กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และลักษณะเฉพาะของน้ำพุทรา *Zizyphus mauritiana* Lam. เข้มข้นที่มีใยอาหารสูง

นายธีระ มีโอภาสมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-3365-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4 5 7 2 3 2 5 4 2 3

ENZYMATIC PROCESSING AND CHARACTERIZATION OF CONCENTRATED JUJUBE *Ziziyphus mauritiana* Lam. JUICE WITH HIGH DIETARY FIBER

Mr Teera Meeopasmongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-14-3365-4

481556

หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และลักษณะเฉพาะของน้ำพุทรา *Ziziyphus mauritiana* Lam.เข้มข้นที่มีใยอาหารสูง
โดย	นายธีระ มีโอภาสมงคล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาหมาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ชนะ ผิวล่อง)

ธีระ มีโอภาสมงคล : กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์ และลักษณะเฉพาะของน้ำพุทรา *Ziziyphus mauritiana* Lam. เข้มข้นที่มีใยอาหารสูง (ENZYMATIC PROCESSING AND CHARACTERIZATION OF CONCENTRATED JUJUBE *Zizyphus mauritiana* Lam. JUICE WITH HIGH DIETARY FIBER) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง, 134 หน้า. ISBN 974-14-3365-4

สภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L® (1360 หน่วยต่อมิลลิลิตร) ที่ทำให้ได้ผลการสกัดน้ำพุทราเข้มข้นสูงที่สุดคือ ที่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง เท่ากับ 4 และ ที่อุณหภูมิ ช่วง 40 – 50 องศาเซลเซียส สำหรับผลการหาสัดส่วนของปริมาณเอนไซม์ Pectinex Ultra SP-L® ที่ใช้ต่อปริมาณพุทรา 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 กรัม พบว่า 1. เนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1.5 มิลลิเมตร ใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตร และ เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 8 ชั่วโมง 2. เนื้อพุทราบดที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร ใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตร และ เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 7 ชั่วโมง และ 3. พุทราบดทั้งผล ใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 30 หน่วยต่อมิลลิลิตร จำนวน 1 มิลลิลิตรและเวลาในการทำปฏิกิริยานาน 8 ชั่วโมง ซึ่งในส่วนของเนื้อพุทราบดขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 1.5 มิลลิเมตร ควรใช้การนึ่งความดันร่วมกับการบดจะช่วยให้เพิ่มปริมาณผลผลิตได้มากขึ้น และการนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จะช่วยในการพัฒนากลิ่น-รสของน้ำพุทราเข้มข้น ส่วนกระบวนการผลิตน้ำพุทราเข้มข้นแบบต่อเนื่อง พบว่า จะต้องมีการเติมพุทราลงไปใหม่ในรอบการทดลองที่ 1 – 3 ส่วนรอบการทดลองที่ 4 นั้นเติมเอนไซม์ลงไปแทน

ในส่วนของลักษณะเฉพาะของน้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้ แบ่งออกเป็น 1. ใยอาหาร พบว่าต้องมีการเสริมใยอาหารที่สกัดจากพุทรา จำนวน 4.06 กรัมในผลิตภัณฑ์ 100 มิลลิลิตร 2. กลิ่น พบว่า น้ำพุทราเข้มข้นที่ผลิตได้ มีกลิ่นที่เข้มข้นกว่าน้ำพุทราสดมากจนสังเกตได้ชัด 3. ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (EC_{50}) ของน้ำพุทราเข้มข้น คือ 165.806 มิลลิลิตร 4. อายุการเก็บรักษาน้ำพุทราเข้มข้นในขวดแก้วใส พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ และ การเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์นั้นตรวจไม่พบเชื้อยีสต์และรา ส่วนการทดลองผลิตน้ำพุทราพร้อมดื่มนั้น พบว่าควรใช้ ปริมาณน้ำพุทราเข้มข้นร้อยละ 30 แล้วปรับค่ารสหวานต่อรสเปรี้ยว ให้ได้ 24 BAR เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีชีวภาพ..... ลายมือชื่อนิสิต.....ธีระ มีโอภาสมงคล.....

ปีการศึกษา.....2548..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ป.อ.....

4572325423: MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEYWORD: *Ziziyphus mauritiana* Lam./ น้ำพุทรา/ ใยอาหาร/ กระบวนการแปรรูป

TEERA MEEOPASMONGKOL: ENZYMATIC PROCESSING AND CHARACTERIZATION OF CONCENTRATED JUJUBE *Zizyphus mauritiana* Lam. JUICE WITH HIGH DIETARY FIBER. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PRANEE ANPRUNG, Ph.D., 136 pp. ISBN 974-14-3365-4

The optimum condition of Pectinex Ultra SP-L® were pH 4 and 40 °C – 50°C. For Pectinex Ultra SP-L®(1360 Unit/ml.) that used in 3 jujube groups @ 10g. found that 1. Minced jujube pulp that had particle size less than 1.5 mm. that used pectinase (30 Unit/ml.) 1 ml. and reaction time was 8 hrs. 2. Minced jujube pulp that had particle size more than 1.5 mm. that used pectinase (30 Unit/ml.) 1 ml. and reaction time was 7 hrs. 3. Minced whole jujube that used pectinase (30 Unit/ml.) 1 ml. and reaction time was 8 hrs. For minced jujube pulp that had particle size more than 1.5 mm. should to clave and mince that increased the output and claved at 121 °C 15 min. could to develop the odor of concentrated jujube syrup. For the continuous process found that should to add new jujube in the process for round 1 – round 3. In the part of round 4 should to add Pectinase.

The characterization of concentrated jujube syrup could divide into 4 groups were 1. Dietary Fiber found that should to add Dietary Fiber from jujube 4.06 g. in product (for 100 ml.) 2. Odor found that concentrated jujube syrup had strong odor than fresh jujube juice 3. Antioxidant found that the concentration of concentrated jujube syrup that could to inhibit free radicals 50% (EC_{50}) was 165.806 ml. 4. Shelf life of concentrated jujube syrup that stored in the bottle found that storage at 4 °C for 6 weeks or storage at room temperature for 4 weeks couldn't detect yeast and mould. In the part of pilot scale for jujube juice should to add concentrated jujube syrup was 30 % and then adjusted to 24 BAR was the formula that consumers accepted.

Field of study.....biotechnology..... Student's signature.....

Academic year.....2005..... Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี ล่ามปรีดา ที่ได้ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้เสียสละเวลาเพื่อให้คำแนะนำ และถ่ายทอดความเป็นนักวิจัยในการคิด การทำงานวิจัย และการเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ผู้เขียนได้ศึกษาอยู่

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณีย์ สงวนดีกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญธิติยากุล , อาจารย์ ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา และ อาจารย์ ชนะ เผือดล่อง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำถาม ชี้แนะ แก่ผู้เขียนจนไปสู่ความสมบูรณ์ตามขั้นตอน ตั้งแต่การพิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ การสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนได้เป็นฉบับสมบูรณ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งต่อการกิจของท่านอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยปรับปรุงให้ข้าพเจ้ามีความพร้อมและมั่นใจมากขึ้น

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์การวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดีตลอดเวลาที่ทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่องที่ดีเสมอมา แก่ผู้เขียนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 3 วิธีการทดลอง 34

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 139

รายการอ้างอิง 140

ภาคผนวก .....

ภาคผนวก ก 142

ภาคผนวก ข 144

ภาคผนวก ค 157

ภาคผนวก ง 158

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 164

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 1 แสดงสถิติการปลูกมุหราแยกรายภาค ปี พ.ศ. 2537 6
ตารางที่ 2 แสดงสถิติการปลูกมุหราแยกรายจังหวัด เรียงตามพื้นที่เพาะปลูก
ที่ให้ผลแล้ว 15 จังหวัดแรก ตามลำดับ ปี พ.ศ. 2537..... 7
ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบที่สำคัญของมุหรา..... 7
ตารางที่ 4 แสดงไอออนและชนิดของน้ำตาลในโมเลกุล..... 11
ตารางที่ 5 คุณสมบัติของไอออนชนิดต่าง ๆ..... 11
ตารางที่ 6 ความแข็งแรงของขาดแก้วที่มีกลิ่นขาวแตกต่างกัน..... 30
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบน้ำหนักโดยประมาณของขาดทรงกระบอกและขวดอื่น..... 30
ตารางที่ 8 องค์ประกอบของมุหรา..... 41
ตารางที่ 9 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยอาศัยค่าความหนืด..... 41
ตารางที่ 10 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยการอาศัยค่าความใส (% Transmittance : %T)..... 42
ตารางที่ 11 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยการอาศัยค่าความใส (OD)..... 42
ตารางที่ 12 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยการอาศัยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)..... 43
ตารางที่ 13 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยการอาศัยค่าปริมาณน้ำคั้น..... 43
ตารางที่ 14 ผลการศึกษาการหาค่ากรด – ด่างที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยการอาศัยค่าน้ำตาลรีดิวซ์(Reducing Sugar)..... 44
ตารางที่ 15 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยอาศัยค่าความหนืด..... 45
ตารางที่ 16 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส
โดยอาศัยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด..... 46

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส โดยอาศัยอาศัยค่าปริมาณน้ำตัน (มิลลิลิตร) 46
ตารางที่ 18 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส โดยการอาศัยค่าความใส (% Transmittance : %T)..... 47
ตารางที่ 19 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส โดยการอาศัยค่าความใส (OD)..... 47
ตารางที่ 20 ผลการศึกษาการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยาโดยเพคติเนส โดยการอาศัยค่าน้ำตาลรีดิวซ์(Reducing Sugar)..... 47
ตารางที่ 21 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 48
ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 50
ตารางที่ 23 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 50
ตารางที่ 24 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 50
ตารางที่ 25 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของความหนืด (cps) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 51
ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืด (cps) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 52
ตารางที่ 27 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความหนืด (cps) 53
ตารางที่ 28 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความหนืด (cps) 53
ตารางที่ 29 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของความใสของน้ำเชื่อมพุทรา (% Transmittance) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 54

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความใส (%T) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 55
ตารางที่ 31 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความใส (%T) 56
ตารางที่ 32 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความใส (%T) 56
ตารางที่ 33 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 57
ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 58
ตารางที่ 35 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา 59
ตารางที่ 36 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา 59
ตารางที่ 37 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..60
ตารางที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 61
ตารางที่ 39 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 62
ตารางที่ 40 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 62
ตารางที่ 41 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 63

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 64
ตารางที่ 43 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 65
ตารางที่ 44 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 65
ตารางที่ 45 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของความหนืด (cps) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 66
ตารางที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืด (cps) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 67
ตารางที่ 47 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความหนืด (cps) 68
ตารางที่ 48 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความหนืด (cps) 68
ตารางที่ 49 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของความใสของน้ำเชื่อมพุทรา (% Transmittance) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 69
ตารางที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความใส (%T) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 70
ตารางที่ 51 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความใส (%T) 71
ตารางที่ 52 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความใส (%T) 71
ตารางที่ 53 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C.....72

ตารางที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา ต่อระยะเวลาในการย่อย
สลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 73
ตารางที่ 55 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อ
ปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา 74
ตารางที่ 56 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อ
ปริมาณน้ำคั้นจากพุทรา 74
ตารางที่ 57 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของ
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..75
ตารางที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราต่อ
ระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง
0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 76
ตารางที่ 59 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อ
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 77
ตารางที่ 60 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อ
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 77
ตารางที่ 61 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของ
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 78
ตารางที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ต่อระยะเวลา
ในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 79
ตารางที่ 63 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณ
ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 80
ตารางที่ 64 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณ
ของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 80
ตารางที่ 65 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของ
ความหนืด (cps) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 81

ตารางที่ 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืด (cps) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 82
ตารางที่ 67 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความหนืด (cps) 83
ตารางที่ 68 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความหนืด (cps) 83
ตารางที่ 69 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของความใสของน้ำเชื่อมพุทรา (% Transmittance) ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 84
ตารางที่ 70 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความใส (% T) ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 85
ตารางที่ 71 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อความใส (% T) 86
ตารางที่ 72 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อความใส (% T) 86
ตารางที่ 73 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลจากพุทรา ที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..... 87
ตารางที่ 74 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลจากพุทรา ต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 88
ตารางที่ 75 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณน้ำตาลจากพุทรา 89
ตารางที่ 76 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณน้ำตาลจากพุทรา 89
ตารางที่ 77 ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่เวลาระหว่าง1- 9 ชั่วโมงอุณหภูมิ 45 °C..90

ตารางที่ 78 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสเข้มข้น 10,20 และ30 ที่ช่วงเวลาระหว่าง 0-9 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 91
ตารางที่ 79 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเพคติเนส ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 92
ตารางที่ 80 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการสกัดน้ำเชื่อมพุทราต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทรา..... 92
ตารางที่ 81 ผลของกระบวนการแปรรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกับเพคติเนส 10 หน่วย ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา ที่ระยะเวลาระหว่าง 1 – 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 93
ตารางที่ 82 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของกระบวนการแปรรูปต่อระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเพคติเนสที่ช่วงเวลาระหว่าง 0 – 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส..... 94
ตารางที่ 83 ข้อมูลทางสถิติของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 95
ตารางที่ 84 ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการแปรรูปต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำเชื่อมพุทรา..... 95
ตารางที่ 85 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยใช้เอนไซม์ รอบที่ 1..... 96
ตารางที่ 86 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเอนไซม์เพิ่มเข้าไป รอบที่ 2..... 97
ตารางที่ 87 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเนื้อพุทราใหม่ลงไป รอบที่ 2..... 97
ตารางที่ 88 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเอนไซม์เพิ่มเข้าไป รอบที่ 3..... 98
ตารางที่ 89 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเนื้อพุทราใหม่ลงไป รอบที่ 3..... 98
ตารางที่ 90 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเอนไซม์เพิ่มเข้าไป รอบที่ 4..... 99
ตารางที่ 91 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเนื้อพุทราใหม่ลงไป รอบที่ 4..... 99
ตารางที่ 92 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเอนไซม์เพิ่มเข้าไป รอบที่ 5..... 100
ตารางที่ 93 แสดงรอบการสกัดน้ำพุทราโดยเติมเนื้อพุทราใหม่ลงไป รอบที่ 5..... 100
ตารางที่ 94 แสดงอิทธิพลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดต่อค่าความใส..... 101
ตารางที่ 95 แสดงอิทธิพลของปริมาณแป้งดัดแปรต่อค่าความใส..... 102
ตารางที่ 96 แสดงอิทธิพลของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อค่าความใส..... 102

ตารางที่ 97 แสดงอิทธิพลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดต่อ
ค่าความก่างจำเพาะ 103
ตารางที่ 98 แสดงอิทธิพลของปริมาณแป้งดัดแปรต่อค่าความถ่วงจำเพาะ 103
ตารางที่ 99 แสดงอิทธิพลของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อค่าความถ่างจำเพาะ 104
ตารางที่ 100 แสดงอิทธิพลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดต่อ
ค่าWater Activity 104
ตารางที่ 101 แสดงอิทธิพลของปริมาณแป้งดัดแปรต่อค่า Water Activity 105
ตารางที่ 102 แสดงอิทธิพลของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อค่า Water Activity 105
ตารางที่ 103 แสดงอิทธิพลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดต่อค่าความหนืด 105
ตารางที่ 104 แสดงอิทธิพลของปริมาณแป้งดัดแปรต่อค่าความหนืด 106
ตารางที่ 105 แสดงอิทธิพลของผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อค่าความหนืด 106
ตารางที่ 106 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ต่อปริมาณวิตามินซี 107
ตารางที่ 107 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแป้งดัดแปร ต่อปริมาณวิตามินซี 109
ตารางที่ 107 แสดงปัจจัยเนื่องจากผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม ต่อปริมาณวิตามินซี 110
ตารางที่ 108 แสดงผลของความเข้มข้นของวิตามินซี ต่อการสลายตัวของวิตามินซี
โดยการฆ่าเชื้อแบบ Sterilization 111
ตารางที่ 109 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ต่อปริมาณวิตามินอี 113
ตารางที่ 110 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแป้งดัดแปร ต่อปริมาณวิตามินอี 114
ตารางที่ 111 แสดงปัจจัยเนื่องจากผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มต่อปริมาณวิตามินอี 116
ตารางที่ 112 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณ
วิตามินซีที่เหลือจากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต 117
ตารางที่ 113 แสดงผลการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปกป้องวิตามินอีจากการเสื่อมสลาย
จากรังสีอัลตราไวโอเลต 118
ตารางที่ 114 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตามินอีที่เหลือ ต่อระยะเวลาในการฉาย
แสงอัลตราไวโอเลต ที่ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ กัน 119
ตารางที่ 115 แสดงข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณ
วิตามินอีที่เหลือ 119
ตารางที่ 116 แสดงข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการฉายแสงอัลตราไวโอเลต
ต่อปริมาณ วิตามินอีที่เหลือ 120

ตารางที่ 117 แสดงผลการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปกป้องวิตามินซีจากการเสื่อมสลายจากรังสีอัลตราไวโอเลต 121
ตารางที่ 118 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณวิตามินซีที่เหลือ ต่อระยะเวลาในการฉายแสงอัลตราไวโอเลต ที่ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ กัน 122
ตารางที่ 119 แสดงข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อปริมาณวิตามินซีที่เหลือ 122
ตารางที่ 120 แสดงข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการฉายแสงอัลตราไวโอเลตต่อปริมาณ วิตามินซีที่เหลือ 122
ตารางที่ 121 ขนาดอนุภาคของพุทราบด 126
ตารางที่ 122 ขนาดอนุภาคของใยอาหารที่สกัดจากพุทรา 128
ตารางที่ 123 แสดงการศึกษาผลของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อการตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา 130
ตารางที่ 124 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณของใยอาหารที่สัดส่วนต่าง ๆ 131
ตารางที่ 125 แสดงข้อมูลทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์การตกตะกอน 131
ตารางที่ 126 แสดงข้อมูลทางสถิติของปริมาณของใยอาหารต่อการตกตะกอน 132
ตารางที่ 127 แสดงผลของระยะเวลาในการบดต่อการตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา 132
ตารางที่ 128 แสดงผลของสารช่วยแขวนลอยประเภทต่าง ๆ 132
ตารางที่ 129 แสดงผลการศึกษาชนิดของสารช่วยแขวนลอยต่อการตกตะกอนของอนุภาคใยอาหารที่สกัดจากพุทรา 135
ตารางที่ 130 แสดงผลการศึกษาสารช่วยแขวนลอยที่ได้เลือกต่อ % การตกตะกอน 135
ตารางที่ 131 แสดงจำนวนยีสต์และรา ของน้ำพุทราข้นข้น เก็บในตู้เย็น 6 สัปดาห์ 136
ตารางที่ 132 แสดงจำนวนยีสต์และรา ของน้ำพุทราข้นข้น เก็บ ณ. อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ 136
ตารางที่ 133 แสดงการศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุทราก่อนการแปรรูปโดย GC - MS 137
ตารางที่ 134 แสดงการศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นในน้ำพุทราหลังการแปรรูปโดย GC - MS 138

ตารางที่ 135 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย..... 144
ตารางที่ 136 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 145
ตารางที่ 137 ปริมาณตัวอย่างแนะนำในการวัดสมบัติด้านความแน่นด้วยเครื่อง RVA..... 154
ตารางที่ 138 แสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารต่างๆ ในตัวทำละลาย
และตัวถูกละลาย 156

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 1 กระบวนการทำเซลลูโลสผง..... 12

รูปที่ 2 สูตรโครงสร้างของวิตามินเอ..... 14

รูปที่ 3 สูตรโครงสร้างของวิตามินอี..... 17

รูปที่ 4 สูตรโครงสร้างของวิตามินซี..... 18

รูปที่ 5 ปฏิกิริยาระหว่างแป้งกับแอซีติกแอนไฮไดรด์ ได้เป็นแป้งแอซีเทต..... 28

รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า ความหนืด,ปริมาณน้ำกั้น ,ความใส (% T) , ความใส (OD) ,น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ pH ต่าง ๆ.....45

รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า ความหนืด,ปริมาณน้ำกั้น ,ความใส (% T) , ความใส (OD) ,น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ อุณหภูมิต่าง ๆ.....48

รูปที่ 8 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากเนื้อพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ....51

รูปที่ 9 แสดงความหนืด (cps) ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากเนื้อพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ.....54

รูปที่ 10 แสดงความใส (% T) ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากเนื้อพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ.....57

รูปที่ 11 แสดงปริมาณน้ำกั้นที่สกัดได้จากเนื้อพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ.....60

รูปที่ 12 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากเนื้อพุทราบด ที่ภาวะต่าง ๆ.....63

รูปที่ 13 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากกากพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ....66

รูปที่ 14 แสดงความหนืด (cps)ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากกากพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ....69

รูปที่ 15 แสดงความใส (% T) ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากกากพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ.....72

รูปที่ 16 แสดงปริมาณน้ำกั้นที่สกัดได้จากกากพุทราบดที่ภาวะต่าง ๆ.....75

รูปที่ 17 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากกากพุทราบด ที่ภาวะต่าง ๆ.....78

รูปที่ 18 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่าง ๆ..81

รูปที่ 19 แสดงความหนืด (cps)ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่าง ๆ..84

รูปที่ 20 แสดงความใส (% T) ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่าง ๆ....87

รูปที่ 21 แสดงปริมาณน้ำกั้นที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผลที่ภาวะต่าง ๆ.....90

รูปที่ 22 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากพุทราบดทั้งผล ที่ภาวะต่าง ๆ.....93
รูปที่ 23 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำเชื่อมพุทราที่สกัดได้จากกากพุทราบด ที่กระบวนการแปรรูปต่าง ๆ.....96
รูปที่ 24 กระบวนการสกัดน้ำพุทราแบบต่อเนื่อง..... 101
รูปที่ 25 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ต่อปริมาณวิตามินซี 108
รูปที่ 26 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแป้งดัดแปร ต่อปริมาณวิตามินซี..... 110
รูปที่ 27 แสดงผลของความเข้มข้นของวิตามินซี ต่อการสลายตัวของวิตามินซี โดยการฆ่าเชื้อแบบ Sterilization 112
รูปที่ 28 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ ต่อปริมาณวิตามินเอ..... 114
รูปที่ 29 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแป้งดัดแปร ต่อปริมาณวิตามินเอ..... 116
รูปที่ 30 แสดงปัจจัยเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณ วิตามินซีที่เหลือจากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต 117
รูปที่ 31 แสดงบรรจุภัณฑ์ที่เลือกมาศึกษาการปกป้องคุณค่าทางอาหารจากการเสื่อมสลาย จากรังสีอัลตราไวโอเลต..... 118
รูปที่ 32 แสดงชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปกป้องวิตามินเอจากการเสื่อมสลาย จากรังสีอัลตราไวโอเลต..... 120
รูปที่ 33 แสดงชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปกป้องวิตามินซีจากการเสื่อมสลาย จากรังสีอัลตราไวโอเลต..... 123
รูปที่ 34 ผลการศึกษาแป้งดัดแปรจากเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA)..... 123
รูปที่ 35 แสดงลักษณะ รูปร่างของแป้งดัดแปรที่ย้อมสีและไม่ย้อมสีที่กำลังขยายต่าง ๆ... 124
รูปที่ 36 แสดงลักษณะและรูปร่างของใยอาหารที่สกัดจากพุทราที่กำลังขยายต่าง ๆ.....125
รูปที่ 37 แสดงขนาดอนุภาคของพุทราบด..... 126
รูปที่ 38 แสดงขนาดอนุภาคของใยอาหารที่สกัดจากพุทรา.....128
รูปที่ 39 แสดงน้ำพุทราก่อนการแปรรูป และน้ำพุทราหลังการแปรรูป.....137
รูปที่ 40 แสดงกราฟมาตรฐานของปริมาณแคลเซียม.....139
รูปที่ 41 แสดงกราฟมาตรฐานของปริมาณเหล็ก.....140