การผลิตน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนสและเซลลูเลสสำหรับใช้เป็นเครื่องดื่มน้ำมะขามอัดแก๊ส

นางสาวปวลี วงษ์มา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-768-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF TAMARIND SYRUP USING PECTINASE AND CELLULASE FOR APPLICATION IN CARBONATED TAMARIND BEVERAGE

Miss Pawalee Wongma

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-334-768-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนสและเซลลูเลสสำหรับใช้เป็นเครื่องดื่มน้ำมะขามอัดแก๊ส
โดย	นางสาวปวลี วงษ์มา
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเปรื่อง)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

ปวลี วงษ์มา : การผลิตน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนสและเซลลูเลสสำหรับใช้เป็นเครื่องดื่มน้ำมะขามอัดแก๊ส (PRODUCTION OF TAMARIND SYRUP USING PECTINASE AND CELLULASE FOR APPLICATION IN CARBONATED TAMARIND BEVERAGE) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง, 107 หน้า
ISBN 974-334-768-2

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสกัดน้ำเชื่อมมะขามด้วยเอนไซม์ทางการค้า 2 ชนิด คือ เพคติเนส และเซลลูเลส วัตถุดิบคือ มะขามหวาน ที่มีความชื้นร้อยละ 22.74 ปริมาณกรดร้อยละ 2.82 เพคตินร้อยละ 2.03 โดยน้ำหนัก มีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรดเท่ากับ 24.82 BAR เมื่อสกัดน้ำเชื่อมมะขามด้วยเพคติเนส ที่แปรความเข้มข้นของเพคติเนส 4 ระดับ คือ 0.25, 0.5 และ0.75 หน่วยต่อ เนื้อมะขามบด 100 กรัม แปรเวลาระหว่าง 1-5 ชั่วโมง จากนั้นเติมเซลลูเลส ที่ความเข้มข้น 0.1,0.25 และ 0.50 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม และบ่มต่อระหว่างช่วงเวลา 1-5 ชั่วโมง พบว่า ภาวะที่ให้ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามสูงสุดของทั้งสองเอนไซม์ คือ ที่ความเข้มข้นเพคติเนส 0.5 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม นาน 2 ชั่วโมง แล้วบ่มเนื้อมะขามบดต่อด้วยเซลลูเลส 0.25 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม นาน 1 ชั่วโมง ซึ่งการเติมเพคติเนสได้ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามร้อยละ 64.47 โดยน้ำหนัก และยังสูงกว่าในกรณีที่ไม่ใช้เอนไซม์อีกถึงร้อยละ 60.91 โดยน้ำหนัก และการเติมเซลลูเลสร่วมด้วยจะสกัดน้ำเชื่อมมะขามได้สูงกว่าการใช้เพคติเนสเพียงอย่างเดียวร้อยละ 16.5 โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำมะขามที่สกัดได้มีปริมาณเพคตินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมมะขามยังคงลักษณะกลิ่น สี ตามธรรมชาติไว้ได้ สำหรับการวิจัยด้านการเตรียมหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นสำหรับน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส ทำได้โดยเตรียมหัวเชื้อเข้มข้น 3 ระดับ คือ 60, 55 และ 50 องศาบริกซ์ ปรับระดับความเป็นกรดของแต่ละหัวเชื้อด้วยกรดทาร์ทาริค ให้ได้ สัดส่วนปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด (BAR) 3 ระดับ คือ 45, 35 และ 25 BAR พบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ ใช้น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นที่ได้จากการระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ จนได้ความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ ปรับให้ได้ 65 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำเชื่อมซูโครส แล้วใช้น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ใหม่ ๆ ปรับหัวเชื้อให้ได้ 55 องศาบริกซ์ จากนั้นปรับ สัดส่วนปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณกรด ให้ได้ 35 BAR เตรียมเป็นน้ำมะขามพร้อมดื่มโดยใช้หัวเชื้อดังกล่าว ร้อยละ30 อัดแก๊สที่ความดัน 100 PSI อุณหภูมิของเหลว 4 องศาเซลเซียส เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด เมื่อเก็บรักษาหัวเชื้อโดยใช้โซเดียมเบนโซเอตเป็นสารกันเสียในปริมาณ 0, 250, 500, 750 ppm.บรรจุในขวดแก้วขนาด 280 มิลลิลิตร พาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าโซเดียมเบนโซเอต 500 ppm สามารถเก็บรักษาหัวเชื้อนาน 3 เดือน ที่อุณหภูมิ ประมาณ 5 องศาเซลเซียส โดยไม่เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ แต่หัวเชื้อมีค่าการเกิดสีน้ำตาลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่ผลิตจากหัวเชื้อดังกล่าวสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่น้ำมะขามอัดแก๊ส ยังมีคุณภาพที่ดี เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....-.....

3971024423 : MAJOR FOODTECHNNOLOGY
KEY WORD : PECTINASE / CELLULASE / TAMARIND / CARBONATED BEVERAGE
PAWALEE WONGMA : PRODUCTION OF TAMARIND SYRUP USING PECTINASE AND CELLULASE FOR APPLICATION IN CARBONATED TAMARIND BEVERAGE. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. PRANEE ANPRUNG, Ph.D. 107 pp.

The objectives of this research were to study the extraction of tamarind syrup from sweet tamarind by commercial pectinase (Pectinex Ultra SP-L) and cellulase (Celluclast 1.5 L) under sequential reaction. The sweet tamarind had 22.74% moisture content, 2.82% acid content , 2.03% pectin content and 24.82 Brix to Acid Ratio (BAR). The tamarind syrup was extracted by pectinase at concentration of 0.25, 0.5 and 0.75 Unit/100 g puree for 1-5 hours and then followed by Cellulase at the concentration of 0.1, 0.25, 0.5 Unit/ 100 g puree for 1-5 hours. The result showed that the incubation of tamarind with 0.5 Unit of pectinase / 100 g puree for 2 hours followed by 0.25 Unit of cellulase / 100 g puree for 1 hour gave the highest tamarind syrup content. Extraction by sole pectinase yielded 64.47% (w/w) of tamarind syrup which was 60.9% higher than the controlled treatment in the absence of enzyme. The addition of cellulase could enhance better yield up to 16.5% as compare with using sole pectinase. Moreover, the extracted tamarind syrup had significatly lower pectin content ($p \leq 0.05$) and still maintained its natural flavor and color. Tamarind syrups at 60, 55 and 50 degree brix were adjusted to 45, 35 and 25 BAR by tartaric acid for the preparation of ready - to -drink carbonated tamarind beverage. The 60 degree brix vacuum concentrated juice was adjusted to 65 degree brix by sucrose syrup and then adjusted to 55 degree brix by freshly extracted juice. This tamarind syrup was finally adjusted to 35 BAR prior to carbonation. The syrup at the concentration of 30% was carbonated under 100 PSI at 4 degree celcius and tested for sensory evaluation. This formulation of carbonated beverage was highly accepted. The use of sodiumbenzoate at 0, 250, 500 and 750 ppm. fill in glasses bottle volume 280 ml. and pasteurized at 60 degree celcius for 30 minute as a preservative for the syrup was investigated, It was found that 500 ppm of sodiumbenzoate was adeguate to prevent microbial deterioration after 3 months of storage at 5 degree celclus but the syrup had significantly higher brown pigment ($p \leq 0.05$). The carbonated tamarind beverage still had good sensory acceptibility after 6 weeks of storage at room temperature.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า ได้เข้าศึกษาในระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ปีการศึกษา 2539 รวมระยะที่ศึกษาในระดับดังกล่าว เป็นเวลา 4 ปีเต็ม มีความรู้สึกที่จะกล่าวขอบคุณต่อตัวบุคคล และสถานที่ ที่ทำให้ทั้งงานวิจัยและการเรียนได้ไปสู่เป้าหมาย อย่างไรก็ตามบุคคลที่ข้าพเจ้าขอกล่าวถึงเป็นอันดับแรก คือ รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลา และกำลังกายมากมาย เพื่อถ่ายทอดความเป็นนักวิจัยในการคิด การทำ และการเขียนงานวิจัย เหนือสิ่งอื่นใดข้าพเจ้าสัมผัสถึงความรัก ความเมตตา และ ความห่วงใย ที่อาจารย์มีให้เรื่อยมา ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังกายกำลังใจ ตลอดเวลาที่ดำเนินงานวิจัย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ ในสาขาวิชาต่าง ๆ จนทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกว่า มีความมั่นใจถึงระดับหนึ่งที่จะนำไปประกอบวิชาชีพ

ข้าพเข้าใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ดุลยธัญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ที่ท่านได้ช่วยกรุณาให้คำสอน คำถาม ชี้แนะ จนไปสู่ความสมบูรณ์ตามขั้นตอนตั้งแต่งานสัมนาในวิชา 2314701 และ2314702 การพิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ และ การสอบวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งต่อภาระกิจของท่านอาจารย์ที่ช่วยปรับปรุงให้ข้าพเจ้ามีความพร้อมและมั่นใจมากขึ้น

ตลอดเวลาในการทำวิจัยข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจำนวนหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีเจ้าหน้าที่ห้องแล็ปทุกท่าน ยามรักษาความปลอดภัยรวมถึงเจ้าหน้าที่สวัสดิการต่าง ๆ ที่ได้ปฏิบัติหน้าที่ของตัวเองอย่างดีเยี่ยม

ท้ายสุดขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้เป็นแหล่งกำลัง เป็นพลังอันเข้มแข็ง และพร้อมจะเข้าใจลูกทุกอย่าง ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ร่วมผูกพัน ช่วยเหลือกันอยู่เสมอ มอบความภูมิใจส่วนหนึ่งให้กับ ปาริชาติ นาคเวก เพื่อนผู้คอยเป็นแรงงาน และ แรงใจจนถึงวันที่เสร็จรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ญ

บทที่

1. บทนำ.....1

2. วารสารปริทัศน์.....3

3. การดำเนินงานวิจัย.....29

4. ผลการวิจัย.....40

5. วิจารณ์ผลการวิจัย.....69

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....81

รายการอ้างอิง.....82

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....88

ภาคผนวก ข.....91

ภาคผนวก ค.....97

ภาคผนวก ง.....98

ภาคผนวก จ.....104

ประวัติผู้เขียน.....107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่การเพาะปลูกมะขามหวานในจังหวัดต่าง ๆ ภายในประเทศไทย	5
2	เกลือแร่และวิตามินต่าง ๆ ที่พบในเนื้อมะขามสุก (มก./100กรัม)	6
3	สารให้กลิ่นที่สำคัญในเนื้อมะขาม	7
4	องค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อมะขามสุก	7
5	ชนิดและการทำงานของเพคติเนสต่อสารประกอบเพคติน	13
6	บทบาทของเพคติเนสต่อการย่อยสลายเนื้อเยื่อผลไม้	14
7	สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	29
8	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	30
9	องค์ประกอบของเนื้อมะขามหวานสุก	40
10	ผลของระดับความเข้มข้น เพคติเนส และ เวลาในการทำ ปฏิกิริยา ต่อ ค่าเฉลี่ยของปริมาณของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ที่เวลาระหว่าง 1-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	41
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ด้วยเพคติเนสเข้มข้น 0.25 , 0.5 และ 0.75 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม ที่เวลาช่วงเวลาระหว่าง1-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	42
12	ข้อมูลสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นเพคติเนสต่อปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้	42
13	ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของเวลาในการย่อยสลายเพคตินต่อปริมาณน้ำมะขามที่สกัดได้	43
14	ผลของระดับความเข้มข้นของเซลลูเลสและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อจากปฏิกิริยาของเพคติเนส 0.5 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม เวลา 2 ชั่วโมง ต่อค่าเฉลี่ย ของปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ ที่เวลาในช่วง 1-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	44
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ ด้วยเซลลูเลสความเข้มข้น 0.10, 0.25 และ0.50 หน่วยต่อเนื้อมะขามบด 100 กรัม ที่ช่วงเวลาระหว่าง 1-5 ชั่วโมง อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	45
16	ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระดับความเข้มข้นของเซลลูเลสต่อปริมาณ	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

6 สัปดาห์.....68

33 คะแนนทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม 68

34. ค่าทางสถิติสำหรับการเปลี่ยนอันดับไปเป็นคะแนนในการประเมินผลแบบ preference ranking test.....90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
	น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้	45
17	เปรียบเทียบสมบัติของน้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีต่าง ๆ	47
18	องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพน้ำเชื่อมมะขาม น้ำเชื่อมมะขามเข้มข้นและหัวเชื้อน้ำมะขามที่เตรียมได้	49
19	สมบัติของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น 50 องศาบริกซ์	52
20	สมบัติของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น 55 องศาบริกซ์	53
21	สมบัติของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น 60 องศาบริกซ์	53
22	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อ 50 องศาบริกซ์ ที่ BAR และร้อยละของหัวเชื้อต่าง ๆ	54
23	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อ 55 องศาบริกซ์ ที่ BAR และร้อยละของหัวเชื้อต่าง ๆ	57
24	ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวเชื้อ 60 องศาบริกซ์ ที่ BAR และร้อยละของหัวเชื้อต่าง ๆ	59
25	ระดับความพอใจรวมของเครื่องดื่มน้ำมะขามอัดแก๊ส	61
26	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ในระหว่างการเก็บรักษาหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น	63
27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสง ของหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นในระหว่างการเก็บหัวเชื้อเข้มข้น	64
28	ข้อมูลทางสถิติของอิทธิพลของระยะเวลา ต่อค่าการเกิดสีน้ำตาล	64
29	จำนวนเชื้อยีสต์และราในระหว่างการเก็บรักษาหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น	65
30	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหัวเชื้อเข้มข้น	66
31	การเกิดสีน้ำตาลจของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส ที่ผลิตจากหัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้นที่เติมโซเดียมเบนโซเอต 500 ppm เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์	67
32	จำนวนเชื้อยีสต์และรา ของน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	ขามหวานพันธุ์สีทอง ขันตี และ ศรีชมพู	4
2	ความเกี่ยวโยงของสารประกอบเพคตินและเซลลูโลสในเนื้อเยื่อพืช	8
3	โครงสร้างของสารประกอบเพคติน	9
4	โครงสร้างของเซลลูโลส	10
5	กรรมวิธีการสกัดน้ำแอปเปิ้ลชนิดใส โดยใช้เอนไซม์	18
6	การย่อยสลายเพคตินเพื่อลดการรวมตัวเป็นคอลลอยด์ในน้ำผลไม้ ในกรณีที่ร่วมกับโปรตีน	19
7	ขั้นตอนการอัดแก๊สโดยวิธี post-mix	26
8	ขั้นตอนการอัดแก๊สโดยวิธี pre-mix	27
9	เครื่องวัดปริมาตรการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	31
10	ถังแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	32
11	ถังอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	33
12	ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อน้ำมะขาม	35
13	ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะขามพร้อมดื่มอัดแก๊ส	37
14	เปรียบเทียบปริมาณน้ำมะขามที่สกัดได้ในภาวะต่าง ๆ	46
15	เปรียบเทียบปริมาณของเพคติน ในน้ำเชื่อมมะขามที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ด้วยวิธีต่าง ๆ	48
16	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงของน้ำเชื่อมที่ผ่านกระบวนการแปรรูป ด้วยวิธีต่าง ๆ	48
17	เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์	50
18	น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดด้วยเอนไซม์และผ่านการเซนตริฟิวจ์	51
19	น้ำเชื่อมมะขามที่สกัดได้ (A) น้ำเชื้อมมะขามเข้มข้น (B)	51
20	กราฟเส้นใยแมงมุมแจกแจงระดับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่ม น้ำมะขามอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวน้ำมะขามเข้มข้น 50 องศาบริกซ์	56
21	กราฟเส้นใยแมงมุมแจกแจงระดับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่ม น้ำมะขามอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวน้ำมะขามเข้มข้น 55 องศาบริกซ์	58
22	กราฟเส้นใยแมงมุมแจกแจงระดับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่ม น้ำมะขามอัดแก๊สที่เตรียมจากหัวน้ำมะขามเข้มข้น 60 องศาบริกซ์	60

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
23	(A) น้ำมะขาพร้อมดื่มอัดแก๊สที่เตรียมได้จากหัวเชื้อ (B) หัวเชื้อน้ำมะขามเข้มข้น	62
24	วิธีการใช้ Osward viscometer	90
25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของกรดกาแลคทูโรนิคกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร	94
26.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแทนนินกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร	96