

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ถั่วเขียว (Mung bean, green gram)

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilzek) จัดเป็นหนึ่งในบรรดาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (5,6) มีผลผลิตประมาณสามแสนตันต่อปี (7) ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีลักษณะดินหลายประการ คือ ปลูกง่ายขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ต้องการน้ำน้อย ทนแล้งได้ดี มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (65-70 วัน) และที่สำคัญคือเป็นพืชที่ช่วยบำรุงดินให้ดีขึ้นด้วย (6) ถั่วเขียวสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดภาคกลางตอนบน เช่น เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ และกำแพงเพชร เป็นต้น (7) เนื้อที่เพาะปลูกถั่วเขียวในประเทศไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (7)

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เพาะปลูก จำนวนผลผลิต และมูลค่าของถั่วเขียวตามพื้นที่ผลิตได้ปีเพาะปลูก 2526/27 ถึง 2529/2530 (7)

ปีเพาะปลูก	เนื้อที่เพาะปลูก (1x1000 ไร่)	ผลผลิต (1x1000 ตัน)	มูลค่าของผลผลิต (ล้านบาท)
2526/27	3,022	288	2,038.6
2527/28	3,280	352	2,269.2
2528/29	3,426	323	2,134.5
2529/30	3,172	301	1,773.6

2.1 พันธุ์ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย

ถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศไทย มีหลายสายพันธุ์ แบ่งตามลักษณะของเมล็ด และสีเปลือก ได้ 4 พันธุ์ (5,6,8) คือ

1. ถั่วเขียวธรรมดา หรือถั่วเขียวเมล็ดด้าน (*Vigna radiata*) เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ เปลือกของเมล็ดมีสีเขียวด้าน นิยมให้ทำวันเส้น เพาะถั่วงอก และส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น

2. ถั่วเขียวมันเมล็ดใหญ่ (*Vigna typica*) เปลือกของเมล็ดมีสีเขียวมัน และมีขนาดเมล็ดใหญ่ ถั่วพันธุ์นี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 พวก ตามสีของฝักแก่ คือ สีขาวนวล และสีดำ ซึ่งจะเรียกว่าถั่วเขียวเมล็ดมันผิวขาว และถั่วเขียวเมล็ดมันผิวดำ ตามลำดับ

3. ถั่วทอง หรือถั่วเขียวสีทอง (*Phaseolus aureus*) สีเปลือกของเมล็ดเป็นสีเหลือง หรือสีทอง นิยมใช้ทำขนม เพราะมีสีเหลืองน่ารับประทาน

4. ถั่วเขียวผิวดำ (*Vigna gradis*) เปลือกของเมล็ดมีสีดำ นิยมใช้เพาะทำถั่วงอก เพราะต้นถั่วงอกมีลักษณะอวบอ้วนขาวและคงความสดไว้ได้นานกว่าถั่วเขียวที่เพาะจากถั่วเขียวธรรมดา ถั่วเขียวผิวดำมีลักษณะต่างจากถั่วเขียวพันธุ์อื่น ๆ คือ ลำต้น ใบ และฝักมีขนดก มีตาเมล็ด (humin) ทั่วเข้าแทนที่จะงอกเหมือนถั่วเขียวพันธุ์อื่น ๆ

นอกจากนี้ยังมีถั่วเขียวเมล็ดแดงซึ่งปลูกกันอยู่เป็นจำนวนไม่มากนัก และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาต่ำ

2.2 ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเขียว

เมล็ดถั่วเขียวมีลักษณะรูปร่างกลม คล้ายรูปไต รอยแผลเป็นด้านเว้าของเมล็ดถั่วมีสีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ด 2.5-4 มิลลิเมตร น้ำหนัก 100 เมล็ดประมาณ 2-8 กรัม (5) โครงสร้างของเมล็ดถั่วเขียวมี 3 ส่วน คือ เปลือกนอก ใบเลี้ยง และต้นอ่อน โดยใบเลี้ยงเป็นส่วนที่มีมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 90 ของเมล็ด เนื่องจากเป็นส่วนที่มีการสะสมของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในลักษณะที่เป็น protein body หรือ aleurone, spherosome และ starch granule ตามลำดับ (9)

ถั่วเขียวมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันบ้างตามชนิด และแหล่งปลูก ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ในปี ค.ศ. 1975 AVRDC ศึกษาองค์ประกอบของเมล็ดถั่วเขียวจำนวน 89

พันธุ์ พบว่าเมล็ดถั่วเขียวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 20-26 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50-64 และมีเส้นใยร้อยละ 3-8 (10) สำหรับในประเทศไทย วุฒิชัย นาครักษา ศึกษาองค์ประกอบของถั่วเขียว 20 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ใช้ทดลองปรับปรุงพันธุ์ เพื่อส่งเสริมให้ปลูกในประเทศ พบว่ามีความแตกต่างกันตามชนิดของสายพันธุ์ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.68 ± 1.71 ไขมันร้อยละ 1.18 ± 1.01 ถั่วร้อยละ 4.24 ± 0.23 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 62.45 ± 2.07 (โดยน้ำหนักแห้ง) สามารถแบ่งกลุ่มสายพันธุ์ออกเป็น 3 กลุ่ม ตามปริมาณโปรตีน (เปรียบเทียบกับพันธุ์อุทอง 1) ได้ดังนี้ กลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 23.2-24.3) กลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนปานกลาง (ร้อยละ 22-22.9) และกลุ่มที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ (ร้อยละ 19.0-21.7) (11)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) ของเมล็ดถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ

สายพันธุ์	แหล่งกำเนิด	โปรตีน	ไขมัน	ถั่ว	เส้นใย	คาร์โบไฮเดรต	ที่มา
<i>Vigna radiata</i>	ไทย	19.92	1.25	2.53	3.21	73.09	(8)
<i>Vigna radiata</i> (MG50-10A)	ฟิลิปปินส์	26.3	0.8	3.4	4.3	65.2	(12)
<i>Vigna radiata</i> (VC 2790)	ไต้หวัน	22.87	1.32	4.47	2.89	68.45	(11)
<i>Vigna typica</i> (อุทอง 1)	ไทย	23.83	1.17	4.31	1.90	68.79	(11)
<i>Phaseolus aureus</i>	-	23.71	1.31	4.59	2.19	68.20	(8)

โปรตีนในถั่วเขียวประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิดส่วนใหญ่เป็นโปรตีนชนิดโกลบูลิน (globulin) และอัลบูมิน (albumin) ซึ่งในโมเลกุลของโปรตีนทั้งสองนี้มีไลซีนอยู่มาก จึงทำให้โปรตีนจากพืชตระกูลถั่วมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าโปรตีนในธัญพืช ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่เป็นกลูทีลิน (glutelin) และโพลามิน (prolamin) โดยโปรตีนทั้งสองนี้มีการดอะมิโนไลซีนอยู่น้อย (9)

จากการศึกษาโปรตีนโกลบูลินในถั่วโดยใช้ Ultracentrifuge พบว่า ประกอบด้วยโปรตีนชนิด vicilin และเลกกูมิน (legumin) ในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 70 ของโปรตีนทั้งหมด และมีค่า sedimentation coefficient เป็น 75S และ 11S ตามลำดับ (9)

โปรตีนในพืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่เป็นโปรตีนโกลบูลิน ซึ่งมีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง pH 4-5 (2,8,12) ที่ช่วง pH นี้โปรตีนถั่วเขียวจะละลายน้ำได้น้อยที่สุด จากคุณสมบัติข้อนี้ จึงใช้เป็นหลักในการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียว โดยการแยกโปรตีนจากเนื้อถั่วเขียวในสถานะที่เป็นคอลลอยด์และเมื่อนำมาปรับ pH เป็น 4.5 โปรตีนถั่วเขียวที่สกัดได้จะตกตะกอนแยกออกจากสารละลาย

2.3 การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว

ประเทศไทย และประเทศในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน เป็นต้น นิยมใช้แป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น วุ้นเส้นที่ผลิตจากแป้งถั่วเขียวล้วนจะได้วุ้นเส้นที่มีคุณภาพดี สามารถขายได้ในราคาสูงเนื่องจากมีลักษณะใส เหนียว เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (13) ในปัจจุบันได้มีการนำแป้งบริโภคชนิดอื่น เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียว ซึ่งสามารถทดแทนได้ในปริมาณร้อยละ 10 (14,15) และ 20 (13) ตามลำดับ รวมทั้งได้มีงานวิจัยศึกษาแนวทางในการนำแป้งจากถั่วชนิดอื่น ๆ (13) และแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพทางเคมี โดยวิธี cross-linking (16) มาผลิตวุ้นเส้น ซึ่งพบว่าสามารถทดแทนได้บางส่วนเท่านั้น ดังนั้นในปัจจุบันจึงเป็นที่ยอมรับว่าในการผลิตวุ้นเส้นที่มีคุณภาพดีจำเป็นต้องใช้แป้งถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบสำคัญอยู่เช่นเดิม

จากการสำรวจของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ในปี.ศ.2527

พบว่ามีโรงงานวุ้นเส้นจำนวน 20 โรงงาน จำนวนโรงงานดังกล่าวมีอัตราการเพิ่มขึ้นในแต่ละปีค่อนข้างน้อยเช่นในปี 2526 มีเพิ่มขึ้นเพียง 1 รายเท่านั้น ในจำนวนโรงงานที่มีอยู่นี้ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นโรงงานที่ตั้งมาเกินกว่า 10 ปีแล้ว สำหรับสถานที่ตั้งโรงงานนั้นกระจายอยู่ในเขตภาคกลาง และภาคเหนือ โดยตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพ 2 โรงงาน สมุทรสาคร 1 โรงงาน ราชบุรี 1 โรงงาน นครปฐม 3 โรงงาน กำแพงเพชร 2 โรงงาน และลำปาง 2 โรงงาน โรงงานวุ้นเส้นส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก ส่วนที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่มีเพียง 3 รายเท่านั้น คือ บริษัททวาลัญ จำกัด (กรุงเทพฯ) โรงงานวุ้นเส้นสแตนดาร์ด (นครปฐม) และบริษัทสิทธิพันธ์ จำกัด (สมุทรสาคร) ซึ่งมีกำลังการผลิต 2,340 2,500 และ 3,000 ตันต่อปี ตามลำดับ

ในปัจจุบันคาดว่ากำลังการผลิตของโรงงานวันเส้น มีไม่ต่ำกว่า 10,000-12,000 ตันต่อปี (17)

โดยทั่วไปทางโรงงานวันเส้นนิยมเตรียมแป้งข้าวเขียวเพื่อใช้ผลิตวันเส้นภายในโรงงานเองซึ่งจากกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเขียวจะได้โปรตีนข้าวเขียวเป็นผลพลอยได้ ในแต่ละปีผลผลิตข้าวเขียวภายในประเทศร้อยละ 50 หรือประมาณแสนห้าหมื่นตันถูกใช้ในอุตสาหกรรมวันเส้น (8) ซึ่งจะได้โปรตีนข้าวเขียวปีละประมาณสามหมื่นตัน

2.4 กรรมวิธีการผลิตโปรตีนข้าวเขียวของโรงงานอุตสาหกรรมวันเส้นในประเทศไทย

การผลิตแป้งข้าวเขียวในประเทศไทยใช้วิธีแบบบดเปียก (wet-milling) โดยไม่ถั่วเขียวพร้อมน้ำด้วยไม้ไผ่ผ่า เมื่อกรองแยกเปลือก และกากออกจะได้น้ำแป้ง การแยกน้ำโปรตีนออกจากน้ำแป้งทำได้หลายวิธีตามเทคนิคและวิธีการผลิตแป้งของแต่ละโรงงาน (18) ดังนี้

1. แบบดั้งเดิม เป็นโรงงานที่ใช้แรงคนในการผลิตแป้งข้าวเขียว การแยกน้ำโปรตีนออกจากแป้ง ใช้วิธีปล่อยให้แป้งตกตะกอนในโอ่งในระยะเวลาหนึ่ง ประมาณ 25-30 นาที (13) เมื่อแป้งตกตะกอน จึงถ่ายน้ำโปรตีนออกจากถัง ทางโรงงานจะล้างแป้งอีกประมาณ 3 ครั้ง เพื่อแยกโปรตีนออกจากแป้งให้มากที่สุด (18) สำหรับกำลังการผลิตแป้งของโรงงานประเภทนี้ใช้ถั่วเขียววันละประมาณ 800-3,000 กิโลกรัม (18)

2. แบบกึ่งพัฒนา มีการใช้เครื่องจักรช่วยในการผลิตมากขึ้นการแยกน้ำโปรตีนจากแป้งใช้วิธี "นอนราง" โดยเทน้ำแป้งลงในรางไม้ยาวประมาณ 20-100 เมตร ปลายด้านหนึ่งเปิดให้น้ำโปรตีนไหลออกได้ รางไม้นี้จะวางเอียงลาดลงเล็กน้อยประมาณ 5 องศากับแนวระนาบ (19) น้ำแป้งจะไหลไปตามรางนี้ช้า ๆ ในระหว่างนี้แป้งจะตกตะกอนเรื่อย ๆ จนถึงปลายราง ซึ่งน้ำโปรตีนจะไหลออกไป สำหรับกำลังการผลิตแป้งของโรงงานประเภทนี้ใช้ถั่วเขียววันละประมาณ 10,000-60,000 กิโลกรัม (18)

3. แบบพัฒนา ในปัจจุบันมีเพียง 3 บริษัทที่ใช้กรรมวิธีการในการผลิตแป้งแบบนี้ การแยกน้ำโปรตีนออกจากกากและน้ำแป้งใช้เครื่องจักรที่เรียกว่า "decanter" จากนั้นแยกกากออกจากน้ำแป้งโดยใช้ turbo extractor ล้างแป้งที่ได้ด้วยน้ำโดย nozzle separator และแยกน้ำโปรตีนออกจากน้ำแป้งอีกครั้งด้วยวิธีนอนรางสำหรับกำลังการผลิตของโรงงานประเภทนี้ใช้ถั่วเขียววันละประมาณ 80,000-200,000 กิโลกรัม (18)

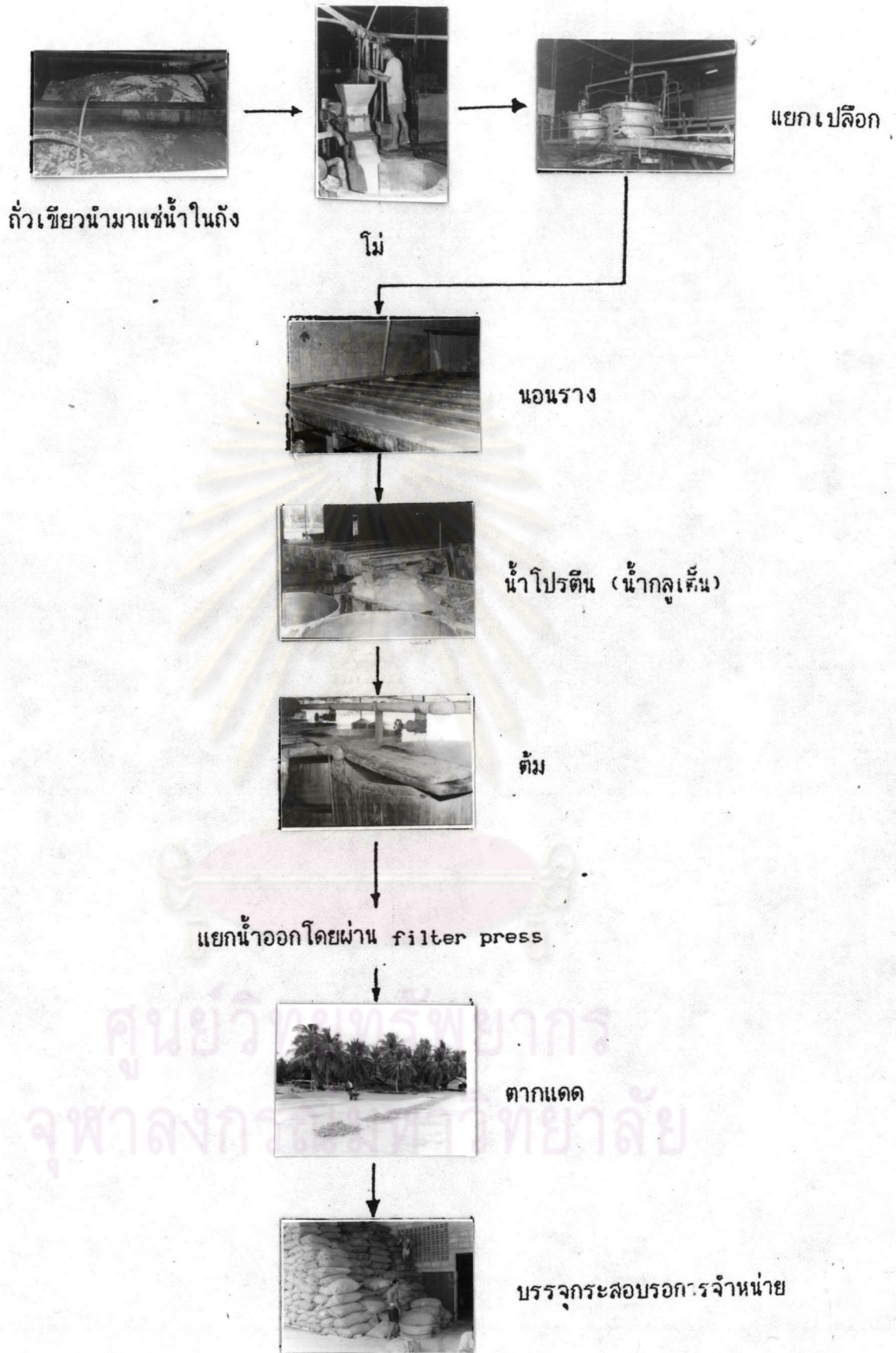
น้ำโปรตีนที่ได้หลังจากแยกแ่งออกแล้วจะมีสีเขียว เรียกว่า "น้ำกลูเต็น" ทางโรงงานจะเก็บน้ำกลูเต็นไว้ในถังหรือบ่อพักขึ้นกับขนาดของกำลังการผลิต ในระหว่างการเก็บ pH ของน้ำกลูเต็นจะลดลงจากประมาณ 6 เหลือประมาณ 4-5 เนื่องจากเกิดการหมักของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ โปรตีนถั่วเขียวจะตกตะกอนลงมา (19) ทางโรงงานจะใช้น้ำส่วนบนทิ้ง ในโรงงานขนาดเล็กจะต้มโปรตีนถั่วเขียวให้สุกในถังเหล็ก (1) ในโรงงานขนาดใหญ่ขึ้นมาจะใช้วิธีผ่านไอน้ำเดือดเข้าไปในท่อที่มีน้ำโปรตีนถั่วเขียวไหลอยู่ภายใน โปรตีนถั่วเขียวที่สุกแล้วจะถูกส่งไปยังเครื่อง centrifuge หรือ filter press เพื่อแยกน้ำออก จากนั้นทำแห้งโดยวิธีตากแดด หรืออบแห้งด้วยลมร้อน ขึ้นกับขนาดของโรงงาน รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตโปรตีนถั่วเขียวในโรงงานของบริษัทวันเส้นตะวันออก จำกัด (13)

2.5 การนำโปรตีนถั่วเขียวมาใช้ประโยชน์

โปรตีนถั่วเขียวเหลือใช้จากอุตสาหกรรมวันเส้นภายในประเทศถูกใช้เป็นอาหารโปรตีนผสมอาหารเลี้ยงสัตว์ มีราคาจำหน่าย 9-10 บาทต่อกิโลกรัม เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตโปรตีนถั่วเขียวค่อนข้างล่าสมัยใช้การหมักของจุลินทรีย์ในธรรมชาติทำให้โปรตีนตกตะกอน และวิธีการทำแห้งใช้วิธีธรรมชาติ คือ ตากแดด หรืออบแห้งด้วยลมร้อน ผลิตภัณฑ์โปรตีนที่ได้มีสีเข้ม และมีกลิ่นเหม็น จึงไม่สามารถนำมาผสมในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยตรงได้

ในปีพ.ศ. 2520 Thompson(2)ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมโปรตีนถั่วเขียวไอโซเลทจากแป้งถั่วเขียวบดแห้ง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมมีดังนี้ อัตราส่วนแป้งถั่วเขียวต่อน้ำ เป็น 1:1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เวลาสกัด 20 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ pH เป็น 9 ตกตะกอนโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้ 1 N HCl ปรับ pH ของสารละลายโปรตีนเป็น 4 จากนั้นทำแห้งโดยวิธี freeze dry ผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเขียวไอโซเลทที่ได้สามารถนำไปผสมกับแป้งสาลี เพื่อให้ทำขนมปังได้ในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด โดยไม่ทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลง และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

สำหรับในประเทศไทย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้เสนอเทคโนโลยีพื้นฐานของการผลิตโปรตีนโดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย โดยไม่ถั่วเขียว(แช่น้ำ 8-10 ชั่วโมง)ด้วยโมหิน เติมน้ำ 3 ส่วนลงในถั่วเขียวบด 1 ส่วน แยกน้ำโปรตีนโดยใช้เครื่องเซนตริฟิวจ์(Bird Centrifuge) ตกตะกอนโปรตีนด้วยวิธีปรับ pH ของน้ำโปรตีนที่ผ่านการต้มเดือดเป็นเวลา 20 นาที



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตโปรตีนกัวเขียวในโรงงานวันเล่นภายในประเทศ

โดยใช้กรดอะซิติกเข้มข้นเป็น pH 4-5 กรองตะกอนของโปรตีนถั่วเขียวผ่านผ้าขาวบาง ล้างโปรตีนถั่วเขียวด้วยน้ำ 1-2 ครั้ง จากนั้นอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน ผลผลิตกัณฑ์โปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นที่ได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 79 โดยน้ำหนักแห้ง สามารถนำไปผลิตเป็น โปรตีนเกษตร หรือเนื้อเทียมได้ แต่ผลผลิตกัณฑ์เนื้อเทียมที่ได้มีกลิ่นเหม็นของถั่วเขียวรุนแรง จึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากนัก (8,20) ต่อมาในปี 2519 สุนันทา วุฒิสกุล ศึกษาการทำนมเปรี้ยวจาก mung bean extract และสรุปว่าผลผลิตกัณฑ์นมเปรี้ยวที่เตรียมได้มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากเชื้อราที่ใช้ไม่ดีพอและปริมาณของแข็งในสารละลายกัณฑ์มีน้อยจึงทำให้การตกตะกอนของโปรตีนยังไม่เหมาะสม(21)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า คุณภาพของผลผลิตกัณฑ์โปรตีนถั่วเขียวที่ได้ขึ้นกับกรรมวิธีการเตรียมมาก ถ้าต้องการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนถั่วเขียวส่วนเหลือให้มีคุณภาพดีขึ้นจำเป็นต้องปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตแป้งถั่วเขียวให้ทันสมัยยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโรงงานวันเส้นในประเทศส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก ต้องการผลิตแป้งถั่วเขียวโดยใช้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และขาดแคลนเครื่องมือทำแห้งที่มีประสิทธิภาพดี เช่น freeze dryer, spray dryer จึงมีแนวโน้มว่าจะมีโปรตีนถั่วเขียวส่วนเหลือชนิดนี้อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงสมควรศึกษาแนวทางในการนำโปรตีนถั่วเขียวเหลือใช้จากอุตสาหกรรมวันเส้นที่มีมาแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์เพื่อการบริโภคเช่นเป็นวัตถุดิบสำหรับน้ำซอสปรุงรสเป็นการเพิ่มมูลค่าของโปรตีนถั่วเขียว

น้ำซอสปรุงรส (Flavour sauce)

น้ำซอสปรุงรส หมายถึง ผลผลิตกัณฑ์ที่เป็นของเหลวอันผลิตขึ้นด้วยการย่อยสารจำพวกโปรตีนด้วยกรดและมีกลิ่นรสคล้ายซอสแมงกัณฑ์ที่ผลิตในต่างประเทศ (4)

ญี่ปุ่นเป็นชาติแรกที่ค้นคิดวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรสจากถั่วเหลืองพร้อมไขมันโดยการย่อยโปรตีนด้วยกรด เรียกของเหลวที่ได้ว่า "สารละลายกรดอะมิโน (amino acid liquor)" หรือ "ซีอิ้วเคมี (chemical soy sauce)" (22) เพื่อใช้เป็นเครื่องปรุงรสทดแทนน้ำซีอิ้ว (soy sauce) ที่ใช้เวลาในการผลิตนานประมาณ 1-3 ปี ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การผลิตน้ำซอสปรุงรสโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 3 อาทิตย์ ซึ่งน้ำซอสปรุงรสที่ได้มีปริมาณของผลผลิตและปริมาณกรดอะมิโนมากกว่าน้ำซีอิ้วที่ได้จากการหมักโดยธรรมชาติ (23) นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ๆ อีกเพื่อช่วยเพิ่มกลิ่นรสโดยอาจอยู่ในรูปกึ่งของแข็งมีชื่อเรียกว่า

"Hydrolyzed Vegetable Protein (HVP)" (3)

ประเทศไทยมีการผลิตน้ำซอสปรุงรสในโรงงานขนาดใหญ่ 2-3 โรงงาน และโรงงานขนาดเล็กอีกประมาณ 3-4 โรงงาน นอกจากนี้แล้วมีผลิตภัณฑ์ที่ส่งเข้ามาจำหน่ายอีกหลายชนิด วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ กากถั่วเหลือง และบางส่วนเป็นโปรตีนเคซีนจากนมวัว (24) น้ำซอสปรุงรสตราภูเขาทองเป็นน้ำซอสปรุงรสที่มีส่วนแบ่งตลาดมากที่สุดคือประมาณร้อยละ 60 อันดับรองลงมาคือน้ำซอสปรุงรสตราแมงกั๊กคือประมาณร้อยละ 10 (25)

เนื่องจากน้ำซอสปรุงรสเป็นเครื่องปรุงรสที่เป็นที่นิยมในการบริโภคชนิดหนึ่งในประเทศ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรส เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตน้ำซอสปรุงรสที่มีคุณภาพดีจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.3

ในงานวิจัยนี้ได้สุ่มตัวอย่างน้ำซอสปรุงรสที่เป็นที่นิยมในการบริโภคจำนวน 4 ตัวอย่าง คือน้ำซอสปรุงรสตราฉลากทอง ตราภูเขาทอง ตราวงเวียนเชียง ตราแมงกั๊ก (เป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งเข้ามาจำหน่ายจากต่างประเทศ) มาตรวจสอบคุณลักษณะตามที่กำหนดในมอก.8-2513 เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดลักษณะที่ต้องการของน้ำซอสปรุงรสจากโปรตีนถั่วเขียวในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับน้ำซอสปรุงรส (4)

คุณลักษณะ	ความต้องการ
1. ความใส สี กลิ่น และ รส ค่ะแนรวม	ไม่น้อยกว่า 70 คะแนน
2. ความกว้างจำเพาะ ณ อุณหภูมิห้อง	ไม่น้อยกว่า 1.24
3. ความเป็นกรด-ด่าง ณ อุณหภูมิห้อง	5.0 - 6.2
4. ไนโตรเจนทั้งหมด	ไม่น้อยกว่า 30 กรัมต่อลิตร
5. อะมิโนแอซิดไนโตรเจน	ไม่น้อยกว่า 20 กรัมต่อลิตร
6. โซเดียมคลอไรด์	200 - 230 กรัมต่อลิตร
7. ยากันบูด	ต้องไม่มี

2.6 วัตถุดิบสำหรับน้ำซอสปรุงรส (23)

วัตถุดิบสำหรับน้ำซอสปรุงรส สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 แหล่ง คือ

1. โปรตีนจากพืช เป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีราคาถูก โปรตีนจากพืชที่มีที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ กากถั่วเหลืองจากโรงงานสกัดน้ำมันพืช แป้งถั่วลันเตา ผ่องไซมัน และ แป้งสาลี เป็นต้น

2. โปรตีนจากสัตว์ ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเพราะมีราคาแพง และมีปริมาณไขมันสูงกว่าจึงมีแนวโน้มที่จะเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย

ลักษณะของวัตถุดิบที่เหมาะสม มีดังนี้

1. วัตถุดิบควรมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักจึงจะสามารถเตรียมน้ำซอสปรุงรสที่มีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 18 ซึ่งเป็นปริมาณที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสกำหนด (26)

2. วัตถุดิบควรมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ เนื่องจากความร้อนในระหว่างกระบวนการผลิตจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning) ระหว่างสารประกอบคาร์โบไฮเดรต (โดยเฉพาะน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่) กับสารประกอบโปรตีนเป็นผลทำให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อยลง และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้ม (27)

3. วัตถุดิบควรมีปริมาณไขมันต่ำไม่ควรเกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก (28) เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาซาพอนิฟิเคชัน (saponification) เนื่องจากไขมันเป็นสารกลีเซอไรด์ (glyceride) เมื่อต้มในสารละลายกรด กลีเซอรอลจะสลายตัวให้กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) กับสารกลีเซอรอล (glycerol) เมื่อกระบวนการผลิตถึงขั้นการปรับ pH เป็น 5-6.2 ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จะเกิดสบู่อันซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงโซเดียมคาร์บอเนตและก่อให้เกิดความยุ่งยากในการกรอง (29)

4. สามารถหาได้ง่าย มีปริมาณมากเพียงพอ และมีราคาถูก

ในต่างประเทศและในประเทศไทยได้มีการศึกษาการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวในข้างต้น มาผลิตน้ำซอสปรุงรส วัตถุดิบที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นส่วนเหลือ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมหลัก เช่น อุตสาหกรรมน้ำมันพืช อุตสาหกรรมซูปไก่สกัด เป็นต้น สามารถกล่าวโดยสรุป ได้ดังนี้

ในปีค.ศ. 1983 Pham และ Del Resario ศึกษาการนำเนื้อมะพร้าว (ที่ผ่านการสกัดน้ำมัน) มาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับน้ำซอสปรุงรส แล้วนำมาเปรียบเทียบกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมัน พบว่าน้ำซอสปรุงรสจากกากมะพร้าวมีคะแนนด้านสี รสชาติ กลิ่น และความยอมรับรวม ต่ำกว่าน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญ การผสมน้ำซอสปรุงรสจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดในอัตราส่วน 1:1 (โดยปริมาตร) จะได้น้ำซอสปรุงรสที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่นเดียวกับน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลือง (29)

ในปีค.ศ. 1984 วราภรณ์ และ แวตตา ศึกษาการใช้กากเนื้อไก่จากโรงงานซูเปอร์ไก่สกัดมาเตรียมน้ำซอสปรุงรสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นหืนของไขมันจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีใช้น้ำมันพว่องมันเนยเป็นวัตถุดิบร่วมพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำซอสปรุงรสจากกากเนื้อไก่ผสมเนยพว่องมันเนยในอัตราส่วน 1:3 (โดยน้ำหนัก) มีคุณภาพด้านรสชาติ และกลิ่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (30)

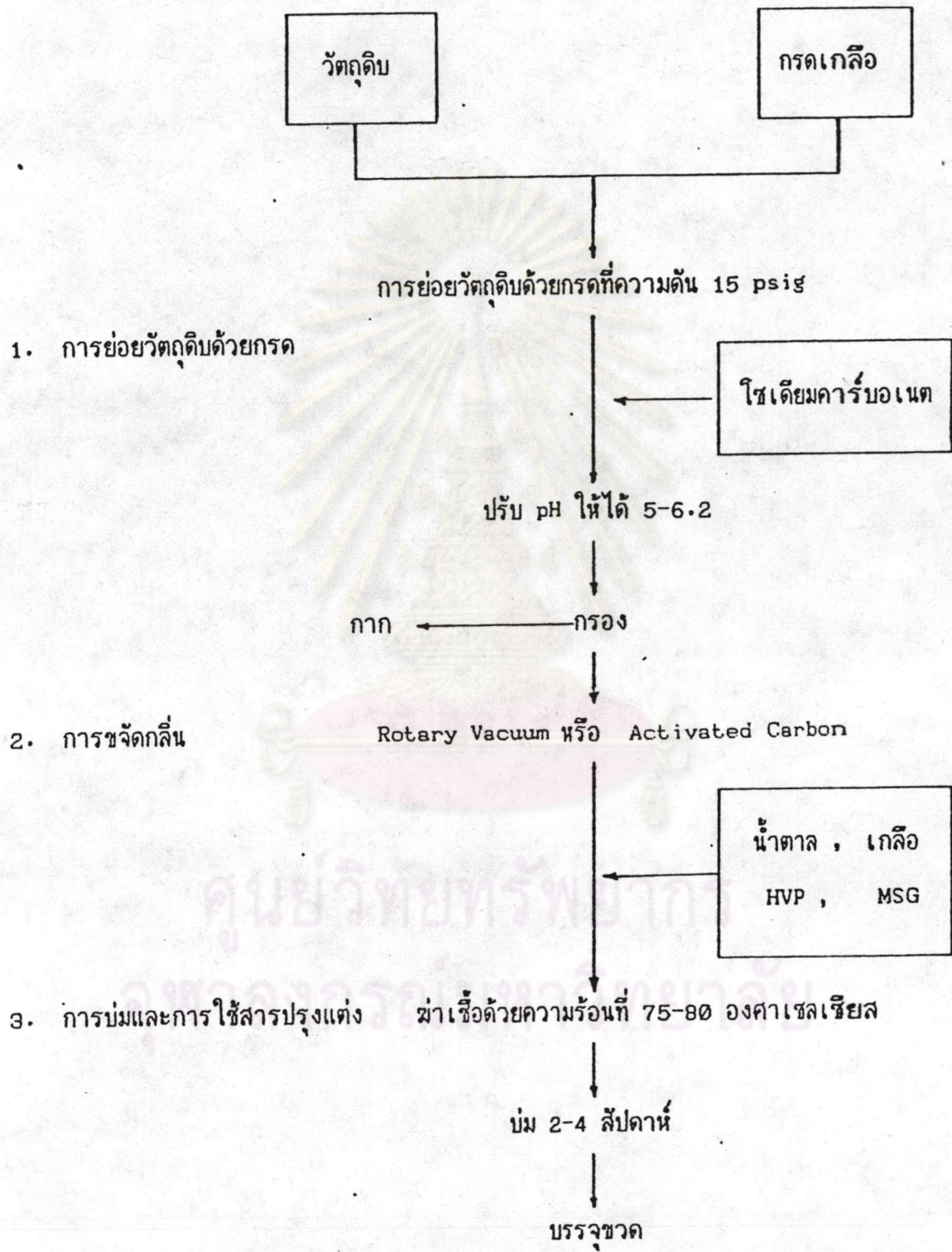
ในปีค.ศ. 1984 Kodama และคณะ ศึกษาการใช้เลือดหมู (pig blood serum) เตรียมน้ำซอสปรุงรส พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติดี แต่มีกลิ่นที่แตกต่างจากน้ำซอสปรุงรสโดยทั่วไปเล็กน้อย และสามารถเติมผสมในน้ำซีอิ๊ว ในอัตราส่วน 1:1 (โดยปริมาตร) โดยไม่ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำซีอิ๊วลดลง (31)

ในปีค.ศ. 1985 Dzanic และคณะ ทดลองผลิตน้ำซอสปรุงรสจากแป้งอัลเฟลฟา (alfalfa flour) แล้วนำมาเพิ่มความเข้มข้นให้มีลักษณะเป็น paste และเป็นผงผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้ม และมีกลิ่นเฉพาะตัว สามารถนำไปใช้กับอาหารที่มีสีเข้ม (32)

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสภายในประเทศ ได้มีการใช้โปรตีนเคซีนเป็นวัตถุดิบร่วมกับกากถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนที่มีในวัตถุดิบ ดังนั้นถ้าพิจารณาปริมาณโปรตีนที่มีโปรตีนถั่วเขียวส่วนเหลือจากโรงงานวันแล้ว จะเห็นได้ว่าน่าจะสามารภใช้ทดแทนโปรตีนเคซีนซึ่งมีราคาแพงในการผลิตน้ำซอสปรุงรสได้

2.7 กรรมวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรส

กรรมวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรสโดยทั่ว ๆ ไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ (รูปที่ 2.2) คือ การย่อยวัตถุดิบด้วยกรด การขจัดกลิ่น และการบ่มร่วมกับการใช้สารปรุงแต่ง



รูปที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรส

014449

2.7.1 การย่อยวัตถุดิบด้วยกรด

วัตถุดิบจะถูกผสมกับกรดเกลือพร้อมกับการให้ความร้อน องค์ประกอบต่าง ๆ ของวัตถุดิบ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกสลายพันธะต่าง ๆ ภายในโมเลกุลโดยมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การย่อยโปรตีนด้วยกรดในการผลิตน้ำซอสปรุงรสเป็นการย่อยโปรตีนเพียงบางส่วน (partial acid hydrolysis) เท่านั้น ซึ่งแสดงความจำเพาะในการสลายพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน (33) ของเหลวที่ได้หลังการย่อยวัตถุดิบด้วยกรดจะมีรสเปรี้ยวไม่สามารถบริโภคได้ทันทีต้องผ่านขั้นตอนการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง pH 5 ถึง 6.2 กรดเกลือถูกขจัดออกไปในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำ สารปรับความเป็นกลางมีหลายชนิด เช่น แคลเซียมออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้น (23) ในงานวิจัยนี้เลือกโซเดียมคาร์บอเนตเนื่องจากมีราคาถูกนิยมใช้ในอุตสาหกรรมและสามารถใช้ในรูปของแข็งจึงไม่ทำให้ความเข้มข้นของน้ำซอสปรุงรสที่ได้เจือจางไป

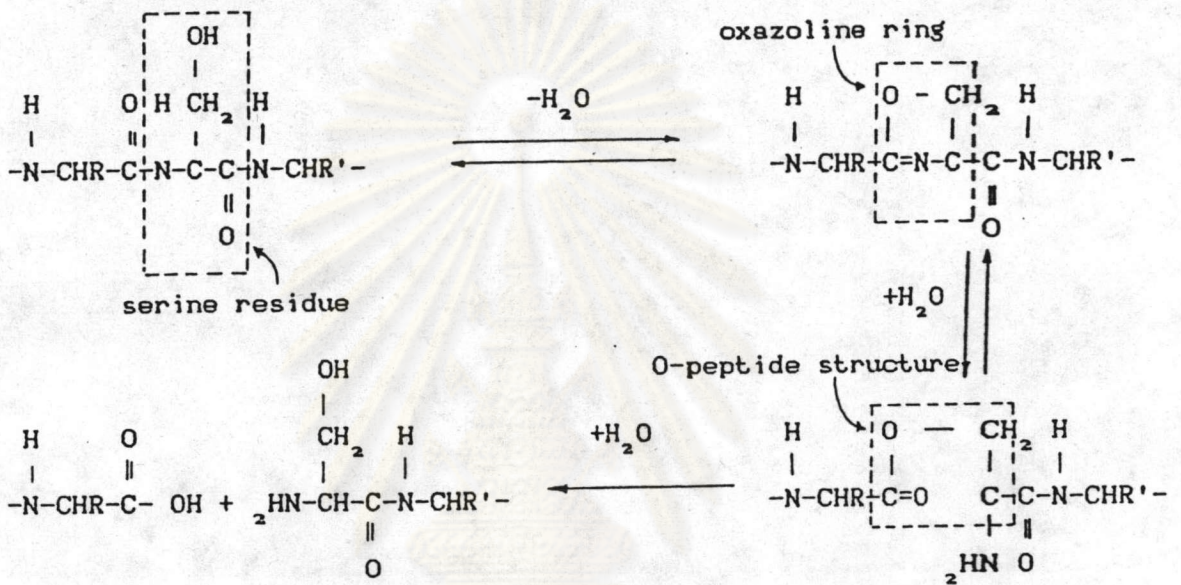
ความจำเพาะของปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรด มี 5 ประการ คือ

1. ในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยากรดอะมิโนที่มีสูตรโครงสร้างเป็นสารประกอบเอมีด คือ กลูตามีน (glutamine) และแอสพาราจีน (asparagine) จะเกิด cleavage reaction ภายในโมเลกุล เกิดก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) มีผลทำให้โครงสร้างของโมเลกุลเปลี่ยนเป็นกรดกลูตามิก (glutamic acid) และกรดแอสพาทิก (aspartic acid) ตามลำดับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออน (H^+) สามารถเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะเอมีดได้ดีกว่าพันธะเปปไทด์ (33)

2. โปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นไดเปปไทด์ คือ กรดอะมิโนสองตัวจับกันด้วยพันธะเปปไทด์ จะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์มากที่สุด เนื่องจากประจุบวกของกลุ่มแอมโมเนีย (ammonium group) ของกรดอะมิโนแต่ละตัวจะผลัดกับประจุบวกของไฮโดรเจนไอออนทำให้อัตราเร็วของการสลายพันธะเปปไทด์ลดลง (33)

3. สารประกอบไดเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนด้าน N-terminal เป็นเวอรีน และลูซีนจะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์มากกว่ากรดอะมิโนตัวอื่น ๆ เนื่องจากความเกะกะของกลุ่มไอโซโพรพิล (isopropyl group) และกลุ่มไอโซบิวทิล (isobutyl group) ซึ่งเป็นส่วนกึ่งก้านของกรดอะมิโนทั้งสองตามลำดับมีผลทำให้ไฮโดรเจนไอออนไม่สามารถเข้าไปเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะได้สะดวกนอกจากนี้พบว่ากลุ่มไอโซโพรพิลมีผลต่อความเสถียรของพันธะเปปไทด์น้อยกว่ากลุ่มไอโซบิวทิล เนื่องจากส่วนกึ่งก้านห่างจากพันธะเปปไทด์มากกว่านั่นเอง (33)

4. พันธะเปปไทด์ระหว่างเซียร์ิน หรือทรีโอนีนกับกรดอะมิโนตัวอื่น จะถูกสลายพันธะได้อย่างรวดเร็วกว่าสารประกอบไดเปปไทด์ชนิดอื่น เนื่องจากในระหว่าง การสลายพันธะเกิดการสร้าง oxazoline ring ซึ่งต่อมาจะกลายเป็น O-peptide structure ในขณะที่เดียวกันกลุ่มอะมิโนของเซียร์ินหรือทรีโอนีนจะแยกตัวออกจากพันธะเปปไทด์จากนั้นจึงเกิด การสลายพันธะระหว่างกลุ่มไฮดรอกซิลของเซียร์ินหรือทรีโอนีนกับกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะมิโน อีกตัวหนึ่งในพันธะเปปไทด์เดิม ดังแผนภาพด้านล่าง (33)



5. พันธะเปปไทด์ที่เกิดระหว่างกรดแอสพาทิกกับกรดอะมิโนตัวอื่น ๆ ยกเว้นเวอลีน จะมีความต้านทานต่อการสลายพันธะเปปไทด์น้อยที่สุด เนื่องจากการที่ประจุลบบนกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดแอสพาทิกสามารถรวมตัวกับไฮโดรเจนไอออนทำให้พันธะเปปไทด์ที่ตำแหน่งใกล้เคียงมีความเสถียรลดลง ด้วยเหตุนี้ปริมาณของกรดอะมิโนอิสระตัวอื่น ๆ โดยเฉพาะกรดกลูตามิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกรดแอสพาทิกมีปริมาณเกือบสูงสุดเท่านั้น (33)

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยการย่อยโปรตีนด้วยกรด

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเป็นแนวทางในการเลือกศึกษา

ตัวแปรในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา มีดังต่อไปนี้

1. ชนิด และ ความเข้มข้นของกรด การเพิ่มความเข้มข้นของกรดจะเพิ่มอัตราเร็วของการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด (34) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวย่อยสลายโปรตีน เนื่องจากสามารถกำจัดอนุภาคมลสารใดที่มีอยู่ได้ง่ายด้วยการใช้โซเดียมคาร์บอเนตปรับ pH กรดเกลือมีแนวโน้มในการทำลายกรดอะมิโนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาต่ำกว่าสารละลายกรดอื่น ๆ เช่น กรดซัลฟูริก (34)

2. อุณหภูมิ และ ความดัน พบว่าปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรดที่ความดันสูงกว่าบรรยากาศ จะมีอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่าที่ความดันบรรยากาศ เนื่องจากการเพิ่มความดัน มีผลทำให้จุดเดือดของสารละลายกรดสูงขึ้น (27) โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยโปรตีนด้วยกรดจะอยู่ในช่วง 100-125 องศาเซลเซียส (3) ในงานวิจัยนี้ใช้หม้อต้มความดันไอ (retort) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อนระหว่างการย่อยโปรตีนด้วยกรด โดยใช้ความดันระหว่างการย่อยโปรตีนด้วยกรด เป็น 15 psig

3. เวลา อัตราเร็วของการย่อยโปรตีนด้วยกรดขึ้นกับเวลา เช่นเดียวกับปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ การเพิ่มเวลาก็จะเพิ่มปริมาณของกรดอะมิโนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยา (34)

4. องค์ประกอบของวัตถุดิบ พบว่าไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรด คือ อัตราการเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนอิสระจะลดลงเมื่อวัตถุดิบมีปริมาณของไขมันและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น (34)

ผลของการย่อยวัตถุดิบด้วยกรดที่มีต่อคุณภาพของน้ำซอสปรุงรส

1. สีของน้ำซอสปรุงรส สีเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (27) สีของน้ำซอสปรุงรสเป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งมีกลไกการเกิดปฏิกิริยา 2 แบบ คือ

ก. ปฏิกิริยาการเกิดสารคาราเมล (caramelization) เกิดขึ้นเนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงแก่สารจำพวกน้ำตาล ทำให้โมเลกุลของน้ำตาลเกิดการสูญเสียน้ำ ต่อมาเกิดการรวมตัวเข้าด้วยกันได้สารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ขนาดโมเลกุลของสารที่ได้จากปฏิกิริยาขึ้นกับสภาวะในการได้รับความร้อน เช่น อุณหภูมิ เวลา และ pH พบว่าถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที จะได้สารประกอบสีดำนี้อธิบายว่า "ฮิวมิน (humin)" สารนี้มีลักษณะเป็นสารแขวนลอย (colloidal) ซึ่งจะมีจุดไอโซอิเล็กทริก แตกต่างกันตามขนาดของอนุภาค ปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีขึ้น ถ้าในสารละลายมีโลหะเช่นเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (35)

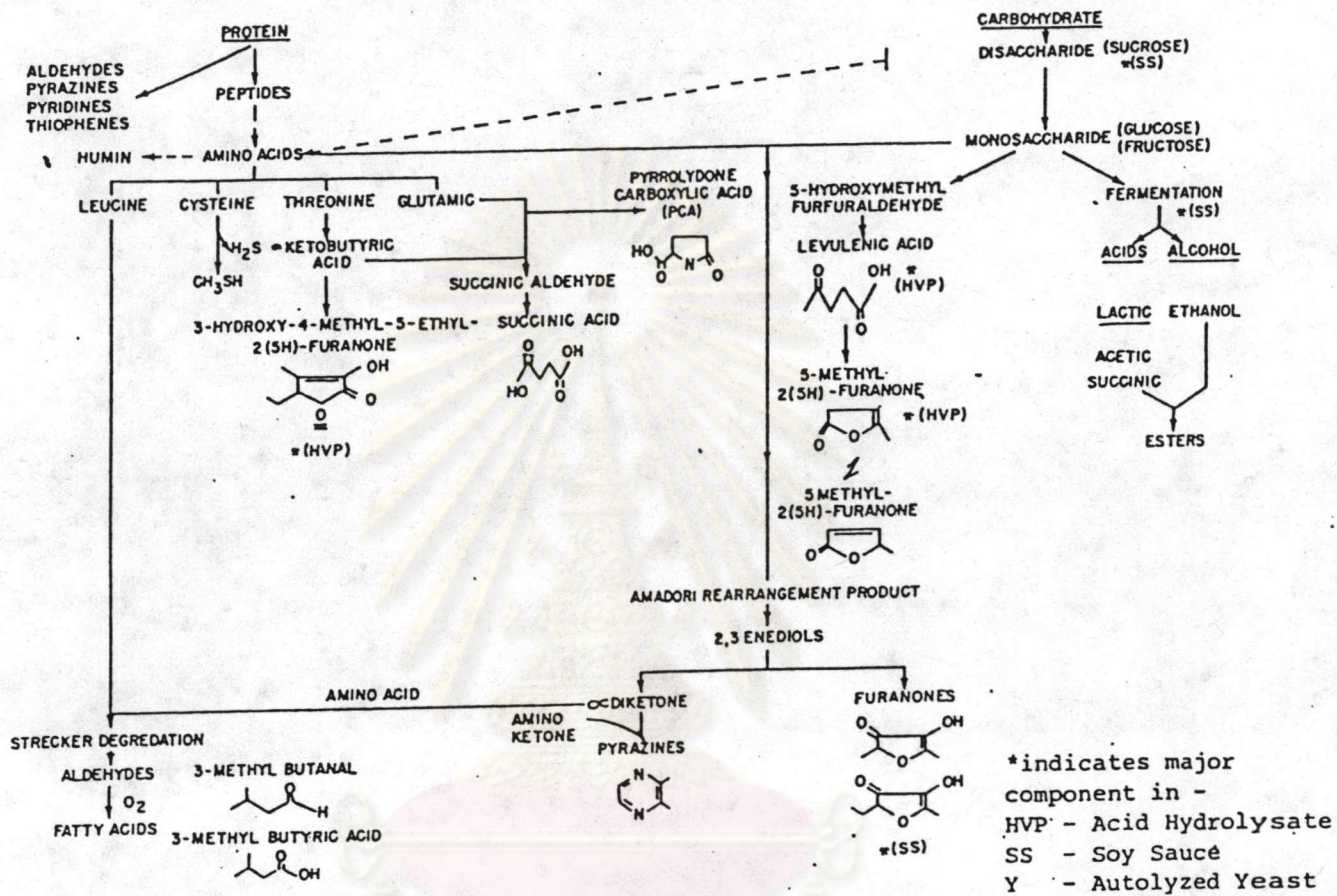
ข. ปฏิกิริยาการรวมตัวของสารประกอบคาร์บอนิลกับสารประกอบเอมีน (carbonyl-amine reaction) สารประกอบเอมีน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน และสารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกสลายของกรดอะมิโน จะเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกับน้ำตาล หรือ

อนุพันธ์ของน้ำตาล เช่น furfural และ 5 - hydroxymethyl furfural ได้สารประกอบที่มีลิ้นน้ำตาล เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายกรดอะมิโนกับน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ในกรดเกลือ (ความเข้มข้น 5.5 นอร์มัล) พบว่าการสูญเสียกรดอะมิโนในปริมาณต่าง ๆ กันดังนี้ ทรีนิโทเฟน ไทโรซีน ซิสเทอีน (cystein) อาร์จินีน (arginine) ไลซีน และฮิสติดีน (histidine) สูญเสียไนโตรเจนไปในปริมาณร้อยละ 71, 15, 3.1, 2.3, 2.62 และ 1.84 ตามลำดับ ส่วนอะลานีน ลูซีน ฟีนิลลาลานีน และกรดกลูตามิก มีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย (36)

สารประกอบสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ ปริมาณสารประกอบสีน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด ขึ้นกับเวลาในการย่อยวัตถุดิบด้วยกรด กล่าวคือ ถ้าเวลาเพิ่มขึ้นจะเกิดสารประกอบสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีอ่อนลงและมีความใสมากขึ้น (37)

2. กลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรส สารประกอบที่ให้กลิ่น และรสชาติในน้ำซอสปรุงรส มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบค่อนข้างมาก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นองค์ประกอบหลักในวัตถุดิบ ดังนั้นสารที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต (ดูรูปที่ 2.3) ก็จะเป็นสารที่ให้กลิ่น และรสชาติของน้ำซอสปรุงรส ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม ดังต่อไปนี้ (3) คือ

1. สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ระเหย (non - volatile nitrogen compound) ได้แก่ กรดอะมิโน (amino acid) และสารประกอบเปปไทด์ (peptide) โดยกรดอะมิโนมีปริมาณมากที่สุดดังนั้นจึงมีผลต่อรสชาติของน้ำซอสปรุงรสอย่างมาก กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีกลิ่นรสที่แตกต่างกันบางชนิดมีรสหวานแต่บางชนิดมีรสขม (ตารางที่ 2.4) (32) และพบว่าความเข้มข้นของกรดอะมิโนมีความสัมพันธ์กับรสชาติ (ตารางที่ 2.5) (21) กรดอะมิโนที่จำเป็นจะให้กลิ่นรสที่ดีแก่น้ำซอสปรุงรสมากกว่ากรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นซึ่งส่วนใหญ่จะมีรสขม กรดกลูตามิกเป็นกรดอะมิโนที่ให้รสชาติที่ดีแก่น้ำซอสปรุงรส ซึ่งจะอยู่ในรูปของเกลือ โมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate, MSG) รสชาติของโมโนโซเดียมกลูตาเมต ที่มีโครงสร้างแบบ L-form มีชื่อเรียกว่า "อูมามิ (umami)" มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า tastiness เกลือโมโนโซเดียมกลูตาเมตมีค่า taste threshold ในน้ำบริสุทธิ์ ต่ำมาก คือ 6.25×10^{-4} โมลาร์ (ร้อยละ 1.2×10^{-2}) ซึ่งโดยปกติจะมีปริมาณในน้ำซอสปรุงรสสูงถึง 10^{-1} โมลาร์ นอกจากนี้กรดอะมิโนยังมีบทบาทสำคัญต่อกลิ่นรสในด้านที่เป็น precursor ของ



รูปที่ 2.3 แผนภาพขั้นตอนของการเกิดสารประกอบกลิ่นรสในน้ำซอสปรุงรส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 กลิ่นรสของกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบ L-form (30)

กรดอะมิโน	สูตรโครงสร้าง	กลิ่นรส
อะลานีน (alanine)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N}^+ \text{H}_3 \end{array}$	หอมหวาน
อาร์จินีน (arginine)	$\text{H}_2\text{N} - \text{C}(\text{N}^+\text{H}_2) - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{H})(\text{N}^+\text{H}_3) - \text{COO}^-$	หอมหวาน
กรดแอสพาทิก (aspartic acid)	$\begin{array}{c} \text{O}^- \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{H})(\text{N}^+\text{H}_3) - \text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$	หอมเปรี้ยว
ซิสเทอีน (cysteine)	$\text{HS} - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{H})(\text{N}^+\text{H}_3) - \text{COO}^-$	เค็มเล็กน้อย
กรดกลูตามิก (glutamic acid)	$\begin{array}{c} \text{O}^- \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{H})(\text{N}^+\text{H}_3) - \text{COO}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$	หวานอมเปรี้ยว
ไกลซีน (glycine)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{COO}^- \\ \\ \text{N}^+ \text{H}_3 \end{array}$	ขม
ฮิสทีดีน (histidine)	$\begin{array}{c} \text{HC} = \text{C} - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{H})(\text{N}^+\text{H}_3) - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{H}^+ \text{N} \quad \text{NH} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH} \end{array}$	ขมและเค็ม
ไอโซลูซีน (isoleucine)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{N}^+ \text{H}_3 \end{array}$	หวานเล็กน้อย
ลูซีน (leucine)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{COO}^- \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{N}^+ \text{H}_3 \end{array}$	ขม

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) กลิ่นรสของกรดอะมิโนที่มีโครงสร้างแบบ L-form (30)

กรดอะมิโน	สูตรโครงสร้าง	กลิ่นรส
เมทไธโอนีน (methionine)	$\text{CH}_3\text{-S-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	หวานขม
ฟีนิลลาลานีน (phenylalanine)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	ขมมาก
ไลซีน (lysine)	$\text{H}_3\text{N}^+\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	กลิ่นสดเล็กน้อย
โพรลีน (proline)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH-COO}^- \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{NH} \end{array}$	หวานและขมมาก
เซียร์นีน (serine)	$\text{HO-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	หวานเปรี้ยวมาก
ทรีโอนีน (threonine)	$\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{HO}}{\text{CH}}\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	หวานเปรี้ยวขม
ทริพโตเฟน (tryptophan)	$\text{C}_6\text{H}_4\text{-}\underset{\text{NH}}{\text{C}}\text{-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	ขมเล็กน้อย
ไทโรซีน (tyrosine)	$\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-CH}_2\text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	ไม่มีกลิ่นรส
แวลีน (valine)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array} \text{-}\overset{\text{H}}{\underset{\text{N}^+\text{H}_3}{\text{C}}}\text{-COO}^-$	หวานขม

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นรส และ ความเข้มข้นของกรดอะมิโน (L-form) (23)

กรดอะมิโน	ความเข้มข้น (กรัม/100 มิลลิตร)	กลิ่นรส
ไทโรซีน	2.0 7.0	หวาน ชม เปรี้ยว หวาน เปรี้ยว
อาร์จินีน	0.2 1.0	ชม หวาน ชม
เซียร์ีน	1.5 15.0	หวาน เปรี้ยว หวานเปรี้ยว, หวานหอม
กรดกลูตามิก	0.025 0.2	เปรี้ยว เปรี้ยวหวาน
อะลานีน	0.5 5.0	หวาน หวาน, หวานหอมเล็กน้อย

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารประกอบที่ระเหยได้หลายตัว เช่น เฟอรานอน (furanone) ไพราซีน (pyrazine) และสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นรสที่เฉพาะของน้ำซอสปรุงรสและสำหรับเกลือของกรดกลูตามิกสามารถเกิดปฏิกิริยา cyclization ได้ pyrolidone carboxylic acid (PCA) ซึ่งเป็นสารเพิ่มกลิ่นรส (flavor enhancer) ตัวหนึ่งในน้ำซอสปรุงรส สารประกอบเปปไทด์ส่วนมากจะให้รสขม แต่สารประกอบไดเปปไทด์ของกรดกลูตามิกที่จับกันตรงตำแหน่ง α -carboxyl group เช่น glutamylaspartic, glutamylserine และ glutamylglutamic acid จะให้กลิ่นรสที่ดี (3)

2. สารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ (volatile nitrogen compound) ได้แก่ ไพราซีน (pyrazine) ไพริดีน (pyridines) และไพโรล (pyrrols) ไพราซีนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ที่มีปริมาณมากที่สุดคือร้อยละ 20 ของสารประกอบที่ระเหยได้ทั้งหมด ไพราซีนเป็นสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างกรดอะมิโนกับอัลดีไฮด์ หรือคีโตน ไพราซีนที่พบในน้ำซอสปรุงรส มี 25 ชนิด และทั้งหมดมีโครงสร้าง เป็น alkyl pyrazine ตัวอย่างเช่น methyl pyrazine และ 2, 5 - dimethyl pyrazine เป็นต้น สำหรับไพริดีนและไพโรลมีในปริมาณค่อนข้างต่ำจึงไม่มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรส (3)

3. กรดอินทรีย์ (organic acid) กรดอินทรีย์ในน้ำซอสปรุงรส มีหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.6 (38) กรดอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการย่อยวัตถุดิบด้วยกรด ดังเช่น กรดลิวูลินอิด (levulinic acid) เป็น dehydration product ของน้ำตาลฟรุคโทสภายใต้สภาวะที่เป็นกรด (3) กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก (lactic acid) กรดซัคซินิก (succinic acid) และกรดฟอร์มิก (formic acid) จะอยู่ร่วมกับกรดอะมิโน เช่น ฮิสทีดีน อาร์จินีน ไลซีน กรดกลูตามิก และ กรดแอสพาทิก (22) นอกจากนี้แล้ว พบว่า กรดแลคติกอาจอยู่ในรูป lactyl lactic acid หรือ lactyl-lactyl-lactic acid (22)

4. ฟูราน และฟูรานอน (furans and furanones) สารประกอบนี้ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณไม่สูงนัก แต่มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรส เนื่องจากมีค่า threshold ของ aroma และ flavor ต่ำ และให้กลิ่น sweet roasted type character ซึ่งเป็นที่ต้องการ ฟูรานอนที่สำคัญ คือ 3-hydroxy-4-methyl-5-ethyl -2(5H) furanone ให้กลิ่น sweet caramel character สารประกอบตัวนี้ได้จากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของทรีโอนีน

ตารางที่ 2.6 ชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ในน้ำชี้อัว และน้ำซอสปรุงรสจากกากถั่วเหลือง
(มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) (28)

กรดอินทรีย์	น้ำชี้อัว	น้ำซอสปรุงรส
กรดบิวทีริก (butyric acid)	2.39	4.30
กรดไอโซบิวทีริก (isobutyric acid)	4.56	1.20
กรดโพรพอโนนิก (propionic acid)	18.60	2.64
กรดลิวูลินิก (levulinic acid)	153.93	1244.37
กรดอะซีติก (acetic acid)	114.41	122.54
กรดไพรูวิก (pyruvic acid)	4.20	-
กรดฟอร์มิก (formic acid)	18.14	287.80
กรดแอลฟาคีโตกลูตาริก (α -ketoglutaric acid)	4.26	4.67
กรดซักซินิก (succinic acid)	33.32	-
กรดแลคติก (lactic acid)	1221.73	29.53
กรดไพโรกลูตามิก (pyroglutamic acid)	4.20	-
กรดมาลิก (malic acid)	3.05	3.28
กรดซิตริก (citric acid)	13.04	25.27
กรดไกลโคลิก (glycolic acid)	8.10	4.16

ไปเป็น γ -ketobutyric acid ในระหว่างการย่อยวัตถุดิบด้วยกรด (3)

5. สารประกอบซัลเฟอร์ (sulfur containing compound)

ในน้ำซอสปรุงรสมีสารประกอบซัลเฟอร์ประมาณร้อยละ 31 ของสารที่ระเหยได้ทั้งหมด สารประกอบซัลเฟอร์มีความสำคัญต่อกลิ่นเนื้อ (meat flavor) มาก โดยพบว่าถ้าแยกสารประกอบซัลเฟอร์จากกลิ่นเนื้อไก่ต้ม จะทำให้กลิ่นเนื้อหายไป (3)

6. อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และเอสเทอร์ (aldehyde, ketone, alcohol, และ ester) อัลดีไฮด์มีปริมาณมากที่สุด คือประมาณร้อยละ 32 ของส่วนที่ระเหยได้ทั้งหมด เกิดจากปฏิกิริยาสลายตัวของกรดอะมิโน (strecker degradation) เช่น ลูซีนเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของไอโซวาเลออัลดีไฮด์ isovaleraldehyde (3)

7. ฟีนอล (phenol) พบว่าเกิดจากการย่อยลิกนิน (lignin) ด้วยกรด สารฟีนอลมีค่า threshold concentration ต่ำมาก จึงมีผลต่อกลิ่น และรสของน้ำซอสปรุงรสค่อนข้างมาก (3) เช่นเดียวกับฟูราน และ ฟูรานโนน

2.7.2 การขจัดกลิ่น

น้ำซอสปรุงรสที่ได้หลังจากการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5-6.2 โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต จะถูกนำมากรองเพื่อแยกกากและตะกอนโปรตีนออก ในขั้นนี้ น้ำซอสปรุงรสจะมีความใสมากขึ้นแต่ยังคงมีกลิ่นรสไม่เป็นที่ยอมรับจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการขจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น กลิ่นไหม้ ออกเสียก่อน วิธีการขจัดกลิ่นมีหลายวิธี ถ้าเลือกใช้วิธีและสภาวะไม่เหมาะสม การขจัดกลิ่นจะก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของน้ำซอสปรุงรสได้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขจัดกลิ่น 2 วิธี คือ การระเหย และการดูดซับ

1. การขจัดกลิ่นด้วยวิธีการระเหย (evaporation) สารประกอบที่ให้กลิ่นต้องเป็นสารที่สามารถระเหยได้ ดังนั้นจึงสามารถขจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ด้วยวิธีการระเหย วิธีการระเหยมีหลายวิธี ในงานวิจัยนี้เลือกวิธีการระเหยแบบสุญญากาศ ด้วย rotary vacuum evaporator เนื่องจากองค์ประกอบสำคัญในน้ำซอสปรุงรส คือ โปรตีนในรูปของกรดอะมิโน และสารประกอบเปปไทด์โมเลกุลสั้น ๆ ถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการแปรสภาพธรรมชาติ (denature) และจับตัวกันตกเป็นตะกอนแยกออกจากน้ำซอสปรุงรส ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำลง การระเหยแบบสุญญากาศสามารถใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการระเหยที่ความดัน

ปกติ เพราะจุดเดือดของสารจะต่ำลงเมื่อความดันบรรยากาศต่ำลงกว่าปกติ

Rotary vacuum evaporator ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ต่าง ๆ

ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.3)

- Vacuum chamber มีลักษณะเป็นขวดแก้วกันกลม ปากขวด จะต่อกับปลายด้านหนึ่งของ Condenser ในระหว่างระเหย vacuum chamber จะหมุนทำให้ ของเหลวที่บรรจุอยู่ได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอ

- Heating medium ตัวกลางให้ความร้อน ใช้น้ำ

- Condenser ทำหน้าที่ให้ความเย็นกับไอน้ำ หรือ สารระเหย ชนิดอื่น ๆ วางในลักษณะเอียง เพื่อป้องกันมิให้หยดน้ำหรือสารระเหยชนิดอื่น ๆ ที่ควบแน่นตกกลับ ไปใน Vacuum chamber

- Vacuum pump ทำหน้าที่ควบคุมความดันภายใน Vacuum chamber และ Condenser ให้มีสภาพเป็นสุญญากาศ

ปัจจัยที่มีผลต่อการขจัดกลิ่นด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ความดันภายใน เครื่อง, อุณหภูมิของตัวกลางให้ความร้อน และ ความเร็วรอบของ Vacuum chamber เป็นต้น

2. การขจัดกลิ่นด้วยวิธีการดูดซับ (adsorption) เป็นวิธีการแยก สารออกจากสารละลายวิธีหนึ่ง โดยตัวถูกดูดซับ (adsorbate) จะไปเกาะรวมเป็นกลุ่มอยู่ที่ผิว ของตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการดึงดูดของแรงระหว่างโมเลกุลของตัว ดูดซับและตัวถูกดูดซับ (physical adsorption) สารดูดซับที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น คาร์บอนกัมมันต์ (active carbon) ซิลิกาเจล (silica gel) เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้คาร์บอนกัมมันต์เป็นสารดูดซับเพราะมีศักยภาพในการดูดซับสูงและมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับ สารดูดซับตัวอื่น โครงสร้างของคาร์บอนกัมมันต์ คือ กราไฟต์ โดยทั่วไปผิวหน้าของคาร์บอน- กัมมันต์มีลักษณะโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว (non-polar) แต่เนื่องจากเกิด carbon-oxygen complexes ที่ผิวหน้าจึงทำให้โมเลกุลมีขั้วเล็กน้อย แต่ไม่มีความสำคัญนักเมื่อเทียบกับผิวหน้าที่ใช้ดูดซับ (39) ดังนั้นจึงไม่มีความสามารถในการดูดซับไอออนจากสารละลาย คาร์บอนกัมมันต์นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เครื่องดื่ม เพื่อใช้ขจัดกลิ่น และรสที่ไม่ต้องการ ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปของคาร์บอนกัมมันต์ผงและอาจ ใช้เพื่อฟอกสี วิธีใช้คือเติมคาร์บอนกัมมันต์ผงลงในของเหลวขณะที่กวนเป็นระยะเวลาหนึ่งจึงกรอง แยกคาร์บอนกัมมันต์ออก (40) ปริมาณของคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้ขึ้นกับว่าใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใด

โดยทั่วไปอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1 - 1.0 โดยน้ำหนัก (23,39,40)

ปัจจัยที่มีผลต่อการขจัดกลิ่นด้วยวิธีการดูดซับ มีหลายปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารที่จะถูกดูดซับ อุณหภูมิของการดูดซับ และชนิดของตัวดูดซับ เป็นต้น

2.7.3 การบ่ม และการใช้สารปรุงแต่ง

น้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการขจัดกลิ่นแล้ว จะถูกนำมาปรุงแต่งรสชาติให้มีรสชาติกลมกล่อมขึ้นโดยใช้สารปรุงแต่ง เช่น น้ำตาล เกลือ HVP และ ผงชูรส จากนั้นจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (32) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่มีในน้ำซอสปรุงรส จากนั้นจะนำมาบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ ในระหว่างการบ่มจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ ทำให้กลิ่นรสของน้ำซอสปรุงรสดีขึ้น และในช่วงนี้จะมีการตกตะกอนของสารประกอบสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้น้ำซอสปรุงรสที่ได้มีความใสมากขึ้น (23)

2.8 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

น้ำซอสปรุงรสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน คือ ประมาณ 3 ปี (28) เพราะมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์สูง 200-230 กรัมต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของเกลือในระดับนี้สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปได้ จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ทนเกลือได้สูง เช่น Halobacterium sp., Sarcina sp. หรือ film yeast เช่น Saccharomyces sp. เป็นต้น ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อนถูกทำลายได้ในการพาสเจอร์ไรซ์น้ำซอสปรุงรส (41) การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์มักเกิดในน้ำซอสปรุงรสที่มีการสัมผัสอากาศ โดยมีกลิ่นที่เปลี่ยนไป (28)