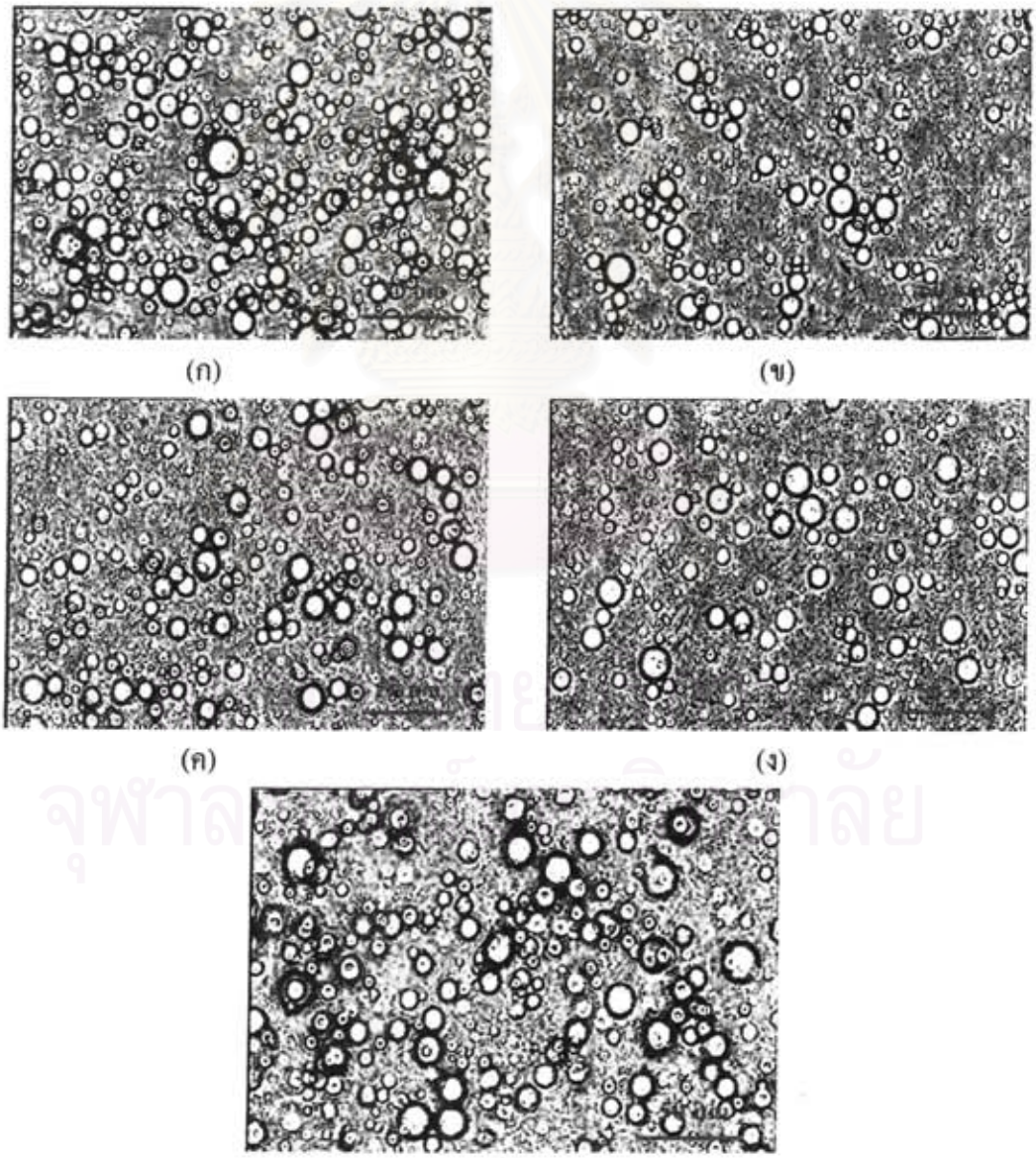
^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4. การใช้เมือกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น

ขั้นตอนนี้ศึกษาความคงตัวและลักษณะทางการไหลของอิมัลชั่นที่ใช้เมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัว รวมทั้งศึกษาการใช้เมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารปรับลักษณะเนื้อสัมผัสในน้ำสลัดชนิดข้นที่มีการลดปริมาณน้ำมัน

4.1 ขนาดหยดน้ำมันในอิมัลชั่น

หยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ใช้เมือกจากกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวมีขนาดไม่สม่ำเสมอ (รูปที่ 3) และมีขนาด 8.22 μm ถึง 9.90 μm เมื่อใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเข้มข้น 0.2% ถึง 1.0% โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 11) ทั้งนี้ หยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวที่มีความเข้มข้นต่างกันนั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ



(ก) (ข)

(ค) (ง)

(จ)

รูปที่ 3. อิทธิพลของความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบเขียว 0.2% (ก), 0.4% (ข), 0.6% (ค), 0.8% (ง), 1.0% (จ) ต่อลักษณะของหยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ pH 3.7 ± 0.2

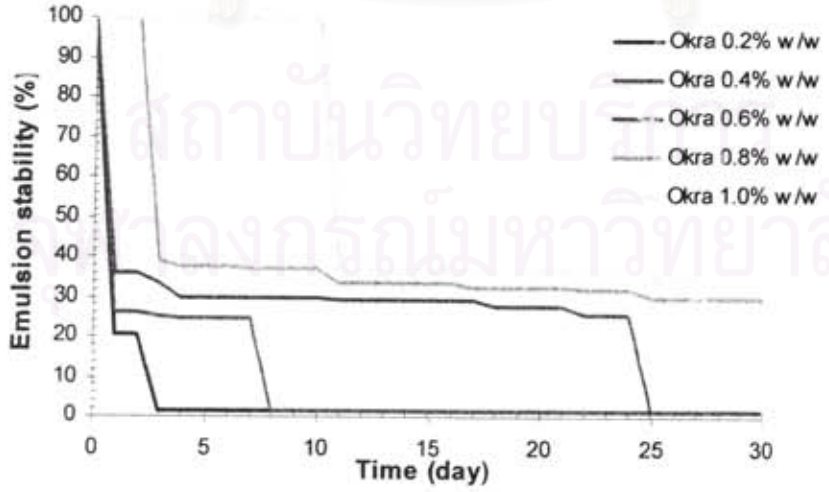
ตารางที่ 11. ขนาดโดยเฉลี่ยของหยดน้ำมันในอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวที่ pH 3.7 ± 0.2

ความเข้มข้นเมือกกระเจี๊ยบ (% w/w)	ขนาดหยดน้ำมันในอิมัลชั่น[ns] (μm)
0.2	9.28 ± 3.37
0.4	8.22 ± 2.55
0.6	8.59 ± 1.68
0.8	9.47 ± 2.25
1.0	9.90 ± 2.46

[ns] ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.2 เสถียรภาพและลักษณะทางการไหลของอิมัลชั่น

รูปที่ 4 แสดงเสถียรภาพของอิมัลชั่นที่ pH 3.7 ± 0.2 เมื่อใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเข้มข้น 0.2% ถึง 1.0% เป็นสารให้ความคงตัว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบ อิมัลชั่นมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น โดยอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบ 1% เป็นสารให้ความคงตัวและไม่ใช้สารทำอิมัลชั่นอื่นมีความคงตัวสูงถึง 11 วัน ส่วนอิมัลชั่นที่ใช้เมือกเข้มข้น 0.6% และต่ำกว่าไม่มีเสถียรภาพ



รูปที่ 4. อิทธิพลของความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบเขียวในช่วง 0.2% ถึง 1.0% ต่อเสถียรภาพของอิมัลชั่นที่ pH 3.7 ± 0.2

อิมัลชั่นที่มีเมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารเพิ่มความคงตัวมีลักษณะทางการไหลแบบ shear-thinning เช่นเดียวกับเมือกกระเจี๊ยบเขียว โดยมีค่า K และ n ในช่วง 0.08 $Pa \cdot s^n$ ถึง 3.77 $Pa \cdot s^n$ และ 0.28 ถึง 0.71 ตามลำดับ การเพิ่มความเข้มข้นของเมือกกระเจี๊ยบส่งผลให้อิมัลชั่นที่มีปริมาณน้ำมันเท่าเดิมมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น และมีการไหลเป็นแบบ shear-thinning เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 12. ลักษณะทางการไหลที่แสดงโดยค่า consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของอิมัลชั่นที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารให้ความคงตัวที่ pH 3.7 ± 0.2 และ 25°C.

ความเข้มข้นเมือกกระเจี๊ยบ (% w/w)	K ($Pa \cdot s^n$)	n
0.2	$0.08^{a} \pm 0.00$	$0.71^{a} \pm 0.02$
0.4	$0.27^{b} \pm 0.02$	$0.56^{b} \pm 0.00$
0.6	$0.86^{c} \pm 0.03$	$0.41^{c} \pm 0.01$
0.8	$1.87^{d} \pm 0.05$	$0.35^{d} \pm 0.01$
1.0	$3.77^{e} \pm 0.01$	$0.28^{e} \pm 0.00$

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.3 ศึกษาการใช้เมือกเป็นสารเสริมเนื้อสัมผัสในน้ำสลัดชนิดข้นที่มีการลดปริมาณน้ำมัน

จากการศึกษาเสถียรภาพของน้ำสลัดชนิดข้น 4 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม (FF) สูตรลดน้ำมัน 50% (RF) สูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 1.0% (RFOM 1.0) และสูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% (RFOM 2.5) พบว่า น้ำสลัดมีเสถียรภาพดี ไม่พบว่ามีการแยกชั้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน เสถียรภาพที่ดีนี้ ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่น้ำสลัดชนิดข้นมีไข่แดงซึ่งมีสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์เป็นส่วนผสม และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้เมือกกระเจี๊ยบเป็นสารให้ความคงตัว ผลการทดลองในตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันลงร้อยละ 50 จากปริมาณน้ำมันในน้ำสลัดสูตรควบคุม ค่า K ซึ่งเป็นค่าที่บ่งถึงความหนืดของน้ำสลัด มีค่าลดลงเหลือเพียงไม่ถึง 1 ใน 4 ของค่า K ของน้ำสลัดสูตรควบคุม แสดงว่าน้ำสลัดสูตรลดน้ำมันมีความหนืดลดลงอย่างมาก และอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเติมเมือกกระเจี๊ยบเขียวเข้มข้น 2.5% โดยน้ำหนักเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรที่ลดน้ำมัน พบว่า ค่า K ของน้ำสลัดสูตรลดน้ำมันมีค่าสูงขึ้นเทียบเคียงกับค่า K ของน้ำสลัดสูตรควบคุม โดยน้ำสลัดสูตร RFOM 2.5 มีค่า n น้อยกว่าสูตรควบคุมเพียงเล็กน้อย ในส่วนของลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำสลัดชนิดข้นสูตรที่เติมเมือก

กระเจี๊ยบเขียวมีความสว่างลดลงเล็กน้อย และสูตร RFOM 1.0 และ RFOM 2.5 มีเฉดสีแดงและเฉดสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 13. ลักษณะทางการไหลที่แสดงโดยค่า consistency index (K) และ flow behavior index (n) ของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรควบคุม (FF) สูตรลดน้ำมัน 50% (RF) สูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 1.0% (RFOM 1.0) และสูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% (RFOM 2.5)

สูตรน้ำสลัด	K ($Pa \cdot s^n$)	n
สูตรควบคุม (FF)	$10.44^{a} \pm 0.38$	$0.57^{a} \pm 0.01$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 (RF)	$2.46^{b} \pm 0.76$	$0.69^{b} \pm 0.03$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือกร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (RFOM 1.0)	$2.25^{b} \pm 0.07$	$0.78^{c} \pm 0.00$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือกร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก (RFOM 2.5)	$9.87^{a} \pm 0.23$	$0.41^{d} \pm 0.00$

a,b,c,... ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 14. สีของน้ำสลัดชนิดข้นสูตรควบคุม (FF) สูตรลดน้ำมัน 50% (RF) สูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 1.0% (RFOM 1.0) และสูตรลดน้ำมัน 50% ที่เติมเมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% (RFOM 2.5)

สูตรน้ำสลัด	L*(1)	a*(2)	b*(3)
สูตรควบคุม (FF)	$74.58^{a} \pm 0.65$	$-1.80^{a} \pm 0.07$	$19.25^{a} \pm 0.18$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 (RF)	$73.19^{b} \pm 0.33$	$-1.78^{a} \pm 0.13$	$20.07^{b} \pm 0.26$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือกร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (RFOM 1.0)	$74.34^{a} \pm 0.16$	$-1.23^{b} \pm 0.06$	$21.41^{c} \pm 0.63$
สูตรลดน้ำมันร้อยละ 50 เติมเมือกร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก (RFOM 2.5)	$71.49^{c} \pm 0.33$	$0.09^{c} \pm 0.34$	$22.06^{c} \pm 0.32$

a,b,c,... ตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

(1) L* Lightness บอกความมืด ความสว่าง

(2) a* ค่าที่ใช้กำหนดความเป็น สีแดง สีเขียว + a* = แดง , - a* = เขียว

(3) b* ค่าที่ใช้กำหนดความเป็น สีเหลือง สีน้ำเงิน + b* = เหลือง, - b* = น้ำเงิน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสกัดสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียว พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเมือกคือ การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องตามวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Wu *et al.* (1995) โดยใช้อัตราส่วนเมือกต่อเอธานอล (95%) 1:4 และเพิ่มขั้นตอนไดอะไลซิส โดยวิธีนี้ให้ yield 4.502 ± 0.01 กรัมเมือกแห้งต่อ 100 กรัมกระเจี๊ยบเขียวแห้ง เมือกมีโปรตีน 22.32 ± 0.04 % (db) ไขมัน 0.63 ± 0.05% (db) เถ้า 4.59 ± 0.09% (db) และคาร์โบไฮเดรต 72.46 ± 0.50% (db) สารเมือกที่ผ่านการไดอะไลซ์แล้วมีความชื้นประมาณ 96% เมือกกระเจี๊ยบเข้มข้น 0.2%-1.0% โดยน้ำหนัก มีค่า K และ n ในช่วง 15 °C ถึง 45 °C ที่ pH ประมาณ 6.6 อยู่ในช่วง 0.10 ถึง 5.47 $Pa{\cdot}s^n$ และ 0.24 ถึง 0.59 ส่วนที่ pH ประมาณ 3.7 ค่า K และ n อยู่ในช่วง 0.06 ถึง 4.32 $Pa{\cdot}s^n$ และ 0.26 ถึง 0.67 ตามลำดับ

จากการใช้สารเมือกเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าคุกกี้ที่ทดแทนเนยด้วยสารเมือกจากกระเจี๊ยบเขียวในสัดส่วนที่มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวแทนเนยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่มีการทดแทนเนยด้วยสารเมือกไม่เกิน 15% มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่ต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

อิมัลชั่นที่มีน้ำมันถั่วเหลือง 10% เป็นส่วนผสมและใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเข้มข้น 1.0% เป็นสารให้ความคงตัวมีเสถียรภาพเป็นเวลา 11 วัน โดยไม่มีอิมัลซิฟายเออร์อื่นเป็นองค์ประกอบ และหยดน้ำมันในอิมัลชั่นมีขนาดไม่เกิน 10 μm เมื่อประยุกต์ใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียวเป็นสารเสริมลักษณะเนื้อสัมผัสในน้ำสลัดชนิดข้นสูตรที่มีการลดปริมาณน้ำมันลง 50% ของปริมาณน้ำมันในสูตรควบคุม พบว่าการใช้เมือกกระเจี๊ยบเขียว 2.5% โดยน้ำหนักสามารถปรับน้ำสลัดสูตรลดน้ำมันให้มีความหนืดเทียบเคียงกับน้ำสลัดสูตรควบคุมได้ โดยน้ำสลัดสูตรที่มีเมือกกระเจี๊ยบเขียวมีความสว่างลดลงเล็กน้อยและมีเฉดสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา, ภัสรา ชวประดิษฐ์, สุดา สมันตรัฐ & สวง ม่วงเกษม 1994, อาหารจากกระเจี๊ยบเขียว, สำนักบริการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, Available at: <http://www.yupparaj.ac.th/DigitalLibrary/agri/green_2/index.html>.

ดวงพร หมื่นวรรณ์ 2007, 'กระเจี๊ยบเขียว' พืชยอดนิยมแดนปลาดิบ...ตลาดส่งออกสดใสจริง ๆ, Available at: <http://agro.psu.ac.th/index.php?option=com_content&task=view&id=1026&Itemid=113>

AOAC 1995, *Official Method of Analysis*, The Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.

Costantino, A. J. & Romanchik-Cerpovicz, J. E. 2004, 'Physical and sensory measures indicate moderate fat replacement in frozen dairy dessert is feasible using okra gum as a milk-fat ingredient substitute', *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 104, no. Supplement 2, p. 44.

Huang, X., Kakuda, Y. & Cui, W. 2001, 'Hydrocolloids in emulsions: Particle size distribution and interfacial activity', *Food Hydrocolloids*, vol. 15, no. 4-6, pp. 533-42.

Lengsfeld, C., Titgemeyer, F., Faller, G. & Hensel, A. 2004, 'Glycosylated Compounds from Okra Inhibit Adhesion of *Helicobacter pylori* to Human Gastric Mucosa', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 6, pp. 1495 - 503.

Ndjouenkeu, R., Akingbala, J. O. & Oguntimein, G. B. 1997, 'Emulisifying properties of three African food hydrocolloids okra (*Hisbiscus esculentus*), dika nut (*Irvingia gabonensis*) and khan (*Belschmiedia sp.*)', *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, vol. 51, pp. 245-55.

Ndjouenkeu, R., Goycoolea, F. M., Morrisa, E. R. & Akingbala, J. O. 1996, 'Rheology of okra (*Hibiscus esculentus* L.) and dika nut (*Irvingia gabonensis*) polysaccharides', *Carbohydrate Polymers*, vol. 29, no. 3, pp. 263-9.

Romanchik-Cerpovicz, J. E., Costantino, A. C. & Gunn, L. H. 2006, 'Sensory Evaluation Ratings and Melting Characteristics Show that Okra Gum Is an Acceptable Milk-Fat Ingredient Substitute in Chocolate Frozen Dairy Dessert', *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 106, no. 4, pp. 594-7.

Romanchik-Cerpovicz, J. E., Tilmon, R. W. & Baldree, K. A. 2002, 'Moisture Retention and Consumer Acceptability of Chocolate Bar Cookies Prepared With Okra Gum as a Fat Ingredient Substitute', *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 102, no. 9, pp. 1301-3.

Tilmon, R. W. & Romanchik-Cerpovicz, J. E. 2001, 'Feasibility of using okra exudate as a fat replacer in low fat chocolate dropped cookies', *Journal of the American Dietetic Association (Food & Nutrition Conference & Exhibition)*, vol. 101, no. 9, Supplement 1, pp. A-23.

Wu, A. M., Jiang, Y.-j., Hwang, P. Y. & Shen, F.-s. 1995, 'Characterization of the okra mucilage by interaction with Gal, GalNAc and GlcNAc specific lectins', *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, vol. 1243, no. 2, pp. 157-60.

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

รศ. ดร. สายรุพ ชัยวานิชศิริ

Assc. Prof. Dr. Saiwarun Chaiwanichsiri

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background :

B.Sc. Food Science (Kasetsart University, THAILAND)

M.S. Food Engineering (Ohio State University, USA.)

Ph.D. Food Engineering (Ohio State University, USA)

Research Interest :

Physical and thermal properties of foods, Thermal processing, freezing, and ohmic heating

ผลงานวิจัย /สิ่งตีพิมพ์

Chaiwanichsiri, S. 1988. Rate of nitric oxide heme formation in sausages. *J.Sci.Res.Chula.*Univ. 13(1):70-78.

Chaiwanichsiri, S., Monsikarn, M., and Suebsuk, N. 1991. Sensory quality of canned Buo-Bok juice. *J.Sci.Res.Chula.Univ.* 16(1):65-69.

Pankun, P., Tulyathan, V., Chaiwanichsiri, S., and Santabutr, K. 1991. Effects of pH and type of can on the detinning and quality of canned pineapple. The 8th World Congress of Food Science and Technology, Toronto, Canada.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., Thunpithayakul, C., and Mekmanee, S. 1993. Specific heat and thermal conductivity of fresh pineapples. International Workshop on Engineering Properties of Foods: Their determination and application in design and quality evaluation. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Wongpiriyapong, O., Pradipasena, P., and Chaiwanichsiri, S. 1994. Production of limit dextrin from mung bean starch. The 9th NRCT, NUS, DOST-JSPS Joint Seminar on Bitechnology: Biotechnology for Economy and Pollution Control, Khonkaen, Thailand.

Thunpithayakul, C., Laohasongkram, K., Chaiwanichsiri, S., and Wana-Intarayude, P. 1994. Effects of thawing and temperature on thermal properties of squid and cuttlefish. Presented at the 1994 IFT Annual Meeting & Food Expo, Atlanta, Georgia, U.S.A.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., Thunpithayakul, C., and Mekmanee, S. 1995. Thermo-physical properties of fresh and frozen pineapples. *ASEAN Food J.* 10(4): 1-5.

Laohasongkram, K., Chaiwanichsiri, S., Thunpithayakul, C., and Ruedeesarnt, W. 1995. Thermal properties of mangoes. *J.Sci.Soc.Thailand* 21(2): 63-74.

Thaiudom, S., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 1995. Process development of instant Buo-Bok drink. FoSTAT Food Conference 1995. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok.

Kunaree, O., Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Thunpithayakul, C. 1997. Thermo-physical properties of frozen cuttlefish. *Proceedings of the 6th Asean Food Conference. 24-27 November, 1997, Singapore, pp.543-548.*

Chaiwanichsiri, S., Dharmsuriya, N., Sonthornvit, N., and Janjarasskul, T. 2000. Process improvement to preserve the color of instant pennywort Centella asiatica (Linn.) Urban. *J.Sci.Res.Chula.Univ.* 25(2):233-243.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Koon-Aree, O. 2001. Freezing time prediction for cuttlefish. *Science Asia* 27:221-226.

Chaiwanichsiri, S., Ohnishi, S., Suzuki, T., Takai, R., and Miyawaki, O. 2001. Measurement of electrical conductivity, differential scanning calorimetry and viscosity of starch and flour suspensions during gelatinisation process. *J.Sci.Food Agric.* 81:1586-1591.

Ratana-arporn, P., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2003. The electrical conductivities of selected solids during ohmic heating as affected by voltage. Proceedings of the 8th ASEAN FOOD CONFERENCE, 8-11 October 2003, Hanoi, Vietnam. Volume 1:311-313.

Chaiwanichsiri, S., Miyawaki, O., and Suzuki, T. 2004. Electrical conductivity, differential scanning calorimetry, and viscosity of potato starch suspension during gelatinization: Effect of additives. Presented at the International Congress on Engineering and Food (ICEF 2004), Montpellier, France. Abstract No.720, p.215.

Ratana-arporn, P., Laohasongkram, K., and Chaiwanichsiri, S. 2005. Ohmic heating of model food mixture containing fish-protein particulate at sterilization temperature. Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand, pp. 641-649.

พรรณพิลาส สายแก้ว, พราวพร เล็กอุทัย, สุพัตรา เพียรประเสริฐกุล และสายรุพ ชัยวานิชศิริ. 2548. การพัฒนากระบวนการผลิตอาหารสำเร็จรูปร้อนจากลูกเดือย. เสนอในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 13 ประจำปี 2548 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 16-17 มีนาคม 2548. หน้า 172.

นพร แซ่เบ๊, กัลยา เลาหสงคราม และ สายรุพ ชัยวานิชศิริ. 2548. ผลของการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเชื่อมขวางต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชสาคูไทย (*Maranta arundinaceae* L.) และสาคูจีน (*Canna edulis* Ker.). เสนอในการประชุมวิชาการครั้งที่ 13 ประจำปี 2548 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 16-17 มีนาคม 2548. หน้า 40.

ภัณฑิรา เหมภัทรสุวรรณ, สายรุพ ชัยวานิชศิริ, และกัลยา เลาหสงคราม. 2548. Effect of variety and milling on physicochemical properties of sorghum flour. เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 ณ เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา 18-20 ตุลาคม 2548. บทคัดย่อหน้า 276.

Sae-Bae, N. Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Miyawaki, O. 2005. Effect of cross-linking on physical properties of *Maranta arundinaceae* starches. Proceedings of the Thailand-Japan Technology Transfer Project Symposium, 26 November, 2005, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. Session 4: Biotechnology & Food Technology, pp.16-19.

Sungtong, P., Chaiwanichsiri, S., Ruangtrakool, B., Suzuki, T., Takai, R. and Tantratian, S. 2006. Effect of phosphate salts and transglutaminase in prevention of freeze-cracking in frozen diced broiler breast. *Journal of Food Process Engineering* 29:174-187.

ภัณฑิรา เหมภัทรสุวรรณ, สายรุพ ชัยวานิชศิริ และกัลยา เลาหสงคราม. 2549. Effect of variety and milling on physicochemical properties of sorghum starch. เสนอในการประชุมวิชาการ 8th Agro-Industry Conference ณ ศูนย์การประชุมและนิทรรศการนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ 15-16 มิถุนายน 2549

พนิดา งามเชื้อชิต, นิภาพร สารเศวตร์, สรพัชร เสมอกาย, และสายรุ้ง ชัยวานิชศิริ. 2549. การปรับปรุงการละลายของมะเขือเทศผง. เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ 10-12 ตุลาคม 2549. บทคัดย่อหน้า 262.

มนทกานต์ เบญจผลกร, กัลยา เลาหสงคราม และสายรุ้ง ชัยวานิชศิริ. 2549. สมบัติทางความร้อนของแป้งและสตาร์ชจากเกาลัดน่าน. เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ 10-12 ตุลาคม 2549. บทคัดย่อหน้า 260.

ภัทรี ทิพยรักษ์, สายรุ้ง ชัยวานิชศิริ และกัลยา เลาหสงคราม. 2549. ผลของการเตรียมและมอลโตเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของน้ำลูกเดือยผง. เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ 10-12 ตุลาคม 2549. บทคัดย่อหน้า 260.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., Sae-Bae, N., and Miyawaki, O. 2006. Physical Properties of Cross-Linked *Canna edulis* Ker. Starches. Proceedings of the 1st International Conference on Science and Applied Science, Vientianne, PDR Laos, 5-7 November, 2006, pp. 301-305.

Laohasongkram, K., Chaiwanichsiri, S. and Chanprasartsuk, O. 2006. Hurdle Technology for Canned Red Curry-Paste Process. Proceedings of the 1st International Conference on Science and Applied Science, Vientianne, PDR Laos, 5-7 November, 2006, pp. 306-311.

Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T., and Takai, R. 2007. Effects of freezing and thawing on quality changes of tiger shrimp (*Panaeus monodon*) frozen by air blast and cryogenic freezing. *Journal of Food Engineering* 80(1):292-299.

Pattamarungson, P., Laohasongkram, K., and Chaiwanichsiri, S. 2007. Effect of Soymeal on Physico-Chemical and Sensory Properties of Egg Noodles. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Techaratanakrai, B., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2007. Effects of Infusion Temperature and Time on Antioxidant Activity of Herbal Infusions. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Poonnakasem, N., Laohasongkram, K. and Chaiwanichsiri, S. 2007. Effects of Humectants and Lactic Acid on Qualities of Custard Cream and Chinese Steamed Bun. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รศ. ดร. กัลยา เลาหสงคราม

Assc. Prof. Dr. Kalaya Laohasongkram

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background :

B.Sc. (Honors) Chemical Technology (Chulalongkorn University, Thailand)

M.Sc. Environmental Engineering (Asian Institute Technology, Thailand)

Ph.D. Biotechnology (Massey University, New Zealand)

Research Interest :

1. Physical and thermal properties of foods; fruits vegetables flour/ starch
2. Food processing, i.e., thermal processing, freezing
3. Food product development

ผลงานวิจัยและสิ่งตีพิมพ์

Kunaree, O., Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Thunpitayakul, C. 1997. Thermo-physical properties of frozen cuttlefish. Proceedings of the 6th ASEAN Food Conference. 24-27 November, 1997. Singapore, pp. 543-548.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Koon-Aree, O. 2001. Freezing time prediction for cuttlefish. *Science Asia* 27:221-226.

อรอง จันทร์ประสาทสุข, สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, และ กัลยา เลาหสงคราม 2546. กระบวนการผลิตน้ำพริกแกงเผ็ดกระป๋องโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล. เสนอในการประชุมวิชาการครั้งที่ 11 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 53

ทวีศักดิ์ พงศ์พรทรัพย์, ปวีณา ศรีรังสรรค์ และ กัลยา เลาหสงคราม. 2547. ผลของน้ำตาล, pH, ของแข็งที่ไม่ละลายและความต่างศักย์ไฟฟ้าต่อสภาพนำไฟฟ้าของน้ำแครอทและน้ำเสาวรสในการให้ความร้อนด้วยวิธีโอห์มมิก เสนอในการประชุมวิชาการครั้งที่ 12 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 48

Ratana-Arporn, P., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2003. The electrical conductivities of selected solids during ohmic heating as affected by voltage. Presented at the 8th ASEAN Food Conference, Hanoi, Vietnam.

Ratana-arporn, P., Laohasongkram, K., and Chaiwanichsiri, S. 2005. Ohmic heating of model food mixture containing fish-protein particulate at sterilization temperature. Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand, pp. 641-649.

นพร แซ่เบ๊, กัลยา เลาหสงคราม และ สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ. 2548. ผลของการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเชื่อมขวางต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชสาคูไทย (*Maranta arundinaceae* L.) และสาคูจีน (*Canna edulis* Ker.). เสนอในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 13 ประจำปี 2548 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 16-17 มีนาคม 2548. หน้า 40.

ภัณฑิรา เหมภัทรสุวรรณ, สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ, และ กัลยา เลาหสงคราม. 2548. Effect of variety and milling on physicochemical properties of sorghum flour. เสนอในการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31 ณ เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา 18-20 ตุลาคม 2548. บทคัดย่อหน้า 276

Sae-Bae, N. Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., and Miyawaki, O. 2005. Effect of cross-linking on physical properties of *Maranta arundinaceae* starches. Proceedings of the Thailand-Japan Technology Transfer Project Symposium, 26 November, 2005, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. Session 4: Biotechnology & Food Technology, pp.16-19.

Benjapalakorn, M., Laohasongkram, K., and Chaiwanichsiri, S. 2006. Thermal properties of flour and starch from chestnut *Sterculia monosperma* Vent. Presented at the 32nd Congress on Science and Technology of Thailand, 10-12 October, 2006, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Tiphyarug, P., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2006. Effect of preparing and maltodextrin content on spray-dried Job's tears drink powder qualities. Presented at the 32nd Congress on Science and Technology of Thailand, 10-12 October, 2006, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Haempattarasuwan, P., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2006. Effect of variety and milling on physicochemical properties of sorghum starch. Presented at the 8th Agro-Industry Conference, BITEC, Bangna, Bangkok, 15-16 June, 2006.

Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K., Sae-Bae, N., and Miyawaki, O. 2006. Physical Properties of Cross-Linked *Canna edulis* Ker. Starches. Proceedings of the 1st International Conference on Science and Applied Science, Vientianne, PDR Laos, 5-7 November, 2006, pp. 301-305.

Laohasongkram, K., Chaiwanichsiri, S. and Chanprasartsuk, O. 2006. Hurdle Technology for Canned Red Curry-Paste Process. Proceedings of the 1st International Conference on Science and Applied Science, Vientianne, PDR Laos, 5-7 November, 2006, pp. 306-311.

Pattamarungson, P., Laohasongkram, K., and Chaiwanichsiri, S. 2007. Effect of Soymeal on Physico-Chemical and Sensory Properties of Egg Noodles. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Techaratanakrai, B., Chaiwanichsiri, S., and Laohasongkram, K. 2007. Effects of Infusion Temperature and Time on Antioxidant Activity of Herbal Infusions. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Poonnakasem, N., Laohasongkram, K. and Chaiwanichsiri, S. 2007. Effects of Humectants and Lactic Acid on Qualities of Custard Cream and Chinese Steamed Bun. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October, 2007, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผศ. ดร. พาสวดี ประทีปะเสน

Asst. Prof. Dr. Pasawadee Pradipasena

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background :

B.Sc. Chemical Technology (CU, Thailand)

S.M. Food Science and Technology (M.I.T., USA)

Sc.D. Food Science and Technology (M.I.T., USA)

Research Interest :

Rheology of biopolymers, Biopolymer Characterization and Fabrication

Active Research :

Rheological and thermal properties of starches , Production of fat replacer from mung been protein

Encapsulation of vitamin A using polysaccharides

List of Publications :

Technical Papers

Pradipasena. P., Tattiyakul, J., Nakamura, K. And Miyawaki, O. 2007. Temperature dependence of fraction of frozen water in solutions of glucose and its oligomers, dextrans and potato starch. *Food Scienceand Technology Research.* 13(4): 286-290.

Tattiyakul, J., **Pradipasena, P.,** and Asavasaksakul, S. 2007**.** Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott amylopectin structure and its effect on starch functional properties. *Starch/St□rke.* 59(7): 342-347.

Sirikulchayanont, P., Jayanta, S., **Pradipasena, P**. and Miyawaki, O. 2007. Characteristics of microparticulated particles from mung bean protein. *International Journal of Food Properties.* 10(3): 621-630.

Tattiyakul, J, Naksriarporn, T., **Pradipasena, P**., and Miyawaki, O. 2006. Effect of moisture level on the hydrothermal modification of yam *Dioscorea hispida* Dennst starch. *Starch/St□rke.* 58: 170-176.

Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S., and **Pradipasena, P.** 2006. Chemical and physical properties of taro starch *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in Thailand. *Science Asia.* 32(3): 274-289.

Noosuk, P., Hill, S.E., Farhat, I.A., **Pradipasena, P.,** and Mitchell, J.R. 2005. Relationship between viscoelastic properties and Starch Structure in Rice from Thailand. *Starch/St□rke* 57(12): 587-598.

Noosuk, P., Hill, S.E., **Pradipasena, P.,** and Mitchell, J.R. 2003. Structure-Viscosity Relationships for Thai Rice Starches. *Starch/St□rke*: 337-344.

Pradipasena. P., Israeli, O., Lu, M., Chen, S.-GH., Briganit, G., and Rha, C.K. 1992. *Changes in Conformation of globular proteins induced by a non-ionic surface active agent.* In: **Protein Interaction.** H. Visser, ed., VCH Weinheim. pp 293-312.

Yu, L.P., Burns, J.W., Shiedlin, A., Guo, Y., Jankowski, T., **Pradipasena, P.** and Rha, C. 1992. Rheological characteristics of microbially derived sodium hyaluronate. In: **Harnessing Biotechnology, 21st Century, Proc. Int. Biotechnol. Symp. Expo., 9th.** M.R. Ladish anf A. Bose eds. Am. Chem. Soc. Washington D.C. pp. 80-84.

Hur, J.W., Osten, C.V.D., **Pradipasena, P**., and Rha, C.K. 1990. On energy saving and quality improvement of food process (1): Applications of hotwire monitoring system for food biotechnology. *K. J. Biotech. Bioeng.* 5(4):403-410. (in Korean)

Nakamura, T., **Pradipasena, P.**, and Rha, C.K. 1988. *Hydrodynamic volume and chain flexibility of extracellular polysaccharid producted by Zoogloea ramigera*. 115. In: **Proceedings of International Symposium on Flocuulation in Biotechnology and Separation Systems**. Y.A. Atia ed. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam.

Nakamura, T., Koo, S.J., **Pradipasena, P.**, Rha, C.K., and Sinskey, A.J. 1987. *Solution properties of polysaccharide flocculant producted by Zoogloea ramigera*. 115. In: **Proceedings of International Symposium on Flocuulation in Biotechnology and Separation Systems.** Y.A. Atia ed. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam. pp. 399-413.

Pradipasena, P., and Rha, C.K. 1979. Effect of concentration on apparent viscosity of a globular protein solution. *Polym. Eng. Sci.* 17(2): 861-864.

Pradipasena, P., and Rha, C.K. 1977. Pseudoplastic and rheopectic properties of a globular proteins solution. *J. Texture Studies* 8(3):311-325.

Book Chapter

Rha, C.K. and **Pradipasena P.** 1986. *Viscosity of proteins*. In: **Functional Properties of Food Macromolecules.** J.R. Mitchell and D.A. Ledward, eds., Elsevier Applied Science Publisher, London. Pp.79-120.

Patents

Rha, C.K., **Pradipasena, P.**, Nakamura, T., Easson, D.D., and Sinskey, A.J. 1991. Compositions Utilizing an Exocellular Polysaccharides Isolated from *Zoogloea ramigere*. U.S. Patent 5,008,108.

Rha, C.K., Pradipasena, P., Nakamura, T., Easson, D.D., and Sinskey, A.J. 1989. Method for Utilizing Exocellular Polysaccharides Isolated from *Zoogloea ramigere*. U.S. Patent 4,851,939.

Presentations

Noosuk, P., Hill, S.E., Pradipasena, P. And Mitchell, J.R. 2005. Amylose content and amylopectin fine structure of Thai rice starches. *Proceeding of the 3rd* Conference on Starch Technology, *November 4th – 5th, 2005, Bangkok, THAILAND.*

Naksriarporn, T., Tattiyakul, J., **Pradipasena, P.**, and Miyawaki, O. 2005. Chemical and physical properties of native and hydrothermal modified yam *Dioscorea hispida* Dennst starch. *Proceeding of the Thaialand-Japan Technology Transfer Project Symposium. November 26th, 2005. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.*

Asavasaksakul, S., Tattiyakul, J., and **Pradipasena, P.** 2005. Chemical and physical properties of taro starch *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in Thailand. *Proceeding of the 3rd Conference on Starch Technology, November 4th – 5th, 2005, Bangkok, THAILAND.*

Naksriarporn, T., Tattiyakul, J., and **Pradipasena, P.** 2005. Heat moisture modification of Thai yam *Dioscorea hispida* Dennst starch. *Proceeding of the 3rd* Conference on Starch Technology, *November 4th – 5th, 2005, Bangkok, THAILAND.*

Pradipasena, P., Jantawat, P., Sanguandeekul, R., and Chaiwanichsiri, S. 2000. Biopolymer Technology. *TProceeding of the 1st Conference on Science and Technology University-Industry Linkages under TJTTP Chulalongkorn University, December64th – 7th, 2000, Bangkok, Thailand.*

Chollakup, R., Rattanarojmongkol, T., Tantratian, S., and **Pradipasena, P.** 1994. Physical properties of cellulose film form Nata. *The 9th NRCT, NUS, DOST-JSPS Joint Seminar on Biotechnology : Biotechnology for Economy and Pollution Control, Khonkhan, Thailand.*

Wongpiriyapong, O., **Pradipasena, P.**, and Chaiwanichsiri, S. 1994. Production of b-limit dextrin from mung bean starch. *The 9th NRCT, NUS, DOST-JSPS Joint Seminar on Biotechnology: Biotechnology for Economy and Pollution Control, Khonkhan, Thailand.*

ผศ. ดร. จิรารัตน์ ทัดดิยกุล

Asst. Prof. Dr. Jirarat Tattiyakul

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background

B.Sc. (Honors) Food Technology and Biotechnology (Chulalongkorn University, Thailand)

M.Sc. Food Technology (Chulalongkorn University, Thailand)

M.S., Food Science and Technology (Cornell University, New York, USA)

Ph.D. Food Science and Technology (Cornell University, New York, USA)

Research Interest:

Rheological characterization of foods, Thermal processing, Mathematical modeling and simulation of transport phenomena in food processing

Active Research:

1. Production of antimicrobial micro-particle for processed foods that are not commercially sterilized and packaged in presence of oxygen.
2. Optimization of thermal process parameters for the production of chili paste in retort pouch.
3. Crosslinking of gelatin for use in the production of electrospun gelatin fiber

List of Publications:

จิรารัตน์ ทัดดิยกุล. 2544. ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าว" วารสารเกษตรก้าวหน้า ฉบับที่ 3, 2544: หน้า 34 – 42 และ 47

Book chapter

Tattiyakul, J., Liao, H-J. & Rao, M. A. 2002. Modeling viscosity of starch dispersion and dough during heating: master curves of complex viscosity, in "Engineering and Food for the 21st Century," edited by J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Cánovas & J.M. Aguilera, pp. 381-391, CRC Press, New York.

Technical Paper

1. **Tattiyakul, J.,** Liao, H.-J., and Rao, M.A. 2008. Measurement of flow behavior of food dispersions. *International Journal of Food Properties*. 11(4):xxx-xxx. (*In press*)
2. Songchotikunpan, P., **Tattiyakul, J.** and Supaphol, P. 2008. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 42(3): 247-255.
3. Pradipasena, P., **Tattiyakul, J.,** Nakamura, K., and Miyawaki, O. 2007. Temperature dependence of fraction of frozen water in solutions of glucose and its oligomers, dextrans, and potato starch. *Food Science and Technology Research*. 13(4): 286-290.
4. Liao, H.-J., Chung, Y.-C., and **Tattiyakul, J.** 2007. Biaxial extensional viscosity of sheeted noodle dough. *Cereal Chemistry*. 84(5): 506-511.
5. **Tattiyakul, J.,** Pradipasena, P., and Asavasaksakul, S. 2007. Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott amylopectin structure and its effect on starch functional properties. *Starch/Starke*. 59(7): 342-347.
5. **Tattiyakul, J**, Naksriarporn, T., Pradipasena, P, and Miyawaki, O. 2006. Effect of moisture level on the hydrothermal modification of yam *Dioscorea hispida* Dennst starch. *Starch/Starke*. 58: 170-176.
7. **Tattiyakul, J.,** Asavasaksakul, S., and Pradipasena, P. 2006. Chemical and physical properties of taro starch *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in Thailand. *Science Asia*. 32(3): 275-280.

8. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 2002. Heat transfer to three canned fluids of different thermo-rheological behavior under intermittent agitation. *Food and Bioproducts Processing Transactions of the Institution of Chemical Engineers: part C.* 80 (1): 20-27.
9. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 2002. Heat transfer to a canned cornstarch dispersion under intermittent agitation. *Journal of Food Engineering* 54: 321-329.
10. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 2001. Simulation of heat transfer to a canned cornstarch dispersion subjected to axial rotation. *Chemical Engineering and Processing* 40: 391-399.
11. **Tattiyakul, J.** and Rao, M.A. 2000. Rheological Behavior of Cross-linked Waxy Maize Starch Dispersions during and After Heating. *Carbohydrate Polymers*: 43(3): 215-222.
12. **Tattiyakul, J.,** Liao, H. -J., and Rao, M.A. 2000. Modeling viscosities of starch dispersion and dough during heating: Master curve of complex viscosity. *Proceeding of the 8th international conference on engineering in food, April 9th – 13th, 2000.*
13. Rao, M.A. and **Tattiyakul, J.** 1999. Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polym 38*: 123-132.
14. Liao, H. -J., **Tattiyakul, J.,** and Rao, M.A. 1999. Superposition of complex viscosity curves during gelatinization of starch dispersion and dough. *Journal of Food Process Engineering* 22: 215-234.

Presentations

1. Cherdchootham, P. and **Tattiyakul, J.** 2007. Proteins and lipids in rice and their effect on rice flour gelatinization and retrogradation. Paper presented at The XV International Starch Convention (XV ISC), Moscow – Cracow, Institute of Biochemical Physics RAS, June 19-21, 2007, Moscow, Russia.
2. Jantasorn, P. and **Tattiyakul, J.** 2007. Physicochemical changes of milled rice *Oryza saltiva* L. during storage at different equilibrium moisture contents. Paper presented at The XV International Starch Convention (XV ISC), Moscow – Cracow, Institute of Biochemical Physics RAS, June 19-21, 2007, Moscow, Russia.
3. **Tattiyakul, J.,** Alvarez, G., and Flick, D. 2006. Empirical model for viscosity development during gelatinization of modified rice starch. *Proceeding of the III Brazilian Conference on Rheology, July 12th-14th, 2006, Rio de Janeiro, Brazil.*
4. Asavasaksakul, S., **Tattiyakul, J.,** and Pradipasena, P. 2005. Chemical and physical properties of taro starch *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in Thailand. *Proceeding of the 3rd Conference on Starch Technology, November 4th – 5th, 2005, Bangkok, THAILAND.*
5. Naksriarporn, T., Tattiyakul, J., and Pradipasena, P. 2005. Heat moisture modification of Thai yam *Dioscorea hispida* Dennst starch. *Proceeding of the 3rd* Conference on Starch Technology, *November 4th – 5th, 2005, Bangkok, THAILAND.*
6. **Tattiyakul, J.,** Mingmongkolchai, S., Noppavinyuwongse, A., and Chanworachet, A. 2005. Is nondestructive ultrasonic measurement a tool for starch gel texture determination?. Paper presented at *the Second Annual European Rheology Conference, 21 – 23 April 2005, Grenoble, France.*
7. **Tattiyakul, J.** and Rao, M.A. 2001. Rheological characterization and modeling of the gelatinization of starch dispersion. Paper presented at the 1st National Conference on Starch Technology, November 9th , 2001, Bangkok, Thailand.
8. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 2001. Heat Transfer to Three Canned Fluids of Different Thermo-Rheological Behavior under Intermittent Agitation. Student paper award winner presented at the AICHE annual meeting, November 4th-9th, 2001, Reno, Nevada, USA.
9. **Tattiyakul, J.,** Liao, H-J., and Rao, M.A. 2000. Modeling Viscosity of Starch Dispersion and Dough Heating: Master Curves of Complex Viscosity. Paper presented at the 8th International Congress on Engineering and Food - ICEF8, April 9-13, 2000, Puebla, Mexico.
10. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 2000. Heat Transfer to Canned Cornstarch Dispersion under Intermittent Agitation. Paper presented at the 2000 Annual Conference of Institute for the Thermal Processing Specialists, November 14th – 16th, 2000, Arlington, Virginia, USA.

11. **Tattiyakul, J.** and Rao, M.A. 2000. Rheological behavior of cross-linked waxy maize starch dispersion: master curve of viscosity during heating and antithixotropy after gelatinization. Paper presented at 2000 International Food Technologists meeting, June 2000, Dallas, Texas, USA.

12. **Tattiyakul, J.,** Rao, M.A., and Datta, A.K. 1999. Simulation of heat transfer to canned starch dispersion under continuous and intermittent agitation. Paper presented at the Sixth Conference of Food Engineering, AICHE annual meeting, October 30th – November 5th, 1999, Dallas, Texas, USA.

13. **Tattiyakul, J.** and Rao, M.A. 1999. Rheology of heated tapioca starch dispersions. Poster presented at the first annual Western New York International Food Technologists meeting, March 16, 1999, Rochester, New York, USA.

14. **Tattiyakul, J.** and Rao, M.A. 1998. Role of granule size in rheology of heated tapioca starch dispersions. Poster presented at 1998 International Food Technologists meeting, June 1998, Atlanta, Georgia, USA.

15. **Tattiyakul, J.** and Pankun, P. 1995. Production of maltodextrins from tapioca starch using thermostable alpha-amylase. Poster presented at the 9th World Congress of Food Science and Technology Abstract Vol. II, p.7, Budapest, Hungary.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร

Assoc. Prof. Dr. Sumate Tantratien

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background

B.Sc. Microbiology (Kasetsart University, Thailand)

M.S. Food Science & Technology (Mississippi State University, USA)

Ph.D. Food Science & Technology (University of Missouri – Columbia, USA)

Research Interest:

การใช้จุลินทรีย์ในการหมักอาหาร การสุขาภิบาลและสุขลักษณะของอาหาร และผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพอาหาร

Publication:

สุเมธ ตันตระเธียร, จิราภา เสฐจินตนิน และ รมณี สงวนดีกุล 2550 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของกุ้งกุลาดำในตลาดกลางกุ้งจังหวัดสมุทรสาคร วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T): Accepted for publication.

สุเมธ ตันตระเธียร, วิมลศรี สิริพัฒนกุล และ ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน 2549 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะม่วงสามปีระหว่างกระบวนการแปรรูปน้ำมะม่วง วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 5(1): 51-59

สุเมธ ตันตระเธียร, ปราณี จิระกิตติเจริญ, รังสิมา ธรรมวิริยานนท์ และ ศจีพร ธรรมสะเร 2548 การทำผงรสไก่จากน้ำนึ่งไก่โดยการทำแห้งแบบพ่นกระจาย วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) 4(3); 203-210

สุเมธ ตันตระเธียร และ พรเทพ เมฆารักษ์กิญโญ 2546 ผลการทำแห้งแบบเยือกแข็งและแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของโยเกิร์ตพร้อมดื่มผง วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) ปีที่ 2 ฉบับที่ 3 หน้า 233-245

Ohkuma, C., Kawai, K., Viriyarattanasak, C., Mahawanich, T., Tantratian, S., Takai R. and Suzuki, T. 2007 Glass transition properties of frozen and freeze-dried surimi products: Effects of sugar and moisture on the glass transition temperature. *Food Hydrocolloids*: 22(2);255-262.

Pornrat, S., Sumate, T., Romanee, S., Sumolaya, K. and Kerr, W.L. 2007. Changes in the ultrastructure and texture of prawn muscle (*Macrobrachium rosenbergii*) during cold storage. *LWT*. Food Science and Technology 40(10); 1747-1754.

Borompichaicartkul, C., Wiset, L., Tulayatun, V, Tantratean, S., Thetsupamorn, Impaprasert, R. and Waedalor, I. 2007. Comparative study of effects of drying methods and storage conditions on aroma and quality attributes of Thai jasmine rice. *Drying Tech.* 25; 1185-1192.

Tantratian, S., Pathanaargsorn, S., Krusong, W. and Suksriworn, K. 2006. Conditions for preparation of carboxymethyl cellulose from bacterial cellulose. *Laos J. Appl. Sci.* 1(1) special issue:380-385.

Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S, Tantratian, S., Suzuki, T. and Takai, R. 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. *J. Food Eng.* 80(1):292-299.

Sungtong, P., Chaiwanichsiri, S., Ruangtrakool, B., Suzuki, T., Takai, R. and Tantratian, S. 2006. Effect of Phosphate salts and transglutaminase in prevention of freeze cracking in frozen diced broiler breast. *J. Food Process Eng* 29: 174-187

Tantratian, S., Tammarate, P., Krusong, W., Patrakosol, P. and Phunsri, A. 2005. The effect of dissolved oxygen on the cellulose production in the shake culture of *Acetobacter* sp.. *J. Sci. Research, Chulalongkorn University,* 30(2): 175-182.

Chotineeranat, S., Praditsuwana, C., Siritheerasas, P. and Tantratian, S. 2004. Reducing sugar production from cassava pulp using enzyme and ultra-filtration I: Enzymatic hydrolyzation. *J. Sci. Research, Chulalongkorn University;* 29(2):119-128.

Phunsri, A, Tammarate, P, Krusong, W and Tantratian, S. 2003. The liquid/air interface area and depth of liquid medium suitable for the cellulose production from *Acetobacter* TISTR975. *J. Sci. Research, Chulalongkorn University* 28(1):35-44

Presentation

Wattanaprasert, W., Tantratian, S. and Suknaisilp, S. 2007. Using xanthan gum and non-fat dry milk as cell protectant of *Lactobacillus acidophilus* for spray drying. Presented at the 33rd Congress on Science and Technology of Thailand: Science and Technology for Global Sustainability. 18-20 October 2007. Walailak University, Nakhon Si Thamarat, Thailand.

Sinchipanich, P, Sanguandeekul, R., Kanchanapangka, R., Takai, R, Suzuki, T. and Tantratian, S. 2006. Changes in prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) during cold storage. Presented at the JSPS-NRCT Joint Seminar 2006 "Innovative Technology for the sustained development of fishery and aquaculture, 18-20 December 2006. Faculty of fisheries, Kasetsart University, BKK, Thailand.

Phowan, P., Adashi, O., Matsushita, K., Toyama, R.and Tantratian, S. 2006. Effect of tea extract fractions on the production of cellulose from thermotolerant *Acetobacter xylinum*. Presented at the 5th JSPS-NRCT Joint Seminar on Development of Thermotolerant Microbial resources and Their Applications, 7-10 November, 2006. .Aisawan Resort and Spa. Pattaya, Thailand.

Tantratian, S., Pathanaargsorn, S., Krusong, W. and Suksriworn, K. 2006. Conditions for preparation of carboxymethyl cellulose from bacterial cellulose. Presented at the 1st International Conference on Applied Sciencd (ICAS 2006), 5-7 November 2006. Vientiane, Laos

Suknaisilp, S., Sanguandeekul, R., Tantratian, S. and Tattiyakul, J. 2006. Survey of bacteria in milk from farm to product distribution points. Presented at the 32nd Congress on Science and Technology of Thailand: Science and Technology for Sufficiency Economy. Queen Sirikit National Convention Center 10-12 Oct. 2006.

จตุพร คงทอง, สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์, จิรารัตน์ ทัดดิยากุล, รมณี สงวนดีกุล และ สุเมธ ตันตระเธียร 2549 ความเข้มข้นของนมปราศจากไขมันที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติค เมื่อทำแห้งแบบพ่นกระจาย เสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมอาหารครั้งที่ 8 "นวัตกรรมทางอาหาร" 15-16 มิถุนายน 2549 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค – บางนา กรุงเทพ

ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล, วรรณา ดุลยธัญ, สุเมธ ตันตระเธียร, ธัญญารัตน์ เดชทรัพย์อมร และ วริศรา อิ่มภาประเสริฐ 2549 ผลการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชั่น และอุณหภูมิในการเก็บต่อปริมาณ 2AP และคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105. เสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมอาหารครั้งที่ 8 "นวัตกรรมทางอาหาร" 15-16 มิถุนายน 2549 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค – บางนา กรุงเทพ

สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา, วราวุฒิ ครูส่ง, อดิสร เสวตวิวัฒน์, อัสนี วิจิตระกะ และ สุเมธ ตันตระเธียร 2549. Prolong Shelf-life of Fresh Chicken Meat by Using Vinegar. เสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมอาหารครั้งที่ 8 "นวัตกรรมทางอาหาร" 15-16 มิถุนายน 2549 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค – บางนา กรุงเทพ

Suzuki, T., Tantratian, S., Akemi, Y. and Takai, R. 2005. Heating condition affecting the texture for shrimp meat. Presented at the JSPS-NRCT International Symposium "Productivity techniques and effective utilization of aquatic animal resources into the new century". 19-21 December, 2005. Kasetsart University, Thailand

Sinchaipanich, P., Kanchanapangka, S., Sanguandeekul, R., Suzuki, T., Takai, R. and Tantratian, S. 2005. Quality changes in fresh water prawn (Marcobrachium rosenbergii) during freeze-thaw cycles and frozen storage. Presented at the JSPS-NRCT International Symposium "Productivity techniques and effective utilization of aquatic animal resources into the new century". 19-21 December, 2005. Kasetsart University, Thailand

Ruthaikongtaworn, B., Tantratian, S. and Praditsuwan, C. 2004. Effect of oxygen transfer rate on the production of cellulose by *Acetobacter*. Presented at The 15th Annual Meeting of The Thai Society for Biotechnology "Sustainable Development of SMEs Through Biotechnology" February 3-6, 2004. Pang Suang Kaew Hotel Chieng Mai, Thailand.

Tantratian, S., Duangmal, K. and Riewklang, K. 2004. Nutrititonal properties of rice soluble proteins from rice milling by products. Presented at The 15th Annual Meeting of The Thai Society for Biotechnology "Sustainable Development of SMEs Through Biotechnology" February 3-6, 2004. Pang Suang Kaew Hotel Chieng Mai, Thailand.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์

Asst. Prof. Suttisak Suknaisilp

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background

B.Sc. Agriculture (Kasetsart University, Thailand)

M.S. Microbiology (Kasetsart University, Thailand)

Research Interest:

Food microbiology , Fermentation of agricultural products , Alcoholic beverage

Publication:

Vilasmongkholchai, C., Suknaisilp,S. and Samguandeakul,R. 2004. Spoilage microorganism in fresh curry pastes and sterilization by irradiation. Paper presented at the 15th Annual Meeting of The Thai Society for Biotechnology " Sustainable Development of SMEs Through Biotechnology. " and JSPS-NRCT symposium " The Forefrent of Bioinformatics Application." February 3-6, 2004. Pand Suan Kaew hotel. Chiangmai, Thailand.

Dilokpimol, A. , Suknaisilp, S. Samguandeakul,R. 2003. Mold and aflatoxin in curry paste and their spice. Master thesis of Biotectnology. Chulalongkorn University.

Suknaisilp,S ., Rajanasasithra, T. and Ralsiripon, T. 2000. Fruit and vegetable beverage mixed with alcohol. Paper Presented at the 26th congress on Science and Technology of Thailand, 18-20 October 2000. Queen Sirikit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล

Asst. Prof. Dr. Romanee Sanguandeekul

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Food Technology Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Educational Background

B.Sc. Food Technology (Chulalongkorn University, Thailand)

M.S. Food Science (University of California (Davis),USA)

Ph.D. Food Microbiology (University of California (Davis), USA)

Research Interest:

Fermentation and enzyme technology, Protein hydrolysate, Preservation by freezing, Waste uitilization, Food microbiology and Food safety

Publication:

วันชัย วรวัฒนเมธีกุล รมณี สงวนดีกุล กาญจภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ สุวลี จันทร์กระจ่าง 2536 การสกัดแอลจิเนตจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลบางสกุลในประเทศไทย ในประมวลประชุมวิชาการ เรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 300-318

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, ภัทราภรณ์ ศรีสมรรถการ และรมณี สงวนดีกุล 2544 ผลของปริมาณกรดในน้ำหมักและเอนไซม์เพคติเนสที่มีต่อปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ และองค์ประกอบทางเคมีบางประการของไวน์หม่อน เสนอในการประชุมวิชาการประจำปี พ.ศ. 2544 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 5-9 กุมภาพันธ์ 2544

พิริยา รอดอาคม์, รมณี สงวนดีกุล และพีรดา มงคลกุล 2544 การลดปริมาณลิโมนินในน้ำส้มเขียวหวาน *Citrus reticulata* Blanco ด้วยบีตา-ไซโคลเดกซ์ทรินพอลิเมอร์ โปสเตอร์เสนอในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศ ครั้งที่ 27 จัดโดยสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในวันที่ 16-18 ตุลาคม 2544

ธีรวุฒิ ฤทธิ์เดชา และรมณี สงวนดีกุล. 2545. การผลิตยีสต์ออโตไลเสทและการประยุกต์ใช้ในอาหารมังสวิรัติ. บทความวิจัยตีพิมพ์ในหนังสือรวมบทความที่เสนอในการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 4 จัดโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ วันที่ 31 พฤษภาคม – 1 มิถุนายน 2545.

Sanguandeekul, R., and Nimachaikool, P. 1993. Chemical composition and antibacterial action of royal jelly in Thailand. Asian Apiculture. Proceeding of the First International Conference on the Asian Honey Bees and Bee Mites, Bangkok, Feb 1992.

Sanguandeekul, R., and Nimachaikool, P. 1992. Preservation of royal jelly by freezing and freeze drying. Asian Apiculture, Proceedings of geh First Intemational Conference on the Asian Honey Bees and Bee Mites, Bangkok, Feb 1992.

Jantawat, P, Runglerdkriangkrai, J. Thunpithayakul, C. and Sanguandeekul, R. 1993. Effect of initial nitrite level, heating and storage on residual nitrite and spoilage of canned ham roll, J. Food Qual. 16(1) : 1-11.

Sanguandeekul, R. ,Jantawat, P.and Sukcharoensakul, A.1993 Production of protein hydro by sate as food flavor from tuna precooking water.Microbial Utilization of Renewable Resources. Vol. 8:307-317.

Vangcharoen, W., Sanguandeekul, R. and Tantratean, S. 1994. Production of yeast autolysate for meat flavor. Part 1: Production of yeast autolysate. Food 24(3) : 189 (in Thai)

Sanguandeekul, R., Chinprahast, N. and Rungchati, O.1998. Extending the shelf life of vienna sausages with the application of lactic acid. Thai J. of Agri. Sc.31 (4):445-457

Tanaka M., Iwata K., Sanguandeekul R., Handa A., and Ishizaki S. 2001 Influence of plasticizers on the properties of edible films prepared from fish water-soluble protiens. Fisheries Science 67 : 346-351

Prakitchaiwattana, C., Sanguandeekul, R., and Keeratipibul, S. 2002 Rapid method for estimation of total number of catalase producing bacteria in fresh black tiger prawns Food Australia 54 : 580-582

Book Chapter

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และรมณี สงวนดีกุล. 2538. วิธีวิเคราะห์สิ่งสกปรก และสิ่งแปลกปลอมในอาหาร. อาหาร 25(4): 289-292.

รมณี สงวนดีกุล. 2538. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การอาหาร ในเอกสารการสอนชุดวิชา

รมณี สงวนดีกุล. 2538. สัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์ เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย