การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

นางสาวมนภัทร องค์สรณะคม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF NON-DAIRY BEVERAGE FROM MACADAMIA

Miss Monnapat Ongsaranakom

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Tecnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย
โดย	นางสาวมนภัทร องค์สรณะคม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ มุขประเสริฐ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนภัทร องค์สรณะคม : การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย. (PRODUCTION OF NON-DAIRY BEVERAGE FROM MACADAMIA) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สุวรรณา สุภิมารส, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์, 111 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาสูตรและภาวะในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย รวมทั้งศึกษาสมบัติและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบพบว่า แมคาเดเมียมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.69% (wet basis), 8.33, 69.75, 1.09 และ 19.14% (dry basis) จากการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ผ่านการบีบอัดจนมีไขมันเหลืออยู่ 27.58% (dry basis) โดยแปรปริมาณเป็น 6, 8, 10, 12 และ 14% พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ใช้แมคาเดเมีย 12% มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ เหมาะสมที่สุด จึงเลือกมาศึกษาหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์ด้วย hand homogenizer นาน 6-14 นาที (แปรเวลา 5 ระดับ)พบว่าการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มนาน 10 นาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ เหมาะสมที่สุด จึงใช้เวลาดังกล่าวเพื่อศึกษาหาชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มพบว่า การใช้แซนแทนกัม 0.05 และ 0.07% กัวร์กัม 0.2 และ 0.25% สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C ได้ 7 วัน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ ด้วย 9-point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องดื่มที่ใช้แซนแทนกัม 0.07% สูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวดังกล่าวมาศึกษาหาอุณหภูมิ (65-75 °C) และเวลา (3-7 นาที) ในการพาสเจอไรซ์พบว่าการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มทุกภาวะจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มไม่เกินมาตรฐานนมพาสเจอไรซ์และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำนมถั่วเหลือง แต่การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C ทำให้เครื่องดื่มแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 7 วัน ดังนั้นจึงเลือกการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 7 นาที ในการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่า เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียประกอบด้วยน้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 85.70, 1.35, 3.42, 0.15 และ 9.38% ตามลำดับ มีค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความหนืด เท่ากับ 6.51, 12.10 °Brix และ 13.04 mPas ตามลำดับ มีสีขาวขุ่นแบบน้ำนม มีกลิ่นหอมจากแมคาเดเมีย และรสหวานพอเหมาะ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้สามารถเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C ได้อย่างน้อยที่สุด 21 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์ม ไม่เกินมาตรฐาน นอกจากนี้ยังไม่พบการแยกชั้นในผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ยังมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี

ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต	มนภัทร องค์สรณะคม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	
ปีการศึกษา	2551	ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	

4972439723 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS : MACADAMIA/ NON-DAIRY BEVERAGE

MONNAPAT ONGSARANAKOM : PRODUCTION OF NON-DAIRY BEVERAGE FROM MACADAMIA. ADVISOR : ASSOC. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr. Ing., CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. NINNART CHINPRAHAST, Ph.D., 111 pp.

The objectives of this research were to formulate and determine the optimum conditions for the production of non-dairy beverage from macadamia nut and also to study characteristics and storage of the developed of this product. Chemical analyses of macadamia nut showed that its moisture, protein, lipid, ash, and carbohydrate content were 1.69% (wet basis), 8.33, 69.75, 1.09, and 19.14% (dry basis), respectively. Pressed macadamia nut with 27.58% fat (dry basis) was used as raw material for the formulation of macadamia drink at levels of 6, 8, 10, 12, and 14%, respectively and the 12% formula had the most suitable sensory characteristics. This was chosen for a study of homogenization times at 6-14 minutes (5 levels) and it was revealed that 10 min homogenization resulted in the sample with the most suitable physical properties. Thus, this condition was used in a study of effects of type and amount of stabilizers which showed that xanthan gum (at 0.05 and 0.07%) and guar gum (at 0.2 and 0.25%) could maintain stability of the drink for 7 days at 4 °C. Also, sensory evaluation (9-point hedonic test) of the freshly prepared drink revealed that the panelists mostly preferred and accepted the sample with 0.07% xanthan gum and, sequentially, it was used for studying effects of pasteurization temperature (65-75 °C) and time (3-7 min). It was evident that all these conditions resulted in the drinks with total bacterial counts and coliform test below those values specified in standards for pasteurized milk and industrial standards for soy milk. However, the sample pasteurized at 75 °C had separation problem when kept for 7 days and, therefore, the appropriate pasteurization conditions were 70 °C and 7 min, respectively. The developed product was composed of 85.70% water, 1.35% protein, 3.42% fat, 0.15% ash, and 9.38% carbohydrate, respectively. It also had these chemical and physical properties: pH, TSS, and viscosity of 6.51, 12.10 °Brix, and 13.04 mPa·s, respectively. This product had white as milk color, macadamia nut odour, and pleasant sweet taste. When stored at 4 °C, it could be kept for at least 21 days with the amounts of total bacterial counts and coliform test being up to the standards, no apparent separation and with good sensory acceptance scores.

Department : Food Technology Student's Signature : Monnapat Ongsaranakom

Field of Study : Food Technology Advisor's Signature : S. Subhimaros

Academic Year : 2008 Co-Advisor's Signature : Ninnart Chinprahast

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุวรรณา สุภิมารส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูง ที่เสนอแนวคิดริเริ่มของงานวิจัยนี้และได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และความช่วยเหลือในทุกด้าน อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ นอกจากนี้ยังได้ให้ความรู้และแนวคิดทางด้านวิชาการ ตลอดจนแนวทางในการดำเนินชีวิตอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยต่อไปในอนาคต

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กัลยา เลาหสงคราม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อ.ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์ และ รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ นายประพัทธ์ พิมพ์ประโพธ กรรมการผู้จัดการ บริษัท V.P.C. GROUP จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แมคาเดเมีย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในงานวิจัยพร้อมทั้งเงินทุนที่ใช้วิจัยร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และให้คำแนะนำที่เกี่ยวข้องอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านต่างๆ ตลอดงานวิจัย และขอบคุณเพื่อนปริญญาโท พี่ปริญญาเอก และน้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคน รวมทั้งเพื่อนสมัยเรียนปริญญาตรี ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจกันตลอดมา

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ขอบใจน้องสาว และขอบคุณญาติทุกคน ที่คอยเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งเสมอมา รวมทั้งให้การสนับสนุนและส่งเสริมผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จในการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 3

2.1 แมคาเดเมีย..... 3

2.2 เครื่องดื่มเลียนแบบนม..... 10

2.3 การใช้สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ในเครื่องดื่มประเภทนมและเครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นม..... 17

2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษา..... 22

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 24

3.1 วัตถุดิบ..... 24

3.2 สารเคมี 24

3.3 อุปกรณ์..... 26

3.4 วิธีวิเคราะห์และตรวจสอบ..... 27

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 28

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 36

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของทางเคมีของเมล็ดแมคาเดเมีย..... 36

4.2 การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย..... 37

4.3 การศึกษาหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย..... 41

4.4 การศึกษาหาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย..... 44

บทที่ หน้า

4.5 การศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่พัฒนาได้..... 50
4.6 การศึกษาสมบัติต่างๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่พัฒนาได้.. 55
4.7 การศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้..... 58
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 63
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 63
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 64
รายการอ้างอิง..... 65
ภาคผนวก..... 72
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์และตรวจสอบทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัส..... 73
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... 88
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 98
ภาคผนวก ง ข้อมูลการทดลองเพิ่มเติม..... 106
ภาคผนวก จ ภาพอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้..... 109
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 111

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมียสายพันธุ์ *M. integrifolia* และ *M. tetraphylla*.....	5
2.2	ปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำมัน (μg/g oil) ตัวอย่างนัต 5 ชนิด.....	7
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเลียนแบบนม.....	13
2.4	ปริมาณการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในประเทศไทย.....	17
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของแมคาเดเมียที่ใช้ในงานวิจัย.....	36
4.2	ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อ TSS ค่าสี (L*,a*,b*) และค่าความข้นในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	38
4.3	ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียด้วยวิธี descriptive analysis with scaling	39
4.4	ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียโดยใช้ 9-point hedonic scale	40
4.5	ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	41
4.6	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าทางกายภาพและเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	45
4.7	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	48
4.8	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	49
4.9	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อลักษณะทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้.....	51
4.10	ผลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้.....	53

ตารางที่		หน้า
4.11	ผลของเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้.	53
4.12	ผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรส์ต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้……	54
4.13	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์……	55
4.14	สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์……	56
4.15	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ของผลิตภัณฑ์……	57
4.16	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ 9-point hedonic scale ……	58
4.17	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์……....	58
4.18	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์…….....	59
4.19	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์…….……	60
4.20	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling.....……	61
4.21	ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale……...	62
ก.1	การประมาณจำนวน Coliform ที่ความเจือจาง 3 ระดับ ……	86
ค.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าสีในระบบ L* a* b* และค่าความขุ่นของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน……..	98
ค.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี ความขุ่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรสแมคาเดเมีย และ mouthfeel ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน……..	98
ค.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ สี รส กลิ่นรส และ ความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน……..	99

ตารางที่		หน้า
ค.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าสีในระบบ L* a* b* และค่าความข้นของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่างกัน.....	99
ค.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วันของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่างกัน.....	100
ค.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรตะกอนส่วนล่างเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วันของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่างกัน.....	100
ค.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าความหนืด และค่า pH ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน.....	101
ค.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน.....	102
ค.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรส กลิ่นรสแปลกปลอม ความหนืด และ mouthfeel ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน.....	103
ค.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน.....	103
ค.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ L* a* b* ในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน.....	104
ค.12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH และ ปริมาณกรดทั้งหมดของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน....	104

ตารางที่		หน้า
ค.13	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	104
ค.14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ L* a* b* ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน.....	105
ค.15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี รสหวาน รสแปลกปลอม กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน.....	105
ค.16	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ รสกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	105
ง.1	ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน.....	106
ง.2	ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรตะกอนส่วนล่างของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน.....	107
ง.3	ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน.....	108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลแมคาเดเมีย.....	3
2.2	ปริมาณผลผลิตแมคาเดเมียทั่วโลกในปี ค.ศ. 1995-1996.....	9
2.3	โครงสร้างของคาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิด	19
2.4	โครงสร้างของแซนแทนกัม.....	20
2.5	โครงสร้างของกัวร์กัม.....	21
3.1	ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	29
3.2	ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	33
4.1	ตัวอย่างลักษณะการแยกชั้นของเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์นาน 12 นาที	42
4.2	ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน.....	43
4.3	ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรตะกอนส่วนล่างของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน.....	43
4.4	ลักษณะเครื่องดื่มหลังปรับปรุงโดยการเติมสารเพิ่มความคงตัว.....	46
4.5	ผลของชนิดและปริมาณสารที่ใช้เพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน.....	47
4.6	ลักษณะการแยกชั้นของเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C....	52
ก.1	กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์.....	81
จ.1	เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกที่ใช้ในการบีบน้ำมันออกจากแมคาเดเมีย.....	109
จ.2	แมคาเดเมียที่ผ่านการบีบอัดน้ำมันออก.....	109
จ.3	ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย.....	110

บทที่ 1

บทนำ

แมคาเดเมียเป็นพืชที่ปลูกมากในรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา และในประเทศออสเตรเลีย โดยสหรัฐอเมริกาเป็นแหล่งตลาดแมคาเดเมียที่ใหญ่ที่สุดในโลก แหล่งตลาดที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ แคนาดา ประเทศในยุโรปตะวันตก ญี่ปุ่น ไต้หวัน และฮ่องกง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541) ส่วนในประเทศไทยสามารถปลูกแมคาเดเมียได้ในบางพื้นที่ และเริ่มมีบทบาททางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุยืนยาว ให้ผลผลิตสูง คุณภาพผลผลิตดี มีความทนทานในการขนส่ง สามารถจำหน่ายได้หลายรูปแบบทั้งเนื้อใน กะลา เนื้อดิบ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับบริโภค (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536) แมคาเดเมียเป็นพืชที่มีสารอาหารที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่ชนิดต่างๆ และมีปริมาณไขมันสูง โดยส่วนใหญ่เป็นไขมันประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids) ซึ่งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดและลดปริมาณ low-density lipoprotein จึงลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจได้ (Kaijser, Dutta and Savage, 2000) ดังนั้นการแปรรูปแมคาเดเมียในเชิงอุตสาหกรรมเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น แมคาเดเมียอบ แมคาเดเมียอบปรุงรส แมคาเดเมียเคลือบช็อกโกแลต และการใช้แมคาเดเมียสำหรับปรุงแต่งในผลิตภัณฑ์เค้ก คุกกี้ ขนมปัง และไอศกรีม จึงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม (non-dairy imitation milk product) คือ ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกับนมหรือผลิตภัณฑ์นม แต่ไม่มีองค์ประกอบที่มาจากนมหรือผลิตภัณฑ์นม ยกเว้นเคซีนเนต วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีหลายชนิด แต่นิยมใช้วัตถุดิบจากพืช เนื่องจากมีราคาถูก เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมและผู้ที่ต้องการไขมันจากพืชแทนไขมันจากสัตว์ เพราะไขมันจากสัตว์มีผลต่อการเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง เมล็ดพืชน้ำมันเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนม เช่น เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา และอัลมอนด์ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่บางชนิดในปริมาณสูงอีกด้วย (Winkelmann, 1974; Singh and Bains, 1988) ดังนั้นจึงมีการนำเมล็ดพืชน้ำมันหลายชนิดมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนม

งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาพัฒนาหาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นมจากแมคาเดเมีย รวมทั้งศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา ประสาทสัมผัส และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ยังคงประโยชน์ของแมคาเดเมีย มีคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 แมคาเดเมีย (Macadamia)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแมคาเดเมีย

แมคาเคเมีย (macadamia) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Macadamia* spp. เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย มีทั้งหมด 10 สปีชีส์ แต่มีเพียง 2 สปีชีส์เท่านั้นที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ *Macadamia tetraphylla* ซึ่งมีลักษณะผิวกะลาขรุขระ และ *M. intergrifolia* มีลักษณะผิวกะลาเรียบ แมคาเดเมียเป็นนัตชนิดหนึ่ง และเป็นพืชยืนต้นไม่ผลัดใบ ลำต้นสูงตั้งตรง ทรงพุ่มลักษณะคล้ายปิรามิด ใบมีลักษณะเหมือนหอกหัวกลับ ใบแก่สีเขียวเข้ม ขอบใบมีหนามเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อยาว ติดผลเป็นช่อ ผลมีเปลือกแข็งหนา และมีเปลือกแข็งอีกชั้นหุ้มเนื้อในเรียกว่า กะลา ภายในกะลามีเมล็ดเป็นเนื้อแน่นสีขาวสามารถรับประทานได้ เมื่อเจริญเต็มที่ผลจะร่วงลงบนพื้นดิน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536; Kaijser, et al., 2000) ผลแมคาเดเมียแสดงดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ผลแมคาเดเมีย (Armstrong, 2006)

2.1.2 การเก็บรักษาเมล็ดแมคาเดเมีย

แมคาเดเมียเป็นพืชที่มีไขมันค่อนข้างสูง (Wall and Gentry, 2007) จึงทำให้เกิดกลิ่นหืนซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ส่วนใหญ่เกิดจากลักษณะการเก็บที่ไม่ดีหรือเก็บไว้นานเกินไป ปัจจัยที่จะเป็นตัวชี้วัดความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน (oxidative stability) ของแมคาเดเมียยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่จากการทดลองของ Quinn และ Tang (1996) พบว่าแมคาเดเมียมีปริมาณ tocopherol ทั้งหมดเพียง 6.4-18 μg/g dry matter ซึ่งถือว่าต่ำเกินไป จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย

Cavaletto และคณะ (1966) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเก็บน้ำมันจากแมคาเดเมีย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวในการเกิดออกซิเดชันของแมคาเดเมีย คือ ความชื้นและอุณหภูมิในการเก็บรักษา กล่าวคือเมื่อความชื้นและอุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น น้ำมันจะมีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง ซึ่งภาวะที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันในน้ำมันแมคาเดเมีย คือ การทำให้เมล็ดแห้งจนมีความชื้นประมาณ 1% และเก็บที่อุณหภูมิต่ำประมาณ -18 ºC

เมล็ดรวมทั้งกะลาของแมคาเดเมียมีความชื้นประมาณ 30% ดังนั้นการเก็บรักษาแมคาเดเมียจึงนิยมลดความชื้นของเมล็ดแมคาเดเมียให้เหลือประมาณ 2% ก่อนเก็บรักษาเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536; Kaijser, et al., 2000)

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมีย

จากการศึกษาองค์ประกอบของไขมันในแมคาเดเมียที่ปลูกในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่ามี monounsaturated fatty acids เป็นองค์ประกอบ 80% ในขณะที่มี saturated fatty acids เพียง 13.2-17.8% และมี polyunsaturated fatty acids 2.8-4.7% (Kaijser, et al., 2000) ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมียสายพันธุ์ *M. integrifolia* และ *M. tetraphylla* แสดงดังตารางที่ 2.1

Garg, Blake และ Will (2003) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแมคาเดเมียในการลดระดับคอเลสเตอรอลในซีรัม โดยให้ผู้ชายที่มีภาวะคอเลสเตอรอลสูง อายุเฉลี่ย 54 ปี จำนวน 17 คน รับประทานแมคาเดเมียประมาณ 15% ของอาหารทั้งหมดที่บริโภคใน 1 วัน ซึ่งอยู่ในช่วง 40-90 กรัมต่อวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดและ LDL คอเลสเตอรอลลดลง 30 และ 53% ตามลำดับ ส่วน HDL คอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น 7.9% แสดงว่าแมคาเดเมียมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและเพิ่ม HDL คอเลสเตอรอลได้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมียสายพันธุ์ *M. integrifolia* และ *M. tetraphylla*

Nutrient	Value per 100 grams	
Proximates		
Water	1.36±0.07	g
Energy	718	kcal
Energy	3004	kJ
Protein	7.91±0.35	g
Total lipid (fat)	75.77±1.15	g
Ash	1.14±0.03	g
Carbohydrate, by difference	13.82±0.00	g
Fiber, total dietary	8.60±0.91	g
Sugars, total	4.57±0.18	g
Starch	1.05±0.02	g
Lipids		
Fatty acids, total saturated	12.061	g
12:0	0.076±0.013	g
14:0	0.659±0.100	g
16:0	6.036±0.035	g
17:0	0.124±0.056	g
18:0	2.329±0.238	g
20:0	1.940±0.094	g
22:0	0.616±0.002	g
24:0	0.281±0.013	g
Fatty acids, total monounsaturated	58.877	g
16:1 undifferentiated	12.981±0.682	g
18:1 undifferentiated	43.755±1.251	g
20:1	1.890±0.090	g
22:1 undifferentiated	0.2330.020	g
24:1	0.018±0.012	g

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมียสายพันธุ์ *M.integrifolia* และ *M.tetraphylla*

Nutrient	Value per 100 grams	
Fatty acids, total polyunsaturated	1.502	g
18:2 undifferentiated	1.296±0.090	g
18:3 undifferentiated	0.206±0.018	g
Phytosterols	116	mg
Campesterol	8	mg
Beta-sitosterol	108	mg
Amino acids		
Tryptophan	0.067	g
Threonine	0.370	g
Isoleucine	0.314	g
Leucine	0.602	g
Lysine	0.018	g
Methionine	0.023	g
Cystine	0.006	g
Phenylalanine	0.665	g
Tyrosine	0.511	g
Valine	0.363	g
Arginine	1.402	g
Histidine	0.195	g
Alanine	0.388	g
Aspartic acid	1.099	g
Glutamic acid	2.267	g
Glycine	0.454	g
Proline	0.468	g
Serine	0.419	g

ที่มา: USDA (2007)

จากตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงถึงคุณค่าทางโภชนาการของแมคาเดเมีย เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของไขมันในแมคาเดเมียกับถั่วเหลือง พบว่าไขมันในแมคาเดเมียมีอัตราส่วนของ monounsaturated fatty acid ต่อปริมาณไขมันทั้งหมดสูงกว่าในถั่วเหลือง เนื่องจากไขมันใน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถั่วเหลืองส่วนใหญ่ประกอบด้วย polyunsaturated fatty acid ส่วนองค์ประกอบของกรดอะมิโนพบว่าแมคาเดเมียและถั่วเหลืองมีชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่ใกล้เคียงกัน (USDA, 2007)

Marguire และคณะ (2004) ศึกษาปริมาณ tocopherols, squalene และ phytosterol ในนัตชนิดต่างๆ ได้แก่ เฮเซลนัต แมคาเดเมีย ถั่วลิสง วอลนัต และอัลมอนด์ ได้ผลดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำมัน (μg/g oil) ตัวอย่างนัต 5 ชนิด

Nut sample	Squalene	α -tocopherol	γ-tocopherol	Phytosterol
Hazelnut	186.4	310.1	61.2	1096.0
Macadamia	185.0	122.3	Trace	1618.3
Peanut	98.3	87.9	60.3	1724.9
Walnut	9.4	20.6	300.5	1236.0
Almond	95.0	439.5	12.5	2178.9

นัตทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณ phytosterol สูง ประกอบด้วย campesterol, stigmasterol และ β-sitosterol แต่จะมี β-sitosterol มากที่สุด phytosterol จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และ low-density lipoprotein cholesterol ในซีรัม ส่วน squalene และ tocopherol มีประสิทธิภาพในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Marguire, et al., 2004)

2.1.4 แมคาเดเมียในประเทศไทย

เริ่มมีการปลูกแมคาเดเมียในประเทศไทยประมาณ พ.ศ. 2521 แต่ได้รับความสนใจและเริ่มมีการพัฒนาอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2527 จากนั้นได้มีการวิจัย พัฒนา และส่งเสริมให้มีการปลูกอย่างต่อเนื่อง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541) จนกระทั่งปัจจุบัน

พันธุ์แมคาเดเมียที่แนะนำให้ปลูกในประเทศไทย (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2536; สมศรี ภัทรธรรม, 2546) ได้แก่

พันธุ์ 741 ทรงต้นตั้งตรง พุ่มแน่นคล้ายปิรามิด ขนาดผลปานกลาง กะลาผิวบางเรียบ สีน้ำตาลอ่อนมีจุดลาย มีเมล็ดหรือเนื้อในขนาดใหญ่ สีครีมขาวสวย น้ำหนัก 2.0-2.9 กรัม จำนวนผลต่อกิโลกรัม 135-150 ผล ผลผลิตเนื้อในหลังกะเทาะ 32-39% เปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 88-90% การปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 700 เมตรขึ้นไปจะให้ผลผลิตคุณภาพดี ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 คำนวณตามสูตรของ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2541)

$$\% \text{ เนื้อในเกรด 1} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อในที่ลอยในน้ำบริสุทธิ์} \times 100}{\text{น้ำหนักเนื้อใน}}$$

พันธุ์ 660 ทรงต้นตั้งตรง พุ่มแน่นคล้ายปิรามิด ขนาดผลเล็กถึงปานกลาง กะลาผิวบางเรียบ สีน้ำตาลอ่อนมีจุดลาย เนื้อในสีขาว มีน้ำหนักประมาณ 1.5-2.7 กรัม จำนวนผลต่อกิโลกรัม 175-190 ผล ผลผลิตเนื้อในหลังกะเทาะ 34-42% เปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 93-100% การปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 700 เมตรขึ้นไปจะให้ผลผลิตคุณภาพดี

พันธุ์ 508 ทรงต้นกึ่งตั้งตรง พุ่มค่อนข้างแน่นทรงกลม ขนาดผลเล็กถึงปานกลาง กะลาหนาเล็กน้อย สีน้ำตาลมีจุดลาย เนื้อในมีขนาดเล็ก สีขาว รูปร่างสวย และมีน้ำหนัก 1.7-2.5 กรัม จำนวนผลต่อกิโลกรัม 148-170 ผล ผลผลิตเนื้อในหลังกะเทาะ 31-39% เปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 84-100% การปลูกในอากาศเย็นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไปจะให้เจริญเติบโตดี

พันธุ์ 344 ทรงต้นตั้งตรง พุ่มแน่นคล้ายปิรามิด ขนาดปานกลาง กะลาหนาเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อนมีจุดลาย เนื้อในใหญ่สีขาว น้ำหนักเนื้อใน 2.0-2.8 กรัม จำนวนผลต่อกิโลกรัม 130-150 ผล ผลผลิตเนื้อในหลังกะเทาะ 26-38% เปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 88-100% อายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตสูง การปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 800 เมตรขึ้นไปจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตคุณภาพดี

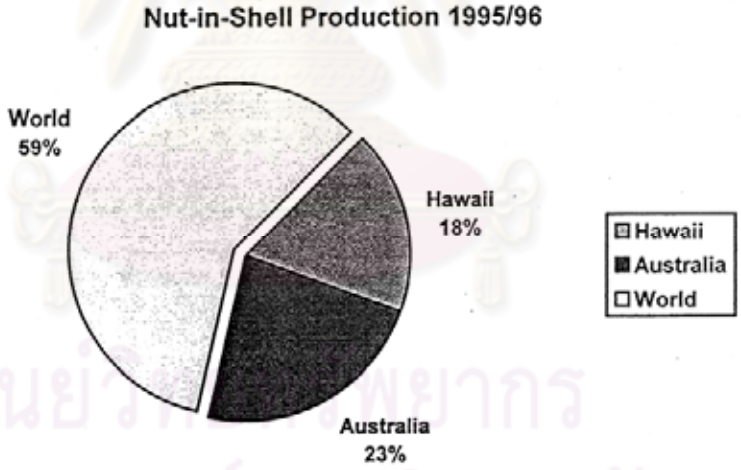
นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ 800 ที่ใช้ในการทดลองอีกด้วย โดยพันธุ์นี้มีลักษณะลำต้นตั้งตรง ทรงพุ่มกลม ใบเรียวและมีหนามแหลมคม ขนาดผลใหญ่ เนื้อในมีขนาด สี และรูปทรงที่ดี มีเปอร์เซ็นต์เนื้อในเกรด 1 97-100% ให้ผลผลิตประมาณ 22.5 กิโลกรัมต่อปี เมื่อปลูกไปแล้ว 14 ปี (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541)

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และ จำรอง ดาวเรือง (2549) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแมคาเดเมียพันธุ์ 344 ในประเทศไทย พบว่าเนื้อในมีปริมาณไขมัน 77.86% โปรตีน 9.76% น้ำตาลทั้งหมด 2.8% เส้นใย 1.75% เหล็ก 2.61 mg/100g แมกนีเซียม 148.121 mg/100g โปแทสเซียม 60.48 mg/100g และแคลเซียม 43.17 mg/100g เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมันในแมคาเดเมีย พบว่ามีปริมาณ monounsaturated fatty acids 81%, saturated fatty acids 12.8% และ polyunsaturated fatty acids 6.2% จากปริมาณไขมันทั้งหมด โดยมีปริมาณ oleic acid สูงที่สุด คือ 55.7% และยังพบกรดไขมัน eicosatrienoic acid, myristoleic acid และ docosahexaenoic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไม่มีรายงานว่าพบในแมคาเดเมียจากแหล่งปลูกอื่นๆ และกรดไขมันที่กล่าวมานี้เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยเฉพาะพวก omega 3 ซึ่งช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจและลดคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด

ขวัญแก้ว กังสดาลอำไพ, จุฑาทิพย์ ศุภชัยวีรกุล และศจีนา วิวัฒน์บุตรสิริ (2549) ได้ศึกษาองค์ประกอบไขมันของแมคาเดเมียพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย พบว่าแมคาเดเมียพันธุ์ดอยสะเก็ด 344 และ 800 พันธุ์โป่งแยง 344, 508, 660 และ 741 มีปริมาณไขมัน 78.05, 73.09, 72.66, 72.55, 74.65 และ 74.03% (dry basis) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในแมคาเดเมียพันธุ์ต่างๆ พบว่ามีปริมาณ เท่ากับ 81.71, 81.97, 81.97, 82.17, 81.65 และ 82.35% และจากการเปรียบเทียบองค์ประกอบของไขมัน พบว่าแมคาเดเมียทุกพันธุ์มีกรดไขมัน oleic acid (C18:1, n-9) สูงที่สุดและมีปริมาณอยู่ในช่วง 62-66%

2.1.5 ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจของแมคาเดเมีย

แมคาเดเมียมีต้นกำเนิดแถวเขตร้อนและมีฝนตกชุกในรัฐนิวเซาธ์เวลล์และรัฐควีนส์แลนด์ในประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ.1996 แหล่งที่ปลูกแมคาเดเมียที่เป็นอุตสาหกรรมใหญ่ที่สุด คือ ออสเตรเลียและรัฐฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีผลผลิตรวมกันมากกว่า 40% ของผลผลิตโลก รองลงมาได้แก่ เคนยา แอฟริกาใต้ มาลาวี กัวเตมาลา คอสตาริกา บราซิล และซิมบับเว ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2.2 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541)



รูปที่ 2.2 ปริมาณผลผลิตแมคาเดเมียทั่วโลกในปี ค.ศ. 1995-1996 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541)

สำหรับประเทศไทยนั้น ได้มีการขยายผลเพาะปลูกเชิงพาณิชย์ในหลายพื้นที่ เช่น เชียงราย เชียงใหม่ และเพชรบูรณ์ เป็นต้น แม้ในบางพื้นที่ปลูกยังประสบกับปัญหาเรื่องของการกะเทาะเปลือกเพื่อนำผลมาแปรรูปอยู่บ้างก็ตาม แต่ก็มีการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงทำให้การเพาะปลูกประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี แมคาเดเมียสามารถจำหน่ายได้ทั้งเนื้อในกะลา เนื้อดิบ หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อการบริโภค เช่น อาหาร ขบเคี้ยว ลูกกวาด

ไอศกรีม เนยถั่ว และเมล็ดที่ไม่ได้คุณภาพก็ยังสามารถสกัดเป็นน้ำมันชั้นดีเพื่อใช้ในการปรุงอาหาร และใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง อีกทั้งยังมีความสะดวกในการขนส่ง เก็บรักษาได้นาน และที่สำคัญ คือ มีมูลค่าสูง (Department of Agriculture, 1984) ซึ่งใน พ.ศ.2550 ราคาของแมคาเดเมียอบแห้งและกะเทาะกะลาอยู่ที่กิโลกรัมละประมาณ 1,200 บาท แต่ถ้าหากเป็นเมล็ดสดที่ไม่ผ่านการอบจะขายประมาณกิโลกรัมละ 200-300 บาท ดังนั้นแมคาเดเมียจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นพืชเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2550)

2.2 เครื่องดื่มเลียนแบบนม

2.2.1 ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม (Imitation milk and imitation milk product) สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

นมแปลงไขมันและผลิตภัณฑ์นมแปลงไขมัน (filled milk and filled milk product) คือ ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นมที่ไขมันนมบางส่วนหรือทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยไขมันจากพืช ส่วนมากมักใช้น้ำมันมะพร้าว

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม (non-dairy imitation milk and non-dairy imitation milk product) คือ ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกับนมหรือผลิตภัณฑ์นม แต่ไม่มีองค์ประกอบที่มาจากนมหรือผลิตภัณฑ์นม ยกเว้น เคซีเนต ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืชชนิดต่างๆ (Winkelmann, 1974)

2.2.2 องค์ประกอบของเครื่องดื่มเลียนแบบนม

เครื่องดื่มเลียนแบบนมโดยทั่วไป จะมีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

<u>โปรตีน</u>

โปรตีนในเครื่องดื่มเลียนแบบนมมาจาก 2 แหล่งสำคัญ คือ แหล่งโปรตีนจากสัตว์และแหล่งโปรตีนจากพืช (Winkelmann, 1974) แหล่งโปรตีนจากสัตว์ที่นิยมใช้เพิ่มคุณค่าในเครื่องดื่มเลียนแบบนม คือ เคซีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนหลักในนม นิยมใช้เคซีนในรูปของโซเดียมเคซีเนต (Wolff, 1982) ส่วนแหล่งโปรตีนจากพืชเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นม ผู้ที่ต้องการไขมันจากพืชแทนไขมันสัตว์เนื่องจากไขมันจากสัตว์มีผลต่อการเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง การใช้วัตถุดิบจากพืชอาจใช้เมล็ดพืชมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบนมโดยตรงหรืออาจใช้ในรูปของโปรตีนสกัดจากเมล็ดพืชและใบพืช โปรตีนจากพืชที่นิยมใช้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

เมล็ดพืชน้ำมัน (oilseed) นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากราคาไม่แพงและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีเมล็ดพืชน้ำมันหลายชนิดที่มีปริมาณโปรตีนสูงใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา เมล็ดดอกทานตะวัน และอัลมอนด์ ซึ่งนมอัลมอนด์ได้รับความนิยมในการบริโภคมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะในประเทศจีน เนื่องจากช่วยเพิ่ม high density lipoprotein แต่ลด low density lipoprotein (Winkelmann, 1974)

ธัญพืช (cereal grain) การใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นมได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากใช้ได้หลายพันธุ์ ปลูกง่าย พบทั่วไปในพื้นที่ต่างๆ เมล็ดเก็บรักษาได้นาน และมีราคาถูก ธัญพืชที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทาน ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ ซึ่งการนำไปใช้สามารถทำได้เช่นเดียวกับพืชน้ำมัน แต่เมล็ดธัญพืชมีข้อเสียคือ มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าเมล็ดพืชน้ำมัน จึงมีการนำมาใช้น้อยกว่า (Singh and Bains, 1988) สำหรับเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืชที่พบทั่วไปในท้องตลาด ได้แก่ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากข้าวโพด ข้าวเจ้า และลูกเดือย

ไขมัน

การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมส่วนมากจะใช้ไขมันพืชมาทดแทนไขมันนม เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันปาล์ม และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นต้น ในช่วงแรกของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม นิยมใช้น้ำมันมะพร้าวมาทดแทน เนื่องจากมีกลิ่นอ่อนและมีจุดหลอมเหลวคงที่ จึงไม่ส่งผลต่อกลิ่นในผลิตภัณฑ์ (Rusch, 1971)

องค์ประกอบอื่นๆ (Rusch, 1971)

ในการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมอาจต้องมีการเติมส่วนผสมอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่มในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความคงตัว เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนผสมที่นิยมใช้ปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีดังนี้

สารให้ความหวาน โดยมากนิยมใช้น้ำตาลซูโครส เนื่องจากช่วยให้ความหวานและ body กับผลิตภัณฑ์ และนอกจากนี้ยังนิยมใช้ corn syrup solids เนื่องจากมีกลิ่นรสอ่อน การใช้สารให้ความหวานในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจะช่วยให้เครื่องดื่มมีรสและเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น

สารให้ความคงตัว เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มักเกิดการแยกชั้น การใช้สารเพิ่มความคงตัวจะช่วยให้เครื่องดื่มมีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่ม mouthfeel และ body ให้กับผลิตภัณฑ์ สารเพิ่มความคงตัวที่นิยมใช้ คือ คาร์ราจีแนน

อิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจากเครื่องดื่มเลียนแบบนม มีทั้งส่วนผสมที่เป็น น้ำ ไขมัน และน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะไม่คงตัว เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำและไขมัน สารอิมัลซิไฟเออร์จะช่วยลดแรงตึงผิว (surface tension) ทำให้สารต่างๆ ผสมกันได้ดี ชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ monoglycerides เนื่องจาก ราคาถูก มีความคงตัวดี และมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี

เกลือฟอสเฟตหรือเกลือซิเตรท ใช้ในกรณีที่โปรตีนในผลิตภัณฑ์เสียสภาพมากหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านภาวะที่รุนแรง เช่น ความร้อนสูง ความเย็นจัด หรือความเป็นกรดสูง โดยมากจะใช้เพียง 0.1-0.2% โดยน้ำหนัก

กลิ่นและสีสังเคราะห์ ใช้เพื่อปรับปรุงกลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เนื่องจากกลิ่นรสบางตัวในวัตถุดิบไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค กลิ่นรสที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ ช็อกโกแลต สตรอว์เบอร์รี่ และวานิลลา

วิตามินและเกลือแร่ ใช้เติมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น วิตามินและเกลือแร่ที่นิยมเติม เช่น วิตามินเอ วิตามินบี แคลเซียม และแมกนีเซียม

หน่วยงาน Protein Advisory Group (PAG) ของสหรัฐอเมริกาได้แนะนำคุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเลียนแบบนม แสดงในตารางที่ 2.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มเลียนแบบนม

Constituent	Amount / 100 g
Total solid	11 g
Protein	3.4 (N×6.25) g
Fat	2 g
Non-fat solid	9 g
Vitamin A	50 μg
Thiamin	0.15 mg
Riboflavin	0.15 mg
Vitamin C	3.0 mg
Folic acid	5.0 μg
Niacin	1.0 mg
Ca	100 mg
Fe	0.4 mg

ที่มา: ดัดแปลงจาก Protein Advisory Group (1973)

2.2.3 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนม

กระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมโดยทั่วไปมี 3 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

การผสม

การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมควรผสมส่วนประกอบแห้งให้เข้ากันก่อน เพื่อให้ของแข็งการกระจายตัวดีขึ้น เช่น ผสมกัมกับไซรัปก่อน ถ้ามีการใช้โมโนกลีเซอไรด์เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ก็ควรผสมกับส่วนผสมแห้งก่อนเช่นกัน แต่ถ้ากระบวนการผลิตมีวิธีการพาสเจอไรซ์แบบ batch อาจไม่จำเป็นต้องผสมส่วนผสมแห้งก่อน เพราะการให้ความร้อนสามารถทำให้ส่วนผสมละลายได้ แต่การพาสเจอไรซ์แบบ high temperature short time ต้องผสมก่อน และละลายไขมันกับอิมัลซิไฟเออร์ให้เข้ากันก่อนเติม ควรเติมส่วนผสมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 52 °C ขึ้นไป (Rusch, 1971)

การโฮโมจิไนซ์

การโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจะโฮโมจิไนซ์ 2 ขั้นตอน โดยใช้ความดันในช่วงแรกที่ 2,500-3,000 psi และช่วงที่สองที่ความดัน 500 psi การใช้ความดันในการโฮโมจิไนซ์สูงจะทำให้เครื่องดื่มมีความหนืดลดลงและมีความสว่างมากขึ้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเป็นที่ยอมรับมากขึ้น เครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์แล้วควรทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิประมาณ

5 ºC ทันที เพื่อช่วยให้ไขมันไม่รวมตัวกัน ทำให้ระบบอิมัลชันคงตัว นอกจากนี้การทำให้เย็นยัง ช่วยให้เกิดอันตรกิริยาระหว่างคาร์ราจีแนนและโปรตีนในนม เช่นในนมช็อกโกแลต (Rusch, 1971)

Lee และ Rhee (2003) ศึกษาค่าดัชนีความคงตัวและค่าความคงตัวในการแขวนลอยของเครื่องดื่มข้าวผสม pine nut โดยเริ่มกระบวนการผลิตจากการแช่ข้าวผสม pine nut ในน้ำ บดให้ส่วนผสมเข้ากัน เติมเกลือ และโฮโมจิไนซ์ โดยแปรความดันเป็น 3 ระดับ คือ 0, 19.6 และ 29.4 MPa บรรจุและสเตอริไลซ์เครื่องดื่ม พบว่าการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มที่ความดันสูงขึ้นจะช่วยเพิ่มค่าดัชนีความคงตัวในเครื่องดื่ม ส่วนค่าความคงตัวในการแขวนลอยซึ่งบอกถึงความคงตัวของอนุภาคในเครื่องดื่มโดยวัดอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในส่วนบนและส่วนล่าง พบว่าเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์ทุกภาวะจะมีค่าความคงตัวในการแขวนลอยสูงขึ้น เนื่องจากโปรตีนใน pine nut มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์เทียบเท่ากับเลซิทินทางการค้า 40% (Lee, Bae and Rhee, 2000) การที่โปรตีนหลายตัวสามารถเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ เนื่องจากมีทั้งส่วน hydrophilic และ hydrophobic side chains ซึ่งอาจสร้างตัวเป็น hydrophilic protein-lipid complex ในระหว่างกระบวนการผลิตได้

การให้ความร้อนเครื่องดื่มประเภทนมและเครื่องดื่มเลียนแบบนม

วัตถุประสงค์ในการพาสเจอไรซ์นม คือ การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทั้งหมดและการปรับปรุงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ไม่ให้เกิดกลิ่นรสแปลกปลอมและลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งยังคงคุณค่าทางโภชนาการ วิธีการทั่วไปที่ใช้พาสเจอไรซ์นม คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาสั้น โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 71 หรือ 72 °C นาน 12-20 วินาที และใช้เชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* เป็นดัชนีในการตรวจสอบ (Paine and Paine, 1983)

Holm และคณะ (1989) รายงานว่า การพาสเจอไรซ์ skim milk ที่อุณหภูมิ 77 °C นาน 15 วินาที และทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 4 °C สามารถลดปริมาณ แบคทีเรียทั้งหมดจาก 250,000 CFU/ml ให้เหลือเพียง 8 CFU/ml

Rustom, Lopez-Leiva และ Nair (1996) ศึกษาผลของภาวะในการให้ความร้อนแบบ UHT ต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ สมบัติทางกายภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากถั่วลิสง โดยแปรภาวะการสเตอริไลซ์ 2 ภาวะ คือ อุณหภูมิ 137 °C นาน 4 วินาที และอุณหภูมิ 137 °C นาน 20 วินาที พบว่าไม่พบ vegetative bacteria, spore, yeast หรือ mould ในเครื่องดื่มที่สเตอริไลซ์ทั้ง 2 ภาวะ ดังนั้นจึงสามารถเก็บเครื่องดื่มนี้ได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน และยังพบว่าเครื่องดื่มที่สเตอริไลซ์ 137 °C นาน 20 วินาทีจะมีสีเข้มและมีค่าดัชนีการตกตะกอนสูงกว่า เนื่องจากการใช้เวลานานจะเพิ่มอัตรา

การเกิดปฏิกิริยา Maillard ในผลิตภัณฑ์และทำให้โปรตีนเสียสภาพมากกว่า ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มทั้ง 2 ภาวะมีค่าไม่แตกต่างกันและไม่พบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มทั้งสองชนิด

อรพิน เกิดชูชื่น และคณะ (2545) ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืช 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวกล้อง ข้าวกล้องเหนียว ลูกเดือย เมล็ดบัว และข้าวฟ่าง 11, 7, 8, 7 และ 2% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์โดยแปรอุณหภูมิเป็น 2 ระดับ คือ 65 และ 68 °C แปรเวลาเป็น 5 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ประเมินผลทางด้านความหนืด จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 15 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดโดยมีปริมาณ จุลินทรีย์น้อยกว่า 50,000 CFU/ml เมื่อเก็บในตู้เย็นนาน 4 วันและได้การยอมรับจากผู้ทดสอบสูงที่สุด

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

นมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในประเทศแถบเอเชีย สกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต (Zhang et al., 2005) กระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองเริ่มจากแช่ถั่วเหลืองทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นแช่ในสารละลาย NaOH 0.5% นาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด บดถั่วเหลืองประมาณ 12% ผสมน้ำ ด้วย hammer mill ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 93 °C ใน steam jacketed kettle จากนั้น โฮโมจิไนซ์ 2 ครั้ง ที่ความดัน 3500 และ 500 psi ตามลำดับ ผสมกับน้ำเพื่อปรับปริมาณโปรตีนให้ได้ตามต้องการ ปรับ pH ให้ได้ประมาณ 6.8-7.2 เติมน้ำตาลทราย 5%, เกลือ 0.2% และ vanillin 0.02% โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 82 °C โฮโมจิไนซ์อีกครั้งตามความดันทั้งสองข้างต้น บรรจุใส่ขวด ทำให้เย็น และเก็บที่อุณหภูมิ 1 °C (Nelson, Steinberg and Wei, 1976)

วรนุช ครุฑโภไคย (2526) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตนมข้าวโพดพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการผลิตนมข้าวโพดคือ ลวกข้าวโพดฝักสดด้วยไอน้ำนาน 9 นาที แช่ในน้ำเย็นแยกเนื้อข้าวโพดมาตีป่นนาน 5 นาที ใช้อัตราส่วนเนื้อข้าวโพดต่อน้ำ เท่ากับ 1:4 โดยน้ำหนัก จากนั้นกรอง เติมน้ำตาล และเกลือ ปรับคุณค่าทางโภชนาการโดยเติมนมผงไขมันเต็ม 5% ตีป่นพร้อมเติมสารเพิ่มความคงตัว แล้วให้ความร้อนที่ 70 °C นาน 2 นาที บรรจุกระป๋องแล้วสเตอริไลซ์ ได้นมข้าวโพดที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและมีคุณค่าทางโภชนาการ

Berger, Bravay และ Berger (1997) ได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตนมอัลมอนด์ โดยต้มอัลมอนด์ผงที่ผ่านกระบวนการเอาน้ำมันออกแล้ว ประมาณ 8% ที่อุณหภูมิ 90 °C จากนั้นนำไป centrifuge เพื่อเอากากออก สเตอริไลซ์ด้วยวิธี UHT และโฮโมจิไนซ์ภายใต้ความดันประมาณ 18×10^{6} Pa

Hinds, Chinnan และ Beuchat (1997) ศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากถั่วลิสงโดยอบถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 163 °C นาน 20 นาที ลวกถั่วลิสง แล้วบีบอัดเอาไขมันออกโดยใช้ความดัน 27.6×10^6 Pa นาน 5 นาที ปั่นถั่วลิสงกับน้ำโดยใช้อัตราส่วน 1:8 กรองผ่านตะแกรง polyester ขนาด 34 μm ผสมน้ำตาลทราย 3% และเกลือ 0.05% โฮโมจิไนซ์ที่อุณหภูมิ 72 °C ความดัน 20.7×10^6 Pa บรรจุใส่ขวด และพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 °C นาน 2 นาที ได้เครื่องดื่มจากถั่วลิสงที่มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ มีเนื้อสัมผัสเหมือนนมโคทั่วไป และมีความคงตัวดี

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงค์ (2540) ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นมจากปลายข้าวเจ้า พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตโดยใช้แป้งปลายข้าวเจ้าข้าวดอกมะลิ 105 ในอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:14 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 3 นาที เติมน้ำตาลทราย 2.5% น้ำมันถั่วเหลือง 3.0% และโซเดียมเคซีเนต 3.0% โฮโมจิไนซ์ 2 ครั้ง ที่ความดัน 4 และ 1 bar ตามลำดับและนำมาพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 15 นาที ได้เครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นมจากปลายข้าวเจ้าที่มีความคงตัวดี มีโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของนมพาสเจอไรซ์ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (กระทรวงสาธารณสุข, 2545)

ราณี สุรกาญจน์กุล, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และชำนาญ เจริญรุ่งเรือง (2549) ศึกษาการผลิตน้ำนมข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วยข้าวกล้อง 5.5% น้ำตาลทราย 7% แป้งถั่วเขียว 3% น้ำมันพืช 1.5% แคลเซียมฟอสเฟต 0.2% แซนแทนกัม 0.45% และกัวร์กัม 0.25% พาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 °C นาน 10 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ได้นาน 10 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 5×10^4 CFU/ml

นอกจากนี้ยังมีเครื่องดื่มเลียนแบบนมอีกหลายชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากเมล็ดพืชน้ำมัน เช่น จากถั่วพู และงา เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืช เช่น barley, wheat และ triticale (Singh and Bains, 1988) เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวโน้มทางการตลาดของเครื่องดื่มเลียนแบบนม

เครื่องดื่มเลียนแบบนมนิยมผลิตและบริโภคในแถบเอเชียตะวันออกเป็นส่วนมาก เช่น นมถั่วเหลืองและนมถั่วลิสง แต่ในประเทศทางแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีส่วนแบ่งทางการตลาดค่อนข้างต่ำ เนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณภาพในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ แต่ในปี พ.ศ. 2540 สหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศที่มีตลาดทางด้านเครื่องดื่มที่ใหญ่มากของโลกได้หันมาสนใจผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมากขึ้น สำหรับตลาดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่าสูงถึง 2,700 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัว 10-15% โดยมีปัจจัยที่เป็นตัวกระตุ้น คือ ความนิยมเครื่องดื่มที่ใกล้เคียงธรรมชาติมีคุณค่าทางอาหารและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทำให้ตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่เป็นตลาดเล็กมีความน่าสนใจมากขึ้น (ฉัตรฝน เพ็ชรเวียงเหนือง, 2548; สมบุญ รุจิขจร, 2548) จากตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการเติบโตของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพทั้งหมดมีเครื่องดื่มธัญพืชเป็นตลาดที่ใหญ่และมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในประเทศไทย

ชนิดเครื่องดื่ม	ปริมาณการผลิตในแต่ละปี (ล้านลิตร)			
	2546	2547	2548	2549
น้ำผลไม้	122	152	182	219
เครื่องดื่มธัญพืช	267	307	353	406
ชาเขียว	39.7	79.4	103	126

ที่มา: ดัดแปลงจาก สมบุญ รุจิขจร (2548)

2.2 การใช้สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ในเครื่องดื่มประเภทนมและเครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นม

เครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นมมักเกิดการแยกชั้นระหว่างส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง การใช้สารเพิ่มความคงตัวจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้นและมีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น อีกทั้งเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีปริมาณโปรตีนต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มี mouthfeel ไม่ดีและมี body ต่ำ การใช้สารเพิ่มความคงตัวจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งสองให้ดีขึ้น โดยไม่ทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง สารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ คือ คาร์ราจีแนน ซึ่งปริมาณการใช้จะขึ้นกับคุณภาพและปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ แต่ต้องไม่ใช้ในปริมาณที่มากเกินไป เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเจลหรือเกิดการจับตัวเป็นก้อนได้ (Rusch, 1971)

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาองค์ประกอบของนมถั่วเหลืองที่ centrifuge 3500 rpm นาน 10 นาที แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบในแต่ละส่วนที่เกิดการแยกชั้นเป็น 3 ส่วน พบว่าในชั้นบนจะมีไขมันในปริมาณสูง แต่มีแป้งและโปรตีนเพียงเล็กน้อย เนื่องจากไขมันมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าน้ำ เมื่อนำมาหมุนเหวี่ยงจึงเกิดการแยกตัวแล้วลอยขึ้นมาได้ง่าย สำหรับในชั้นของของเหลว พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งและโปรตีน มีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อย แป้งและโปรตีนที่พบในชั้นนี้มีขนาดโมเลกุลไม่ใหญ่นัก และ ชั้นตะกอนส่วนใหญ่เป็นแป้ง เนื่องจากแป้งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงจึงตกตะกอนได้ง่าย

สันติ ทิพยางค์ (2535) ศึกษาการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง UHT รสช็อกโกแลตโดยใช้คาร์ราจีแนนเป็นสารเพิ่มความคงตัว พบว่าการใช้คาร์ราจีแนนชนิด iota และ lambda ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3 ปริมาณ 0.03% จะทำให้ผงช็อกโกแลตแขวนลอยในนมถั่วเหลืองอย่างสม่ำเสมอ

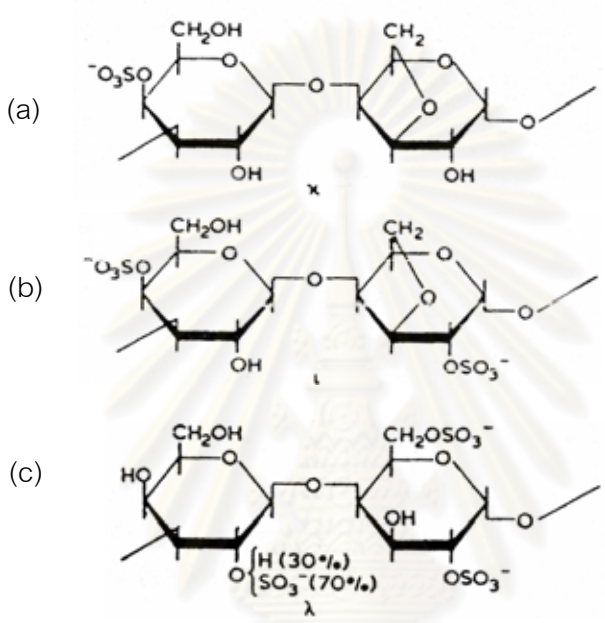
มีรายงานการใช้คาร์ราจีแนนปริมาณ 0.025-0.040% ในนมช็อกโกแลต ซึ่งมีส่วนประกอบของโกโก้ 1% และน้ำตาล 6% โดยคาร์ราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับ κ-casein ก่อนการพาสเจอไรซ์หรือระหว่างการทำให้เย็น เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (Nussinovitch, 1997)

Thaiudom และ Goff (2003) ศึกษาผลของ κ-คาร์ราจีแนน 0, 0.025, 0.05% และโลคัสต์บีนกัม, กัวร์กัม, แซนแทนกัม 0.36% ต่อความคงตัวในนม ที่เตรียมจาก skim milk powder 10.5% พบว่าการใช้ κ-คาร์ราจีแนนสามารถลดการแยกชั้นในผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กัวร์กัม, โลคัสต์บีนกัม และแซนแทนกัม ตามลำดับ โดยเมื่อใช้ κ-คาร์ราจีแนน 0.05% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็น weak gel แต่เมื่อใช้ κ-คาร์ราจีแนน 0.025% จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นสารละลายเข้มข้น

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ (2548) ศึกษาผลของอิมัลซิไฟเออร์ 2 ชนิด คือ Tween 20 และ Tween 80 สเตบิไลเซอร์ 3 ชนิด คือ คาร์ราจีแนน แซนแทนกัม และกัวร์กัม เพื่อปรับปรุงคุณภาพของนมถั่วเหลือง พบว่าการใช้ Tween 80 ร่วมกับกัวร์กัมความเข้มข้นรวมเท่ากับ 0.2% ในอัตราส่วน 90:10 สามารถเก็บรักษาเครื่องดื่มไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C ได้นาน 27 วัน โดยไม่เกิดการแยกชั้น

2.3.1 **คาร์ราจีแนน** (carrageenan)

คาร์ราจีแนนได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) พวก *Chondrus crispus, Eucheuma spinosum* และ *E. cottonii* เป็นโพลิแซ็กคาไรด์ชนิดกาแลกแทนที่มีหมู่ซัลเฟต จึงมีสมบัติเป็นแอนไอออนิก ไม่มีสายกิ่ง จับกันด้วยพันธะ α-1,6 และ β-1,4 ไกลโคซิดิก ที่สำคัญมี 3 ชนิด ได้แก่ kappa (κ), iota (ι) และ lambda (λ) (วรรณา ตุลยธัญ, 2549) ซึ่งมีโครงสร้างต่างกันดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของคาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิด kappa (a) iota (b) และ lambda (c) (Nussinovitch, 1997)

κ **carrageenan** มีโครงสร้างเป็น galactose-4-sulfate และ 3,6-anhydro-D-galactose สามารถเกิดเจลได้ โดยให้เจลที่เปราะและไม่ทนต่อการแช่แข็งและละลาย

ι **carrageenan** มีโครงสร้างเป็น galactose-4-sulfate และ 3,6-anhydro-D-galactose 2-sulfate สามารถเกิดเจลได้ ให้เจลที่มีลักษณะยืดหยุ่น

λ **carrageenan** มีโครงสร้างเป็น galactose อาจมีการแทนที่ด้วยหมู่ซัลเฟตที่ตำแหน่ง C-2 ประมาณ 70% และ galactose-6-sulfate จากการที่มีหมู่ซัลเฟต C-2 ทำให้ไม่สามารถเกิดเจลได้

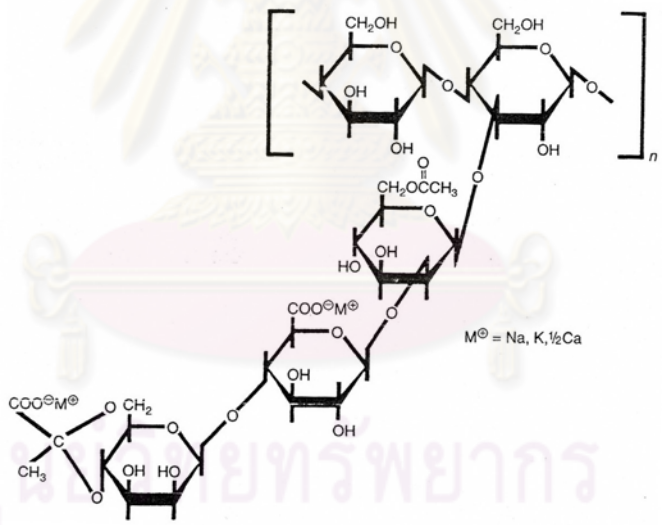
นิยมใช้คาร์ราจีแนนเป็นสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากมันจะทำอันตรกิริยากับเคซีนในนม ส่วนในเครื่องดื่มเลียนแบบนมนั้น คาร์ราจีแนนจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนชนิดอื่น เช่น โซเดียมเคซีเนต ซึ่งจะช่วยรักษาความคงตัวและช่วยปรับปรุง mouthfeel

ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและพุดดิ้งได้อีกด้วย (Graham, 1977; Blanshard and Mitchell, 1979)

2.3.2 **แซนแทนกัม** (xanthan gum)

แซนแทนกัมได้จากกระบวนการหมักของเชื้อ *Xanthomonas campestris* ข้อดีของไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากกระบวนการหมัก คือ ไม่ต้องกังวลกับปัจจัยภายนอก เช่น ภูมิอากาศ คุณภาพของผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สามารถกำหนดลักษณะที่ต้องการได้ และราคาค่อนข้างคงที่ (Graham, 1977)

โครงสร้างของแซนแทนกัมมีน้ำตาล 5 ตัวต่อกัน (pentasaccharide unit) ประกอบด้วย D-glucose เหมือนเซลลูโลสเป็นสายหลัก มี D-mannose 2 โมเลกุลและ D-glucuronic acid 1 โมเลกุล เป็นสายกิ่ง แมนโนสตัวสุดท้ายของสายกิ่งจะอยู่ในรูป pyruvic acid หรือ pyruvate ketal ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะทำให้แซนแทนกัมมีความหนืดสูง ทนต่อกรดและความร้อนได้ดี (Blanshard and Mitchell, 1979)

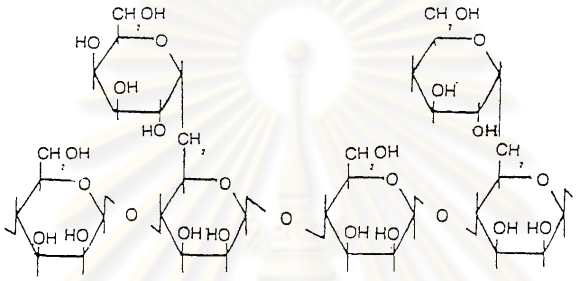


รูปที่ 2.4 โครงสร้างของแซนแทนกัม (Nussinovitch, 1997)

นิยมใช้แซนแทนกัมเพื่อช่วยให้เกิดอิมัลชันในน้ำสลัด ทำให้ชั้นของอนุภาคแขวนลอยอยู่ได้และเทออกง่าย การใช้ในไอศกรีมเพื่อลดขนาดผลึกน้ำแข็ง และใช้ในไซรัปโกโก้เพื่อให้ผงโกโก้กระจายตัวดีและทั่วถึง ส่วนการใช้ในเครื่องดื่มจะช่วยรักษาความคงตัวและเพิ่ม mouthfeel ให้กับผลิตภัณฑ์ (Nussinovitch, 1997; วรรณา ตุลยธัญ, 2549)

2.3.3 **กัวร์กัม** (guar gum)

กัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดต้น *Cyanaposis tetragonolobus และ C. psoraloides* ซึ่งพบในแถบอินเดียและปากีสถาน โครงสร้างของกัวร์กัมเป็นโพลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ β (1→4) และมีน้ำตาลกาแลคโตสโมเลกุลเดี่ยวเป็นสายโซ่กิ่งต่อกันด้วยพันธะ α (1→6) ที่ทุกๆ 2 โมเลกุล ของโพลิเมอร์สายยาว ดังแสดงในรูป 2.5 อัตราส่วนกาแลคโตสต่อแมนโนส คือ 1:2 และมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 220,000-300,000 ดาลตัน (Glicksman, 1969; Graham,1977)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของกัวร์กัม (Glicksman, 1969)

กัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ไม่มีประจุและไม่สามารถเกิดเจลได้ ละลายในน้ำเย็นแล้วให้ความหนืด ซึ่งจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราเฉือนและในภาวะอุณหภูมิสูง กัวร์กัมสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในอาหารคนและอาหารสัตว์ โดยใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในอาหารหลายชนิด เช่น ไอศกรีม เชอร์เบต และน้ำสลัด เป็นต้น และยังช่วยปรับปรุง mouthfeel และ body ให้กับเครื่องดื่มประเภทควบคุมโภชนาการ (dietetic) เนื่องจากไม่มีการเติมน้ำตาล นอกจากนี้ยังมีการใช้กัวร์กัมร่วมกับคาร์ราจีแนนเพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มโกโก้และช็อกโกแลตไซรัปอีกด้วย (Glicksman, 1969; Graham,1977; Charalambous and Doxastakis, 1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียนั้นเป็นสิ่งสำคัญ โดยอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และปัจจัยหลายอย่าง เช่น ภาชนะบรรจุและภาวะการเก็บ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ออกซิเจน และแสง (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2535)

สาเหตุที่สำคัญของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขจึงกำหนดมาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ดังประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) พ.ศ. 2545 เรื่อง นมโค รายงานว่ามาตรฐานของนมโคที่ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ คือ ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่พบแบคทีเรียชนิด *Escherichia coli* ตรวจพบแบคทีเรียในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ 1 มิลลิลิตร ได้ไม่เกิน 10,000 CFU/ml ณ แหล่งผลิต และไม่เกิน 50,000 CFU/ml ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ไม่เกิน 100 MPN/ml ในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ 1 มิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอไรซ์ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 °C ตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค และระยะเวลาการบริโภคต้องไม่เกิน 10 วัน นับจากวันที่บรรจุในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่าย (กระทรวงสาธารณสุข, 2545)

Iwuoha และ Umunnakwe (1997) ศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองที่บรรจุลงขวด แล้วพาสเจอไรส์ที่ 63 °C นาน 3 นาที ทำให้เย็นเก็บที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 29 ± 1 °C 10 ± 2 °C และ -3 ± 1 °C พบว่าการเก็บนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างกันส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยการเก็บที่อุณหภูมิต่ำทำให้เครื่องดื่มมีค่า pH สูงขึ้น แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดน้อยที่สุด การเก็บเครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 10 °C จะรักษาค่าความหนืดได้ดีที่สุด ส่วนผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสตลอดระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส mouthfeel และการยอมรับโดยรวมในเครื่องดื่มที่เก็บภายใต้อุณหภูมิต่ำมากที่สุด และไม่พบความแตกต่างของคะแนนการยอมรับระหว่างสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่สอง

สวามินี นวลแขกุล (2547) ศึกษาหาอายุการเก็บเครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยอาหารโดยพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 63 °C นาน 30 นาที แล้วบรรจุเครื่องดื่มขณะร้อนในขวดพลาสติกขนาด 200 มิลลิลิตร ทำให้เย็น แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 0-4 °C พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีอ่อนลง มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และมีค่าความหนืดลดลง เมื่อเก็บรักษาเครื่องดื่มนาน 20 วัน ค่าความหนืดจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จะมีค่าการแยกชั้นเพิ่มขึ้นและเริ่มคงที่ตั้งแต่วันที่ 8 ค่า pH ลดลงในขณะที่

ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดในวันที่ 16 แสดงว่าเครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยมีอายุการเก็บนาน 16 วัน โดยยังมีปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 10^4 CFU/ml และปริมาณโคลิฟอร์มต่ำกว่า 2.2 MPN ต่อ 100 ml

พรนิภา แจ้งชัด (2547) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเครื่องดื่มโปรตีนคัพภะข้าวโพดที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 °C 10 นาที บรรจุขณะร้อน ทำให้เย็นทันที แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลงเล็กน้อย มีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ เครื่องดื่มไม่เกิดการแยกชั้นของไขมัน ไม่พบการตกตะกอนตลอดการเก็บ และมีค่าความหนืดคงที่ แต่มีค่าเปอร์ออกไซด์และมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น เครื่องดื่มโปรตีนคัพภะข้าวโพดมีอายุการเก็บรักษา 14 วัน หลังจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- แมคาเดเมียที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 6 พันธุ์ผสมกัน ได้แก่ โป่งแยง 344 โป่งแยง 508 โป่งแยง 660 โป่งแยง 741 ดอยสะเก็ด 800 และดอยสะเก็ด 344 ซึ่งเป็นผลผลิตจากไร่ในอำเภอแม่ริมและอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท V.P.C. GROUP จำกัด
- น้ำตาลทรายขาว บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
- น้ำกรอง
- สารเพิ่มความคงตัว ได้แก่ แซนแทนกัม (Keltrol®) กัวร์กัม (RAMCOL F-11) และคาร์ราจีแนน (Gringted®) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เบอร์ลี่ ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน)
- ขวดแก้วใสไม่มีสี ขนาดบรรจุ 300 ml รูปทรงโบว์ลิ่ง ฝาปิดชั้นแรกเป็นจุกพลาสติกและชั้นที่สองเป็นฝาเกลียวอลูมิเนียม สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์

3.2 สารเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

- boric acid (A.R. grade, Merck, Germany)
- hydrochloric acid (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- methyl red (A.R. grade, Fisher Scientific, UK)
- methylene blue (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- petroleum ether (A.R. grade, Fisher Scientific, UK)
- selenium mixture (A.R. grade, Merck, Germany)
- sodium hydroxide (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- sulfuric acid (A.R. grade, J.T.Baker Neutrasorb, U.S.A.)

การทดสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

- ethanol 95%
  (A.R. grade, Liquor Distillery Organization Excise Department, Thailand)
- guaiacol (A.R. grade, Merck, Germany)
- hydrogen peroxide (A.R. grade, Merck, Germany)

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก

- phenolphthalein (A.R. grade, Merck, Germany)
- potassium hydrogen phthalate (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- sodium hydroxide (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

- ammonia solution (A.R. grade, Analar, UK)
- diethyl ether (A.R. grade, Fisher Scientific, UK)
- ethanol 95%
  (A.R. grade, Liquor Distillery Organization Excise Department, Thailand)
- petroleum ether (A.R. grade, Fisher Scientific, UK)

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

- ammonium molybdate (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- anhydrous di-sodium hydrogen phosphate (A.R. grade,Carlo Erba, France)
- anhydrous sodium sulphate (A.R. grade, Ajax, Australia)
- di-sodium hydrogen arsenate heptahydrate (A.R. grade, Sigma, Germany
- copper sulphate pentahydrate (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- D-(+)-glucose (A.R. grade, Merck, Germany)
- hydrochloric acid (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- potassium sodium tartrate (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- sodium arsenate (A.R. grade, Fluka, USA)
- sodium hydroxide (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)
- sulfuric acid (A.R. grade, BDH, UK)

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

- lauryl sulfate tryptose broth (A.R. grade, Merck, Germany)
- peptone (A.R. grade, Merck, Germany)
- plate count agar (A.R. grade, Himedia, India)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 อุปกรณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น A2005, Germany)
- ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (Memmert รุ่น 600, Germany)
- ชุดย่อยโปรตีน (Buchi รุ่น K-424, Switzerland)
- ชุดกลั่นไนโตรเจน (Buchi รุ่น B-324, Switzerland)
- ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet extractor, Gerhardt, รุ่น HC61, Germany)
- Rotary vacuum evaporator (Eyela รุ่น SB-651, Japan)
- เตาเผา (muffle furnace) (Fisher scientific รุ่น Isotemp, Germany)
- เตาให้ความร้อน (hot plate) (Framo.-Ger.tetechnik รุ่น M 21/1, Thailand)

การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

- Hand refractometer (Atago 0-32°Brix, Japan)
- Tray dryer (บริษัท เหยี่ยวเฮง จำกัด รุ่น HA-100S, ประเทศไทย)
- เตาให้ความร้อน (hot plate) (Framo.-Ger. technik รุ่น M 21/1, Thailand)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น BP3100S, Germany)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น A2005, Germany)
- pH meter (Eutech รุ่น Cyber Scan pH 1000 Bench, Singapore)
- เครื่องวัดความหนืด (viscometer) (Rheology International รุ่น RI:2:L,Ireland)
- เครื่องวัดสี (Color Flex รุ่น 45/0, USA)
- เครื่องวัดความขุ่น (turbidimeter) (Hach รุ่น 2100P, USA)
- Magnetic stirrer (Framo.-Ger.tetechnik รุ่น M 21/1, Thailand)
- Hand homogenizer (Ystral homogenizer รุ่น x 10/25, the Netherlands)
- Hydraulic press (บริษัท เพชรเกษมจักรกลซีรามิค จำกัด รุ่น serial No. 0-1, ประเทศไทย)
- เครื่องปิดผนึกถุงด้วยความร้อน (Webomatic รุ่น 05L4C599, Germany)
- ตู้แช่เย็น (Mitsubishi electric รุ่น MR-17U, Thailand)
- ตู้แช่แข็ง (Sanyo รุ่น SF-C95, Thailand)
- เครื่องปั่นผสม (Philips รุ่น Cucina HR 1799, the Netherlands)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ใช้เครื่องมือต่างๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและมีเครื่องมืออื่นๆ เพิ่มเติมดังนี้

- Mojonnier tube
- Spectrophotometer (JASCO รุ่น V-530, Japan)

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

- Autoclave (Tomy Autoclave รุ่น SS-320, Japan)
- Vortex (Labnet รุ่น VX100, USA)
- Incubator (Memmert รุ่น 500, Germany)
- เตาอบไมโครเวฟ (Daewoo รุ่น KOR-63 D7, Korea)

3.4 วิธีวิเคราะห์และตรวจสอบ

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยการอบแห้งในตู้อบลมร้อน (A.O.A.C. 40.1.04, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1

- ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ โดยคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl × 5.30 (A.O.A.C. 40.1.06, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

- ปริมาณไขมันทั้งหมดในวัตถุดิบ โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย (A.O.A.C. 40.1.05, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.3

- ปริมาณเถ้าในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ (A.O.A.C. 40.1.08, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในรูปผลต่างจาก100%รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TSS) โดยใช้ hand refractometer ก่อนการใช้ทุกครั้ง calibrate โดยหยดน้ำกลั่นแล้วหมุนปรับค่าจนกระทั่งเท่ากับ 0

- ค่า pH โดยใช้ pH meter ก่อนการใช้ทุกครั้ง calibrate โดยใช้บัฟเฟอร์มาตรฐานที่ pH 4.01 และ 7.00

- แอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (Pearson, 1970) รายละเอียดในภาคผนวก ก.6

- ปริมาณไขมันทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ (A.O.A.C. 33.2.26, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.7

- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก (A.O.A.C. 33.2.07, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.8

- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Nelson, 1944; Somogyi, 1952; Ranganna, 1977) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.9

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี ในระบบ CIE L*a*b* โดยใช้เครื่อง Color Flex รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.10

- ค่าความขุ่น โดยใช้เครื่อง turbidimeter รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.11

- ค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง viscometer รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.12

- ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (Euston et al.,1996) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.13

การตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.14

- โคลิฟอร์ม (BAM, 2001) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.15

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย descriptive analysis with scaling

- ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย 9-point hedonic scale

ประเมินในขั้นตอน 3.5.2, 3.5.4, 3.5.6 และ 3.5.7 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.16

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

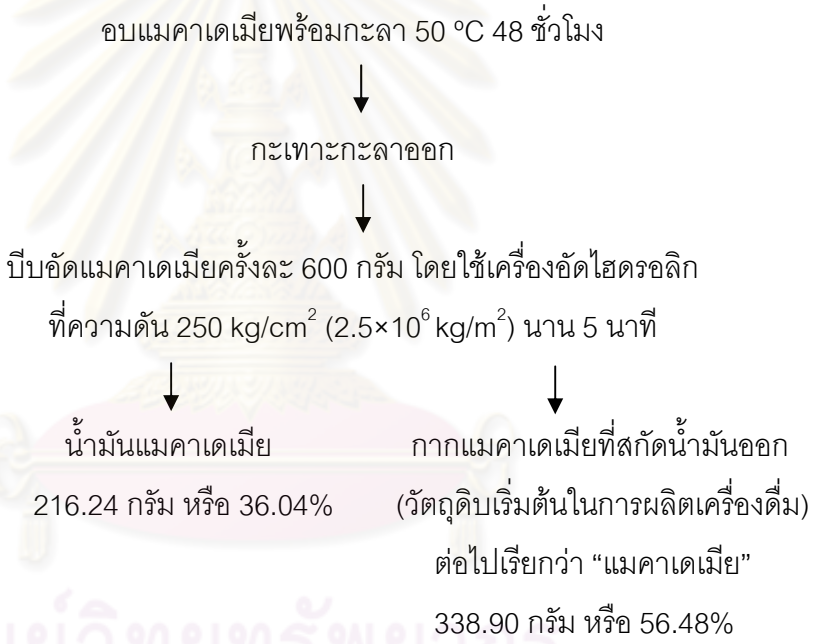
3.5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมคาเดเมีย

อบแมคาเดเมียพร้อมกะลาด้วย tray dryer ที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 48 ชั่วโมง กะเทาะกะลาออก แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมคาเดเมีย ทดลอง 3 ซ้ำ ดังนี้

- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณโปรตีนทั้งหมด
- ปริมาณไขมันทั้งหมด
- ปริมาณเถ้า
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

3.5.2 **ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย**

เตรียมวัตถุดิบโดยอบแมคาเดเมียพร้อมกะลาด้วย tray dryer ที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 48 ชั่วโมง กะเทาะกะลาออก แล้วบรรจุแมคาเดเมียในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตกับ PE ปิดผนึกในภาวะสุญญากาศ บรรจุถุงละ 350 กรัม เก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C เมื่อใช้จะนำออกมาจากตู้แช่แข็งปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วบีบอัดแยกน้ำมันครั้งละ 600 กรัม โดยใช้เครื่อง hydraulic press ที่ความดัน 250 kg/cm^2 (2.5×10^6 kg/m^2) นาน 5 นาที จะได้น้ำมัน 36.04% และกาก 56.48% ซึ่งจะมีปริมาณน้ำมันเหลืออยู่ในกากประมาณ 27% (dry basis) โดยในขั้นตอนการบีบอัดจะมีการสูญเสียประมาณ 8.3% จากนั้นบดกากแมคาเดเมียให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสำหรับปั่นของแห้ง บรรจุถุงละ 200 กรัม เก็บรักษาเช่นเดียวกับข้างต้น ซึ่งต่อไปจะเรียกกากแมคาเดเมียนี้ว่า แมคาเดเมีย ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นม โดยแปรปริมาณแมคาเดเมียเป็น 5 ระดับ คือ 6, 8, 10, 12, และ 14% โดยน้ำหนัก เติมน้ำให้ครบ 95% โดยน้ำหนัก แล้วผสมด้วย hand homogenizer นาน 3 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เติมน้ำตาลทราย 5% โดยน้ำหนัก นำตัวอย่างมาตรวจสอบ

- TSS
- ค่าสี L* a* b*
- ความข่น

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) (Cocharn and Cox, 1992)

- ใช้ผู้ทดสอบจากบุคลากรและนิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ผ่านการคัดเลือก (แบบประเมินดังภาคผนวก ข.1 และรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.16) ให้มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์จำนวน 10 คน และทำ brainstorming เพื่อรวบรวม description ที่จะใช้ในแบบประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้านสี ความข่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรสแมคาเดเมีย และ mouthfeel โดย descriptive analysis with scaling (แบบประเมินดังภาคผนวก ข.2) ทดลอง 2 ซ้ำ และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี รส กลิ่นรส และความชอบโดยรวม (แบบประเมินดังภาคผนวก ข.3) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นบุคลากรและนิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร 20 คน ประกอบด้วยนิสิตปริญญาตรีและปริญญาโทชาย อายุ 20-27 ปี จำนวน 5 คน เจ้าหน้าที่ นิสิตปริญญาตรี และนิสิตปริญญาโทหญิง อายุ 20-27 ปี จำนวน 15 คน และพนักงานชาย แผนกบริการกลาง ฝ่ายบริหารสำนักงาน บริษัท ป.ต.ท. จำกัด (มหาชน) อายุ 28-35 ปี จำนวน 15 คน และอาจารย์หญิงโรงเรียนกรุงเทพการบัญชี อายุ 40-55 ปี จำนวน 15 คน

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT เลือกเครื่องดื่มที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุดพร้อมทั้งพิจารณาสมบัติทางกายภาพประกอบไปด้วยมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.5.3 ศึกษาหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

การศึกษาหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มครั้งละ 600 ml ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml โดยใช้ hand homogenizer ที่อุณหภูมิ 60 °C การโฮโมจิไนซ์จะเติมน้ำเพียง 35% ของปริมาณน้ำทั้งหมดก่อน แล้วแปรเวลาการโฮโมจิไนซ์ เป็น 5 ระดับ คือ 6, 8, 10, 12 และ 14 นาที หลังจากนั้นจึงเติมน้ำส่วนที่เหลือแล้วโฮโมจิไนซ์อีก 1 นาที กรองเครื่องดื่มด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น เพื่อแยกกากแมคาเดเมียขนาดใหญ่ออก หลังกรองได้กากแมคาเดเมียขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านผ้าขาวบางได้ประมาณ 32 กรัม (คิดเป็น 5.3%) และเติมน้ำตาลทรายอีก 5% แล้วนำตัวอย่างมาตรวจสอบ

- TSS
- ค่าความหนืด
- ค่าสี L* a* b*
- ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT เลือกเครื่องดื่มที่เกิดการแยกชั้นน้อยที่สุดมาศึกษาการใช้สารเพิ่มความคงตัวต่อไป

3.5.4 ศึกษาหาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

นำเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์มาศึกษาหาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่ม โดยแปรสารเพิ่มความคงตัวแยกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ คาร์ราจีแนนและแซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07% กัวร์กัมที่ความเข้มข้น 0.15, 0.2 และ 0.25% โดยน้ำหนักของเครื่องดื่ม เตรียมสารเพิ่มความคงตัวโดยละลายพร้อมกับน้ำและน้ำตาลก่อน จึงเติมลงในเครื่องดื่มแล้วโฮโมจิไนซ์นานอีก 1 นาที นำตัวอย่างมาตรวจสอบ

- TSS
- ค่าความหนืด
- ค่า pH
- ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT

- ประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอม ความหนืด และ mouthfeel โดย descriptive analysis with scaling แบบประเมินแสดงในภาคผนวก ข.4 ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ทดลอง 2 ซ้ำ และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้าน ลักษณะปรากฏ รสกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงแบบประเมินในภาคผนวก ข.5 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

วางแผนการทดลอง RCBD วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT เลือกเครื่องดื่มที่ไม่เกิดการแยกชั้น มีสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ที่เหมาะสม และได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงที่สุด เพื่อใช้ศึกษาหาภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่อไป

3.5.5 ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่พัฒนาได้

ศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่ม บรรจุเครื่องดื่ม 280 ml ลงในขวดขนาด 300 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยการลวกในน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วสะเด็ดน้ำ หลังบรรจุขวดมี head space ประมาณ 2.5 เซนติเมตร ปิดฝาขวด พาสเจอไรซ์โดยต้มขวดเครื่องดื่มในหม้อขนาด 12.50 ลิตร ที่มีน้ำ 7 ลิตร ใส่เครื่องดื่มทั้งหมด 12 ขวด แปรอุณหภูมิการพาสเจอไรซ์เป็น 65, 70 และ 75 °C นาน 3, 5 และ 7 นาที วัดอุณหภูมิเครื่องดื่มภายในขวดบรรจุในตำแหน่งที่สูงจากก้นขวดประมาณ 6.5 เซนติเมตรด้วย thermocouple และเริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิได้ตามที่กำหนด ทำให้เย็นทันที โดยการแช่ในน้ำเย็นผสมน้ำแข็งอุณหภูมิประมาณ 7 °C แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียแสดงดังรูปที่ 3.2 นำตัวอย่างที่ได้มาตรวจสอบ

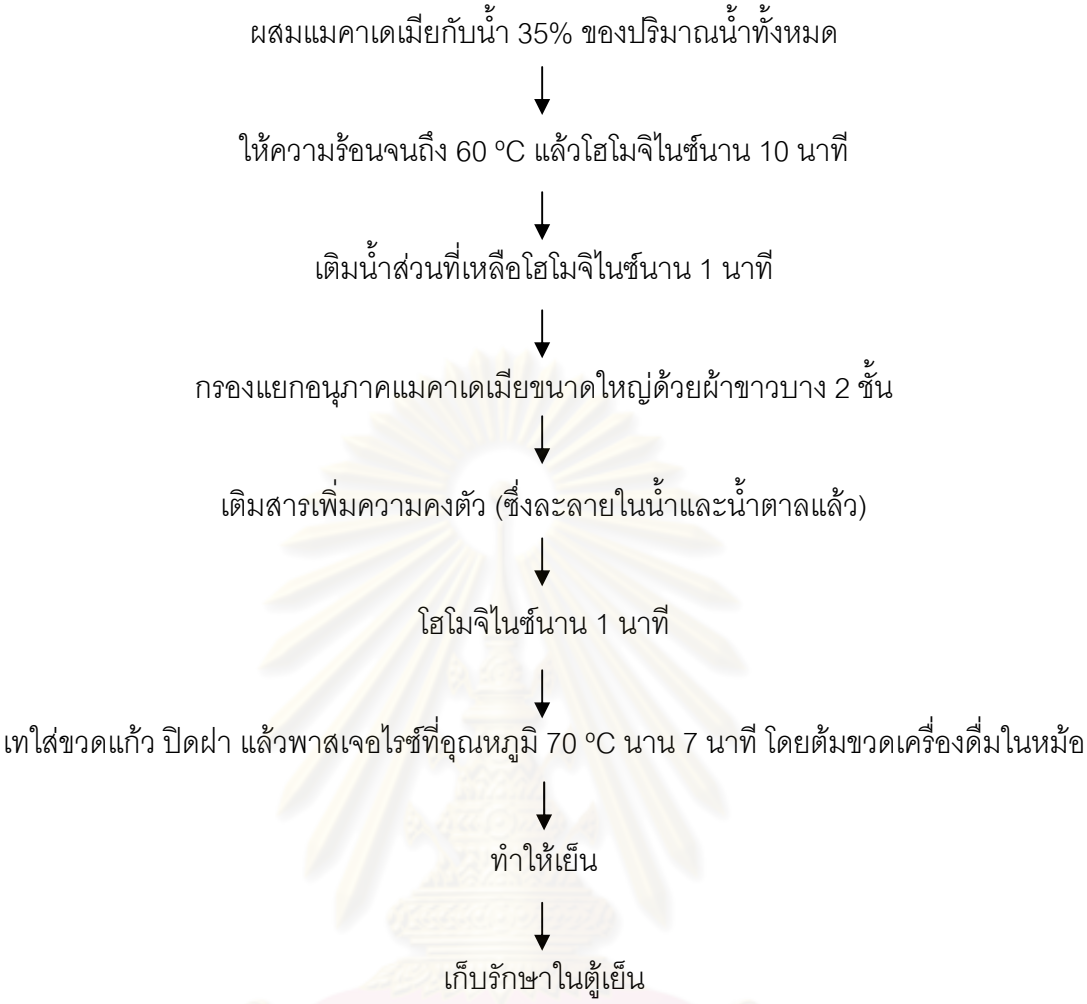
- แอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส
- ค่าสี L* a* b*
- ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial in CRD ขนาด 3×3 ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)
- โคลิฟอร์ม (BAM, 2001)

ใช้เกณฑ์ในการเลือกเครื่องดื่มที่มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานนมพาสเจอไรซ์ (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) และมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพน้อยที่สุด มาศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.6 **ศึกษาสมบัติของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่พัฒนาได้**

วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้ว โดยตรวจสอบและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณโปรตีนทั้งหมด
- ปริมาณไขมันทั้งหมด
- ปริมาณเถ้า
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

สมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่

- ค่า pH
- TSS
- ค่าสี L* a* b*
- ค่าความหนืด

คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด
- โคลิฟอร์ม

การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้าน เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์จะทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสหวาน รสแปลกปลอม กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอม ความหนืด และ mouthfeel โดย descriptive analysis with scaling แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.6 ทดลอง 2 ซ้ำ และความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้าน ลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.8

3.5.7 ศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

เก็บผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกๆ 3 วัน โดยตรวจสอบ

- ค่า pH
- ปริมาณกรดทั้งหมด
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครส) ตรวจสอบเฉพาะวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บ
- ค่าสี L* a* b*
- ความคงตัวของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMNRT

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด
- โคลิฟอร์ม
- ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สี รสหวาน รสแปลกปลอม กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอม ทุกๆ สัปดาห์ โดย descriptive analysis with scaling แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.7 ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ทดลอง 2 ซ้ำ
- ประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวมในวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (21 วัน) โดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้าน ลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ข.8 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMNRT ส่วนการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มไม่ได้วิเคราะห์ทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมคาเดเมีย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมคาเดเมียที่ผ่านการอบทั้งกะลาที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 48 ชั่วโมง แล้วกะเทาะกะลาออก ได้ผลดังตารางที่ 4.1 พบว่าแมคาเดเมียก่อนอบพร้อมทั้งกะลามีความชื้น 9.14% และเมล็ดแมคาเดเมียหลังอบมีความชื้น 1.69% ซึ่งจากการทดลองของ Kaijser และคณะ (2000) พบว่าการอบแมคาเดเมียให้มีความชื้นต่ำกว่า 2% จะทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้ช้าและช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงสามารถเก็บแมคาเดเมียได้นานขึ้น และจากการรายงานค่าองค์ประกอบทางเคมีของแมคาเดเมียสายพันธุ์ *Macadamia integrifolia* และ *M. tetraphylla* โดย USDA (2007) พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 1.36%, 7.91%, 75.77% และ 1.14% (wet basis) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลที่วิเคราะห์ได้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแมคาเดเมียที่ใช้ในงานวิจัย

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น	1.69±0.01 (%wet basis)
โปรตีน	8.33±0.09 (%dry basis)
ไขมัน	69.75±0.37 (%dry basis)
เถ้า	1.09±0.03 (%dry basis)
คาร์โบไฮเดรต	19.14±1.03 (%dry basis)

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Venkatachalam และ Sathe (2006) ได้ศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของไขมันในแมคาเดเมียและนัตประเภทอื่นๆ เช่น almond, pistachio และ walnut พบว่าแมคาเดเมียมีปริมาณไขมันต่ำกว่า และองค์ประกอบไขมันยังมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่านัตทั้ง 3 ชนิดอีกด้วย ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงนั้นส่งผลในการเพิ่มคอเลสเตอรอลประเภท high-density lipoproteins (HDLs) และช่วยลดระดับของปริมาณ low-density lipoproteins (LDLs) ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดได้อีกด้วย

(Kris-Etherton et al., 1999) ดังนั้นแมคาเดเมียจึงเป็นแหล่งของสารที่ให้พลังงาน โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน และยังช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหลอดเลือดได้

4.2 การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ โดยอบแมคาเดเมียพร้อมกะลาที่อุณหภูมิ 50 °C นาน 48 ชั่วโมง กะเทาะกะลาออก เนื่องจากแมคาเดเมียเป็นพืชที่มีองค์ประกอบไขมันสูง เช่นเดียวกับอัลมอนด์ ดังนั้นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจึงต้อง บีบอัดแยกน้ำมันออกก่อน (Berger et al., 1997) โดยบีบอัดแมคาเดเมียครั้งละ 600 กรัม ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 250 kg/cm^2 (2.5×10^6 kg/m^2) นาน 5 นาที และบดกากแมคาเดเมียให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสำหรับปั่นของแห้ง เมื่อวิเคราะห์ปริมาณไขมันในแมคาเดเมียที่ผ่านการบีบอัดแล้ว พบว่ามีไขมัน 27.58±0.35% (dry basis) และมีความชื้นในแมคาเดเมียประมาณ 2.44±0.06% ซึ่งความชื้นมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากแมคาเดเมียก่อนบีบอัดแยกน้ำมันมีความชื้นต่ำมาก ดังนั้นอาจเกิดการดูดความชื้นในระหว่างกระบวนการบีบอัดเก็บแมคาเดเมียในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตกับ PE บรรจุแบบสุญญากาศ

การศึกษาผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อสมบัติทางกายภาพของเครื่องดื่มเลียนแบบนม โดยแปรปริมาณแมคาเดเมียเป็น 5 ระดับ คือ 6%, 8%, 10%, 12% และ 14% w/w แสดงผลเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าสี และค่าความข้น ดังตารางที่ 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อ TSS ค่าสี (L*,a*,b*) และค่าความขุ่นในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ปริมาณแมคาเดเมีย (%)	TSS (°brix)	ค่าสี			ค่าความขุ่น (NTU)
		L* ns	a*	b*	
6	9.3^{d}±0.6	84.07±1.69	-1.54^{c}±0.28	+10.25^{c} ±0.60	30.1^{e}±1.7
8	10.5^{c}±0.3	85.31±1.79	-1.45^{c}±0.23	+11.23^{bc}±0.66	41.0^{d}±1.1
10	11.2^{b}±0.0	85.38±1.35	-1.21^{b}±0.19	+11.76^{ab}±0.72	49.1^{c}±0.8
12	11.5^{b}±0.1	85.41±1.39	-1.02^{a}±0.24	+12.48^{a}±0.16	54.8^{b}±2.3
14	12.3^{a}±0.1	85.51±1.41	-0.95^{a}±0.63	+12.87^{a}±0.54	63.0^{a}±2.0

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

NTU nephelometric turbidity unit

จากตารางจะเห็นว่าปริมาณแมคาเดเมียที่เพิ่มขึ้นทำให้เครื่องดื่มเลียนแบบนมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าสีเหลือง (b*) และค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเขียว (-a*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 9.3-12.3 °brix เนื่องจากแมคาเดเมียที่ใช้เป็นวัตถุดิบผ่านการบีบอัดน้ำมันออกแล้วมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง เท่ากับ 78.15, +1.27 และ +21.14 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณแมคาเดเมียในเครื่องดื่มจึงทำให้มีค่าสีเขียวลดลง (ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น) และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น และการที่เครื่องดื่มมีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากเครื่องดื่มมีอนุภาคของแมคาเดเมียแขวนลอยมากขึ้นส่งผลให้แสงส่องผ่านเครื่องดื่มได้ลดลง สำหรับค่า L* พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการประเมินตัวอย่างทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียด้วยวิธี descriptive analysis with scaling

ปริมาณแมคาเดเมีย (%)	สี	ความข้น	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นรสแมคาเดเมีย	mouthfeel
6	4.07^{c}±1.08	5.67^{d}±1.49	8.05^{a} ±1.16	4.89^{c}±1.25	3.95^{c}±0.87
8	4.61^{c}±1.29	6.35^{c}±1.24	7.95^{a} ±1.25	6.12^{b}±1.30	4.53^{c}±1.08
10	5.54^{b}±1.56	7.13^{b}±1.00	7.43^{ab}±1.48	6.79^{b}±0.98	6.02^{b}±1.46
12	6.30^{ab}±1.85	7.81^{a}±0.72	6.90^{b} ±1.85	7.60^{a}±1.06	6.78^{a}±1.42
14	6.66^{a} ±2.09	8.33^{a}±0.87	6.90^{b} ±2.09	7.63^{a}±1.01	6.83^{a}±1.36

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 และคะแนนสูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน

ปริมาณแมคาเดเมียที่เพิ่มขึ้นทำให้เครื่องดื่มมีสีใกล้เคียงกับสีขาวครีมมากขึ้น ผลที่ได้สอดคล้องกับค่าสีเหลือง (b*) ที่เพิ่มขึ้น ส่วนความข้น กลิ่นรสแมคาเดเมีย และ mouthfeel ก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่นกัน และคะแนนความข้นที่เพิ่มขึ้นนั้นยังสอดคล้องกับค่าความข้นที่วัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพ แต่ความเป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องดื่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้ทดสอบสังเกตเห็นอนุภาคขนาดเล็กๆ ของแมคาเดเมียที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อพิจารณาเครื่องดื่มที่มีปริมาณแมคาเดเมีย 12% และ 14% พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับในผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงผลดังตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณแมคาเดเมียต่อค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียโดยใช้ 9-point hedonic scale

ปริมาณแมคาเดเมีย (%)	ลักษณะปรากฏ	สี	รส	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
6	6.2^{c}±1.3	6.4^{c}±1.3	5.3^{d}±1.5	5.4^{c}±1.4	5.5^{c}±1.4
8	6.5^{bc}±1.2	6.7^{bc}±1.4	5.9^{c}±1.4	6.0^{b}±1.3	6.2^{b}±1.2
10	6.7^{ab}±1.1	6.9^{ab}±1.2	6.2^{bc}±1.5	6.4^{ab}±1.3	6.5^{ab}±1.2
12	7.0^{a}±1.1	7.1^{a}±1.2	6.7^{a}±1.2	6.8^{a}±1.3	6.9^{a}±1.2
14	6.9^{a}±1.2	7.0^{ab}±1.5	6.6^{ab}±1.2	6.7^{a}±1.3	6.8^{a}±1.2

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแมคาเดเมียตั้งแต่ 6-12% มีผลให้คะแนนความชอบในทุกๆ ด้านเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นั่นคือ ผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องดื่มที่มีลักษณะค่อนข้างขุ่นคล้ายกับนมโคและนมถั่วเหลือง มีสีใกล้เคียงสีขาวครีม มีกลิ่นรสแมคาเดเมียชัดเจน และมี mouthfeel แต่เครื่องดื่มที่มีปริมาณแมคาเดเมีย 10-14% จะมีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนเครื่องดื่มที่มีปริมาณแมคาเดเมีย 12 และ 14% มีคะแนนความชอบทางด้านรสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งการใช้ปริมาณแมคาเดเมีย 14% นั้น มีผู้ทดสอบได้ให้ข้อเสนอแนะว่าดื่มแล้วรู้สึกข้นเกินไปและมีกากหลงเหลือในเครื่องดื่มทำให้ดื่มแล้วรู้สึกฝืดคอ เมื่อพิจารณาร่วมกับสมบัติทางกายภาพโดยเฉพาะค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าความขุ่นแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าการใช้แมคาเดเมียปริมาณสูงมาก (14%) อาจทำให้เครื่องดื่มชนิดนี้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และมีสารแขวนลอยที่มากเกินไป ซึ่งจะส่งผลกระทบให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกชั้นได้ง่าย แต่ในขณะเดียวกันหากต้องการแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์นี้ในระดับการค้าหรืออุตสาหกรรม ก็สมควรเลือกใช้ปริมาณที่สูงพอเหมาะ ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่มีปริมาณแมคาเดเมีย 12% มาทดลองเพื่อหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อไป

4.3 การศึกษาหาเวลาในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

งานวิจัยนี้ได้ใช้ hand homogenizer ในการโฮโมจิไนซ์ส่วนผสมระหว่างแมคาเดเมียกับน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องดื่มมีอนุภาคขนาดเล็กแขวนลอยอยู่มาก การใช้ homogenizer อาจจะทำให้อนุภาคขนาดเล็กอุดตันเครื่องในส่วน orifice ได้ (Harper, Seiberling and Blaisdell, 1976) และการโฮโมจิไนซ์จะใส่น้ำเพียง 35% ของปริมาณน้ำที่ต้องใช้ทั้งหมดก่อน เนื่องจากการใส่น้ำปริมาณทั้งหมดแล้วโฮโมจิไนซ์จะไม่สามารถผสมตัวอย่างได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณน้ำลงเพื่อเพิ่มแรงเฉือนในระหว่างการโฮโมจิไนซ์ (Belfiore, 2003) ช่วงแรก หลังจากนั้นจึงเติมน้ำในส่วนที่เหลือแล้วโฮโมจิไนซ์อีก 1 นาที จากการศึกษาผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความหนืด และค่าสีของเครื่องดื่ม แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

เวลาในการโฮโมจิไนซ์	TSS	ความหนืด ^{ns}	ค่าสี		
(min)	($^{\circ}$brix)	(mPa·s)	L*	a* ^{ns}	b* ^{ns}
6	11.7^{c}±0.1	3.6±0.2	85.02^{bc}±0.17	-0.76±0.32	+11.58±0.38
8	12.0^{b}±0.0	3.8±0.2	84.79^{c}±0.17	-0.93±0.20	+11.20±0.30
10	12.0^{b}±0.0	3.9±0.2	85.72^{ab}±0.18	-0.93±0.29	+11.29±0.26
12	12.1^{b}±0.1	3.9±0.3	85.87^{ab}±0.15	-0.85±0.33	+10.87±0.32
14	12.2^{a}±0.0	3.9±0.3	86.17^{a}±0.20	-0.9±0.21	+10.90±0.33

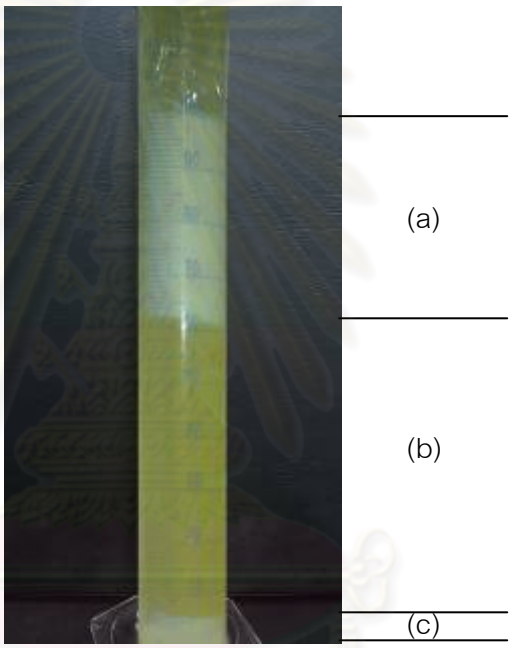
ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าความสว่างของเครื่องดื่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มเวลาในการโฮโมจิไนซ์ ซึ่ง Rubico และคณะ (1987) ได้ศึกษาหาภาวะในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากถั่วลิสง พบว่าการโฮโมจิไนซ์จะช่วยลดขนาดอนุภาคและเพิ่มความสามารถในการละลาย ทำให้เครื่องดื่มมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื่องจากการโฮโมจิไนซ์ทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กลงและมีจำนวนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการกระเจิงแสงเพิ่มขึ้น (Walstra et al., 1999) ส่วนค่าความหนืด ค่าสีเขียว (-a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

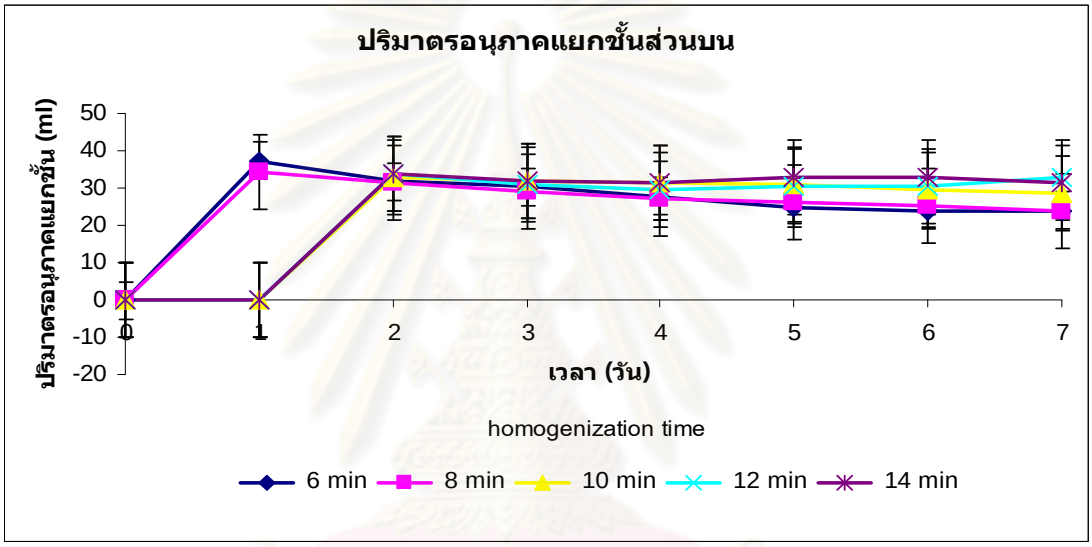
เมื่อตั้งเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียทิ้งไว้ จะสังเกตเห็นการแยกชั้นออกเป็น 3 ส่วนดังรูปที่ 4.1 โดยส่วนบนเป็นอนุภาคสีขาวแขวนลอยแยกชั้นขึ้นข้างบน ส่วนตรงกลางเป็นของเหลวสีออกเหลืองและค่อนข้างใส และส่วนล่างเป็นตะกอนสีขาว จากงานวิจัยของพรรณจิราและคณะ (2548) ซึ่งศึกษาองค์ประกอบของส่วนที่แยกชั้นในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากถั่วเหลือง พบว่าส่วนชั้นที่ลอยแยกเป็นองค์ประกอบของไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักเบาและความหนาแน่นต่ำ ส่วนใสตรงกลางส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่สามารถละลายน้ำได้ ส่วนตะกอนชั้นล่างจะเป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นสูงเป็นหลัก



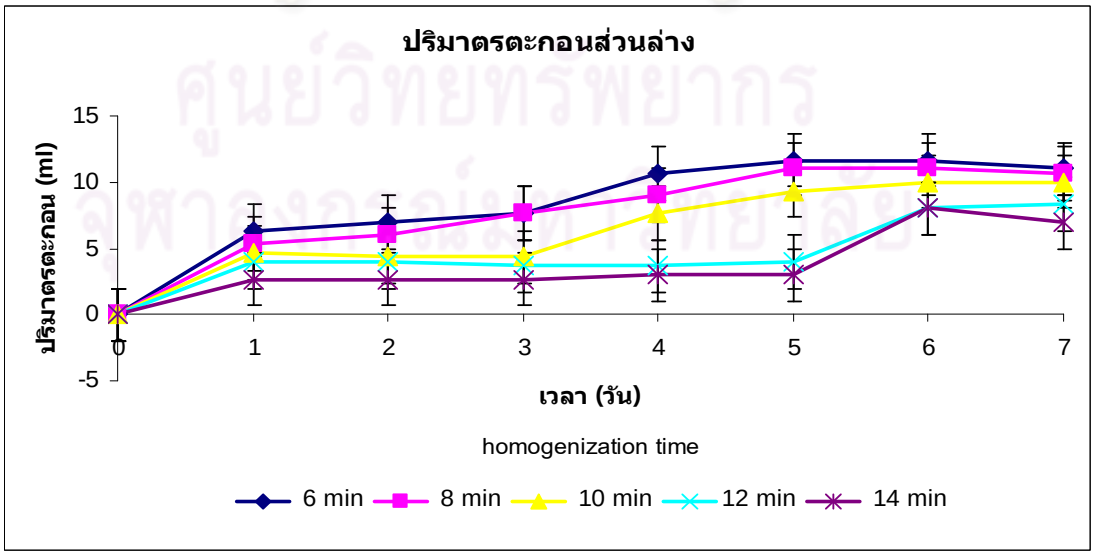
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างลักษณะการแยกชั้นของเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์นาน 12 นาที (a) อนุภาคแขวนลอยส่วนบน (b) ของเหลวใส (c) ตะกอนส่วนล่าง

ความคงตัวของเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์ ซึ่งศึกษาโดยใส่เครื่องดื่มปริมาตร 100 ml ในกระบอกตวง แล้วตั้งไว้ในตู้เย็น สังเกตการแยกชั้นของเครื่องดื่มตลอดระยะเวลา 7 วัน ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 (และข้อมูลในตารางที่ ง.1 และ ง.2 ตามลำดับ) พบว่าการโฮโมจิไนซ์นาน 10-14 นาที สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มได้นาน 1 วัน โดยไม่พบอนุภาคแขวนลอยส่วนบน ในขณะที่เครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์นาน 6 และ 8 นาที เริ่มเกิดอนุภาคแขวนลอยส่วนบนตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา และเมื่อตั้งเครื่องดื่มทิ้งไว้นาน 2-4 วัน พบว่าปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนมีแนวโน้มลดลงและการเพิ่มเวลาในการโฮโมจิไนซ์ไม่มีผลทำให้

อนุภาคแขวนลอยของเครื่องดื่มเปลี่ยนแปลงในช่วงนี้ ส่วนในวันที่ 5-7 ตัวอย่างที่ใช้เวลาการโฮโมจิไนซ์มากขึ้นจะมีอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนซ์ 6-8 นาที มีปริมาตรอนุภาคแขวนลอยไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เวลา 10-14 นาที การที่อนุภาคแขวนลอยส่วนบนมีปริมาตรลดลงระหว่างการเก็บในช่วงแรก (1-4 วัน) นั้น อาจเกิดจากอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กเคลื่อนที่เข้าใกล้กันโดยอาศัย Brownian movement รวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้นแล้วจึงตกตะกอนลงมาตามแรงดึงดูดของโลก (Dickinson and Stainsby, 1982) แต่เมื่อเวลาการเก็บผ่านไปในช่วงหลัง (5-7 วัน) ปริมาตรอนุภาคแขวนลอยมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่



รูปที่ 4.2 ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน



รูปที่ 4.3 ผลของเวลาในการโฮโมจิไนซ์ต่อปริมาตรตะกอนส่วนล่างของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน

ปริมาตรตะกอนส่วนล่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้นาน 7 วัน เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่และอนุภาคแขวนลอยตกตะกอนลงมาระหว่างการเก็บ การเพิ่มเวลาในการโฮโมจิไนซ์จาก 6-12 นาที สามารถลดปริมาตรตะกอนส่วนล่างได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ส่วนเครื่องดื่มที่ผ่านการโฮโมจิไนซ์นาน 12 และ 14 นาทีจะมีปริมาตรตะกอนส่วนล่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาเวลาในการโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียนาน 10-14 นาที จะสามารถยับยั้งการแยกชั้นของอนุภาคแขวนลอยส่วนบนได้นาน 1 วัน ถึงแม้จะทำให้ปริมาตรอนุภาคแขวนลอยเพิ่มขึ้นก็ตาม ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการโฮโมจิไนซ์นาน 10 นาที ในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย เนื่องจากประหยัดพลังงานมากกว่า อย่างไรก็ตามการโฮโมจิไนซ์ ซึ่งเป็นหลักการทางกายภาพเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มเลียนแบบนมได้ดีเพียงพอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยหลักการทางเคมีโดยการใช้สารเพิ่มความคงตัวให้กับเครื่องดื่มสำหรับงานวิจัยขั้นต่อไป

4.4 การศึกษาหาชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

เครื่องดื่มเลียนแบบผลิตภัณฑ์นมมักเกิดการแยกชั้นระหว่างส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง ซึ่งจะสังเกตได้ชัดเจนมากขึ้นในระหว่างการเก็บ การใช้สารเพิ่มความคงตัวจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้นและมีลักษณะปรากฏที่ดีขึ้น และเนื่องจากเครื่องดื่มเลียนแบบนมมักมีปริมาณโปรตีนเป็นองค์ประกอบต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่มี mouthfeel และมี body ต่ำ ดังนั้นการใช้สารเพิ่มความคงตัวยังช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งสองนี้ให้กับผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย (Rusch, 1971)

จากการศึกษาหาชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียโดยการหาข้อมูลและการทดลองเบื้องต้น พบว่าการใช้สารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่นๆ เช่น โลคัสต์บีนกัมและกัมอะราบิก ไม่สามารถช่วยยับยั้งการแยกชั้นในเครื่องดื่มได้เมื่อใช้ในปริมาณน้อย และหากเพิ่มปริมาณจนสามารถรักษาความคงตัวได้ จะทำให้เครื่องดื่มข้นหนืดมากเกินไป ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวดังนี้ แซนแทนกัมและคาร์ราจีแนนที่ความเข้มข้น 0.03, 0.05 และ 0.07% กัวร์กัมที่ความเข้มข้น 0.15, 0.2 และ 0.25% โดยน้ำหนัก โดยการเติมสารเพิ่มความคงตัวจะต้องละลายพร้อมกับน้ำและน้ำตาลก่อนจึงเติมลงในเครื่องดื่ม แล้วตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และความหนืดของเครื่องดื่ม ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าทางกายภาพและเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

สารเพิ่มความคงตัว		TSS ^{ns}	ความหนืด (mPa·s)	pH ^{ns}
ชนิด	ความเข้มข้น (%)			
แซนแทนกัม	0.03	12.1±0.1	6.10^{f}±0.09	6.32±0.04
	0.05	12.1±0.0	9.15^{e}±0.25	6.32±0.04
	0.07	12.1±0.0	13.70^{d}±0.57	6.31±0.02
กัวร์กัม	0.15	12.1±0.0	18.10^{c}±0.33	6.32±0.07
	0.20	12.1±0.0	30.00^{b}±0.95	6.31±0.06
	0.25	12.1±0.1	41.92^{a}±0.37	6.31±0.05
คาร์ราจีแนน	0.03	12.0±0.1	4.50^{g}±0.28	6.32±0.01
	0.05	12.0±0.0	5.45^{fg}±0.35	6.32±0.05
	0.07	12.0±0.0	6.30^{f}±0.12	6.33±0.08

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มที่เติมสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดและตามปริมาณที่ใช้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่า pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่เติมลงไปน้อยจึงไม่ทำให้ทั้ง 2 ค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์ (2540) ที่ได้ศึกษาการใช้สารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า พบว่าการเติมคาร์ราจีแนนและกัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้นไม่ทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงไป แต่การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดทำให้เครื่องดื่มมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารที่ใช้เพิ่มความคงตัวเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็น long chain polymer ที่ละลายน้ำได้ดี พองหรือขยายตัว (swelling) ได้และสามารถเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลทำให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้น (Graham, 1977; Dickinson, 1998; วรรณา ตุลยธัญ, 2549) โดยการใช้กัวร์กัมจะทำให้เครื่องดื่มมีความหนืดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้กัวร์กัมในปริมาณน้อยกว่า 0.15% ไม่สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มได้ จึงต้องใช้ปริมาณสูงกว่าสารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่น รองลงมา คือ แซนแทนกัมและคาร์ราจีแนน ตามลำดับ

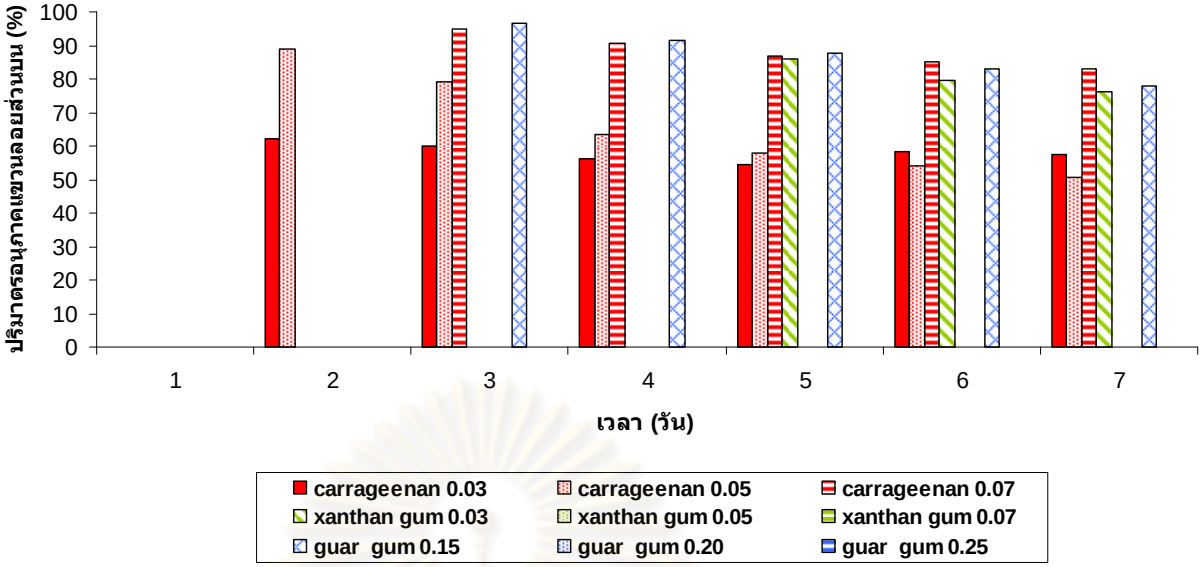
การที่แซนแทนกัมให้ความหนืดมากกว่าคาร์ราจีแนนเมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน เนื่องจากโครงสร้างของคาร์ราจีแนนมีลักษณะเป็นสายตรงไม่มีกิ่ง แต่โครงสร้างของแซนแทนกัมมีสายกิ่งมากและยังประกอบด้วยกรดไพรูวิก ซึ่งแซนแทนกัมทางการค้ามักมีกรดไพรูวิกประมาณ 30-40% จึงทำให้แซนแทนกัมมีความหนืดสูงกว่าไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นเท่ากัน (Nussinovitch, 1997)

การเติมสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดและทุกความเข้มข้นในเครื่องดื่ม สามารถยับยั้งการตกตะกอนของเครื่องดื่มได้นานกว่า 7 วัน แต่มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถยับยั้งการแยกชั้นของอนุภาคได้ ลักษณะการแยกชั้นของเครื่องดื่มที่ผ่านการเติมสารเพิ่มความคงตัวและเครื่องดื่มที่ไม่เกิดการแยกชั้น แสดงดังรูปที่ 4.4

(a) (b)

รูปที่ 4.4 ลักษณะเครื่องดื่มหลังปรับปรุงโดยการเติมสารเพิ่มความคงตัว
(a) ตัวอย่างเครื่องดื่มที่ใช้คาร์ราจีแนน 0.03% ซึ่งจะเกิดการแยกชั้น
(b) ตัวอย่างเครื่องดื่มที่ใช้แซนแทนกัม 0.07% ซึ่งไม่เกิดการแยกชั้น

ความคงตัวของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ปรับปรุงโดยการเติมสารเพิ่มความคงตัวระหว่างตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C เป็นเวลา 7 วัน แสดงผลดังรูปที่ 4.5 (และข้อมูลในตารางที่ ง.3) โดยกราฟแท่งแสดงถึงปริมาณอนุภาคแขวนลอยส่วนบน ภาวะใดที่ไม่มีกราฟแท่งแสดง คือ ภาวะที่ไม่เกิดการแยกชั้น



รูปที่ 4.5 ผลของชนิดและปริมาณสารที่ใช้เพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน

เมื่อตั้งเครื่องดื่มที่ผ่านการเติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่างๆ ทิ้งไว้ 7 วัน พบว่าการใช้สารเพิ่มความคงตัวที่ต่างกันสามารถยับยั้งการแยกชั้นในเครื่องดื่มได้แตกต่างกัน โดยการใช้สารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดสามารถยับยั้งการแยกชั้นของเครื่องดื่มได้ 1 วัน เช่นเดียวกับเครื่องดื่มที่ไม่ได้เติมสารเพิ่มความคงตัว เมื่อตั้งเครื่องดื่มทิ้งไว้ 2 วัน พบว่าการใช้คาร์ราจีแนน 0.07% แซนแทนกัมและกัวร์กัมทุกความเข้มข้น จะช่วยยับยั้งการแยกชั้นของเครื่องดื่มได้ ส่วนผลในวันที่ 3 - 4 พบว่าการใช้แซนแทนกัมทุกความเข้มข้นและกัวร์กัมที่ความเข้มข้น 0.2 และ 0.25% ยังคงรักษาความคงตัวได้ และเครื่องดื่มที่ใช้แซนแทนกัม 0.03% จะเกิดการแยกชั้นในวันที่ 5 ของการเก็บ การใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.07% กัวร์กัม 0.2 และ 0.25% สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มได้นานถึง 7 วัน เนื่องจากแซนแทนกัมมีคุณสมบัติเป็นแอนไอออนิกจึงทำอันตรกิริยากับองค์ประกอบต่างๆ ที่มีประจุบวกในเครื่องดื่ม (Graham, 1977) จึงเป็นอีกสาเหตุที่ช่วยยับยั้งการแยกชั้นในเครื่องดื่มได้อีกด้วย สำหรับกัวร์กัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ประเภทไม่มีประจุ (Glicksman, 1969) จึงไม่ทำให้เกิดอันตรกิริยากับองค์ประกอบต่างๆ ได้ดีเท่ากับสารเพิ่มความคงตัวประเภทไอออนิก ดังนั้นจึงต้องใช้กัวร์กัมในปริมาณสูง (0.2 และ 0.25%) เพื่อให้เครื่องดื่มมีค่าความหนืดสูงกว่าตัวอย่างที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่น ซึ่งค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อนุภาคกระจายตัวในเครื่องดื่มได้อย่างทั่วถึง (Morrison and Ross, 2002) ส่วนการที่คาร์ราจีแนนไม่สามารถรักษาความคงตัวของเครื่องดื่มได้เป็นเวลานานนั้น เนื่องจากคาร์ราจีแนนที่ใช้เป็นชนิด

kappa และ iota ผสมกัน ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้เกิดเจลได้ที่ความเข้มข้น 0.24 และ 0.5% ตามลำดับ (Blanshard and Mitchell, 1979) จึงไม่สามารถใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้เพื่อเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้ แต่การที่ในโครงสร้างของคาร์ราจีแนนมีหมู่ซัลเฟตจึงมีคุณสมบัติเป็นแอนไอออนิก ทำให้เกิดอันตรกิริยากับอนุภาคที่มีประจุบวกในเครื่องดื่ม เช่น โปรตีน (Nussinovitch, 1997) จึงช่วยรักษาความคงตัวไว้ได้บ้างแต่ไม่นาน

ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มที่ใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.07% กัวร์กัมที่ความเข้มข้น 0.20 และ 0.25% ซึ่งสามารถยับยั้งการแยกชั้นได้นานกว่า 7 วัน มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling และ 9-point hedonic scale ต่อไป

สำหรับผลด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling โดยให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างหลังเตรียมเสร็จใหม่ๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ลักษณะที่ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	สารเพิ่มความคงตัว			
	แซนแทนกัม		กัวร์กัม	
	0.05%	0.07%	0.20%	0.25%
สี	6.72^{b}±0.84	6.73^{b}±0.77	7.13^{ab}±0.82	7.17^{a}±0.71
ความเป็นเนื้อเดียวกัน ^{ns}	8.25±1.00	8.57±0.95	8.52±0.94	8.52±0.94
กลิ่นรสแมคาเดเมีย	7.07^{a}±0.79	7.32^{a}±0.66	6.98^{ab}±0.71	6.50^{b}±1.26
กลิ่นรสแปลกปลอม ^{ns}	9.35±0.70	9.29±0.74	9.17±1.03	9.17±0.91
ความหนืด	3.15^{d}±0.83	4.31^{c}±1.14	5.60^{b}±1.58	6.82^{a}±1.32
mouthfeel	3.23^{d}±0.96	4.37^{c}±1.25	5.74^{b}±1.44	6.94^{a}±0.97

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 และคะแนนสูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน

เครื่องดื่มที่เติมกัวร์กัม 0.25% จะมีสีใกล้เคียงสีขาวครีมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนผลทางด้านความเป็นเนื้อเดียวกันและกลิ่นรสแปลกปลอมทุกตัวอย่างให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กล่าวคือเครื่องดื่มมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากและไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมที่ผู้ทดสอบสามารถพบได้ การที่ผู้ทดสอบไม่สามารถรับรู้ถึงกลิ่นรสแปลกปลอมของเครื่องดื่มได้ เนื่องจากปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่เติมลงไปน้อยมาก เครื่องดื่มที่ใช้กัวร์กัม 0.25% มีความหนืดสูงที่สุดและเครื่องดื่มที่ใช้แซนแทนกัม 0.05% มีความหนืดต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าทางกายภาพของเครื่องดื่ม และความหนืดที่เพิ่มขึ้นช่วยทำให้เครื่องดื่มมี mouthfeel ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเครื่องดื่มประเภทนี้มักมีปัญหาด้านลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายน้ำ (watery product) ดังนั้นการใช้ไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยเพิ่ม mouthfeel และปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มี body มากขึ้น (Graham, 1977) แต่ค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นทำให้กลิ่นรสแมคาเดเมียลดลง เนื่องจากการที่เครื่องดื่มมีความหนืดสูงนั้น ทำให้การรับกลิ่นรสและรสของผู้ทดสอบลดลงด้วย (Meilgaard, Civille and Carr, 2007)

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านการยอมรับในผลิตภัณฑ์โดยรวมด้วย 9-point hedonic scale ของเครื่องดื่มทั้ง 4 ตัวอย่างได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส	ชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัว			
	แซนแทนกัม		กัวร์กัม	
	0.05%	0.07%	0.20%	0.25%
ลักษณะปรากฏ	7.3^{ab}±0.8	7.5^{a}±0.6	7.3^{ab}±0.9	7.1^{b}±0.9
รส	6.7^{b}±1.5	7.1^{a}±1.1	6.6^{b}±1.1	6.3^{b}±1.0
กลิ่นรส	6.8^{a}±1.5	7.0^{a}±1.2	6.8^{a}±1.2	6.4^{b}±1.2
เนื้อสัมผัส	6.6^{b}±1.1	7.1^{a}±0.9	6.3^{b}±1.3	5.7^{c}±1.2
ความชอบโดยรวม	6.8^{b}±1.3	7.2^{a}±1.0	6.7^{b}±1.1	6.1^{c}±1.1

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c ที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้แซนแทนกัม 0.07% เป็นสารเพิ่มความคงตัวมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือการใช้แซนแทนกัม 0.05% และกัวร์กัม 0.20% และให้การยอมรับเครื่องดื่มที่ใช้กัวร์กัม 0.25% น้อยที่สุดในทุกๆ ด้าน นั่นคือผู้ทดสอบจะให้การยอมรับเครื่องดื่มที่มีสีไม่เข้มมาก มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง ส่วนลักษณะด้านเนื้อสัมผัสนั้นผู้ทดสอบจะให้การยอมรับเครื่องดื่มที่มีความหนืดไม่สูงมาก เนื่องจากเครื่องดื่มที่ข้นหนืดมากเกินไปไม่ใช่ลักษณะที่ดีในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ และเมื่อพิจารณาต่อไปจะพบว่าเครื่องดื่มที่มีความหนืดสูง โดยเฉพาะตัวอย่างที่เติมกัวร์กัมจะทำให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสลดลงด้วย

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ร่วมกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งวิธี descriptive analysis with scaling และวิธี 9-point hedonic แล้วนั้น จึงเลือกใช้แซนแทนกัมที่ความเข้มข้น 0.07% เพื่อช่วยรักษาความคงตัวให้กับเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมาใช้ในการศึกษาหาภาวะในการพาสเจอไรซ์ต่อไป

4.5 การศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่พัฒนาได้

การศึกษาหาภาวะในการพาสเจอไรซ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุ แปรอุณหภูมิและเวลาเป็น 3 ระดับ คือ 65, 70 และ 75 °C นาน 3, 5 และ 7 นาที ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อลักษณะทางเคมีและกายภาพของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้

ภาวะในการพาสเจอไรซ์		enzyme	ค่าสี			การแยกชั้น[A] (%)
อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	peroxidase	L* [ns]	a* [ns]	b*	
65	3	(-)	86.57±1.52	-0.04±0.11	+9.17±0.05	-
	5	(-)	86.46±1.10	-0.20±0.27	+9.42±0.13	-
	7	(-)	86.48±0.94	-0.28±0.26	+9.52±0.03	-
70	3	(-)	86.54±0.77	-0.06±0.16	+9.58±0.11	-
	5	(-)	86.77±1.12	-0.31±0.31	+9.63±0.12	-
	7	(-)	86.60±1.03	-0.29±0.35	+9.68±0.10	-
75	3	(-)	86.72±1.16	-0.32±0.28	+9.71±0.05	3
	5	(-)	86.67±0.65	-0.33±0.19	+9.75±0.04	4
	7	(-)	86.84±0.63	-0.47±0.10	+9.89±0.17	4

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(-) ไม่เกิดแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

- เครื่องดื่มไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน

A เครื่องดื่มเกิดการแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 7 วัน

การทดสอบแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้จะพบในพืชทุกชนิดและเป็นเอนไซม์ที่ทนความร้อนสูง (ประมาณ 70°C) ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบดังนี้ เติมสารละลาย guaiacol และ H_2O_2 ลงในเครื่องดื่ม เพื่อให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับสารทั้งสอง โดย guaiacol จะให้ไฮโดรเจนแก่ H_2O_2 เหลือเป็นสารให้สี ซึ่งแสดงว่ามีแอกทิวิตีของเอนไซม์ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547; Schomburg, Salzmann and Stephan, 1994) ดังนั้นจึงใช้เป็นตัวแทนของเอนไซม์ไลเปสที่อาจทำให้เครื่องดื่มโดยเฉพาะประเภทที่มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบเกิดกลิ่นหืนระหว่างการเก็บรักษาและเอนไซม์ชนิดอื่นๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าเครื่องดื่มไม่เปลี่ยนแปลงสีภายในเวลา 3 นาที 30 วินาที แสดงว่าไม่มีแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส นั่นคืออุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์สามารถทำลายเอนไซม์นี้ได้ ส่วนผลด้านความคงตัวของเครื่องดื่ม พบว่าการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 และ 70 °C

ไม่ทำให้เครื่องดื่มเกิดการแยกชั้น แต่การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C จะทำให้เครื่องดื่มแยกชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้นาน 7 วัน คาดว่าเกิดจากระดับความร้อนที่สูงเกินไปทำให้โปรตีนในเครื่องดื่มเสียสภาพ ความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนจึงลดลง (Robinson and Britz, 2008) โดยส่วนบนมีลักษณะเป็นเครื่องดื่ม สีขาวขุ่น ส่วนล่างเป็นของเหลวใสสีเหลืองครีม ดังแสดงในรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 ลักษณะการแยกชั้นของเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C (ตัวอย่างที่แสดงใช้เวลาในการพาสเจอไรซ์ 7 นาที)

การแปรอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเขียว (-a*) ของเครื่องดื่ม เมื่อพิจารณาผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างค่าทั้งสองต่อค่าสีเหลือง (b*) ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะอิทธิพลหลัก คือ อุณหภูมิและเวลาแยกกัน ได้ผลดังตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลของอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้

อุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ (°C)	ค่าสีเหลือง (b*)
65	$+9.37^{b}\pm0.18$
70	$+9.63^{b}\pm0.05$
75	$+9.78^{a}\pm0.10$

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a และ b ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์ ทำให้เครื่องดื่มมีค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากปฏิกิริยา Maillard คือ การเกิดสีน้ำตาลในส่วนประกอบที่มีโปรตีนและน้ำตาลบางชนิดอยู่ เนื่องจากการจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลชนิดอื่น เช่น ปฏิกิริยา caramelization นั้นจำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิและความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (Fennema, 1996) แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มยังไม่สูงมาก อีกทั้งในเครื่องดื่มก็ยังมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนและหมู่น้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา Maillard ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Lee และ Rhee (2003) ที่ศึกษาการให้ความร้อนเครื่องดื่มจากข้าวผสมกับ pine nut พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการให้ความร้อน เครื่องดื่มจะมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 ผลของเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้

เวลาในการพาสเจอไรซ์ (นาที)	ค่าสีเหลือง (b*)^{ns}
3	$+9.49\pm0.29$
5	$+9.60\pm0.16$
7	$+9.70\pm0.19$

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ส่วนผลของเวลาในการพาสเจอไรซ์ พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการพาสเจอไรซ์ไม่ทำค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องดื่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ราณี สุรกาญจน์กุล และคณะ (2549) ที่ศึกษาการพาสเจอไรซ์น้ำนมข้าวที่อุณหภูมิ 80 °C และ 100 °C นาน 10 และ 15 นาที พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการพาสเจอไรซ์จาก 80 °C เป็น 100 °C ทำให้

เครื่องดื่มมีสีเข้มขึ้น แต่การใช้เวลาในการพาสเจอไรซ์นานขึ้นจาก 10 เป็น 15 นาที ไม่ส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาสมบัติทางจุลินทรีย์หลังการพาสเจอไรซ์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และโคลิฟอร์ม ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอไรซ์ต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มที่พัฒนาได้

ภาวะในการพาสเจอไรซ์		total plate count (CFU/ml)		coliform
อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	pour plate	petrifilm	(MPN/ml)
65	3	130	120	<3
	5	55	<30	<3
	7	<30	<30	<3
70	3	<30	<30	<3
	5	<30	<30	<3
	7	<30	<30	<3
75	3	<1*	<1*	<3
	5	<1*	<1*	<3
	7	<1*	<1*	<3

* ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่ไม่มีการเจือจาง

จากการตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเครื่องดื่มก่อนการพาสเจอไรซ์ พบว่ามีจำนวน 1.4×10^5 CFU/ml (ไม่ได้แสดงค่าไว้ในตาราง) และเมื่อพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มแล้ว พบว่าทุกภาวะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10^4 CFU/ml ซึ่งเป็นมาตรฐานของนมพาสเจอไรซ์ ณ แหล่งผลิต (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) และยังไม่พบการเจริญของโคลิฟอร์ม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำนมถั่วเหลือง มอก. 1018-2533 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533)

การพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่อุณหภูมิ 75 °C นาน 3, 5 และ 7 นาที จะทำให้เครื่องดื่มเกิดการแยกชั้น ส่วนการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 และ 70 °C ด้วยเวลาทั้งสามค่าดังกล่าว ไม่ทำให้เครื่องดื่มเกิดการแยกชั้นและมีการเปลี่ยนแปลงสีเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานนมพาสเจอร์ไรซ์ ดังนั้นการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 และ 70 °C จึงเป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย แต่เนื่องจากผู้วิจัยกังวลว่าหากมีการนำกระบวนการผลิต

นี้ไปประยุกต์ใช้จริงในเชิงการค้าอาจไม่สามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ จึงเลือกการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 7 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาที่สูงที่สุดที่ไม่ทำให้ลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงมากนัก (โดยเฉพาะไม่เกิดการแยกชั้น) เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในมาตรฐานนมพาสเจอไรซ์

4.6 การศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่พัฒนาได้

จากการศึกษาหาสูตรจนกระทั่งได้ปริมาณแมคาเดเมีย ชนิดและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่เหมาะสม พร้อมทั้งภาวะการผลิตโดยการโฮโมจิไนซ์และพาสเจอไรซ์ทำให้ได้เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่มีคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่เหมาะสมแล้ว จึงนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีแสดงผลในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
น้ำ	85.70±0.02
โปรตีน	1.35±0.04
ไขมัน	3.42±0.02
เถ้า	0.15±0.03
คาร์โบไฮเดรต	9.38±0.09

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 14.30% มีโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.35±0.04%, 3.42±0.02%, 0.15±0.03%, 9.38±0.09% ตามลำดับ จากที่ Protein Advisory Group (1973) ได้แนะนำว่าองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มเลียนแบบนมควรมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 11% โปรตีน 2.9% ไขมัน 2% และ non-fat solid (โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) 9% และ Wolff (1982) รายงานว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมโดยทั่วไปจะมีโปรตีนประมาณ 1-5% และมีไขมันไม่ต่ำกว่า 2.5% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียนี้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดและไขมันสูงกว่า แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าที่ Protein Advisory Group แนะนำไว้ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีปริมาณโปรตีนไม่ต่ำกว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตทั่วไป และเมื่อพิจารณาเครื่องดื่มที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับนมโค ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน และไขมัน เท่ากับ 12.79% 3.40 % (เคซีน

2.76% และเวย์ 0.64%) และ 3.70% ตามลำดับ (Muir, 1992) ก็ถือว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดและไขมันใกล้เคียงกัน ซึ่งไขมันจากแมคาเดเมียนั้นส่วนใหญ่ประกอบด้วย monounsaturated fatty acid จึงมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและเพิ่ม HDL คอเลสเตอรอลได้ ส่วนสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

สมบัติทางด้านต่างๆ	เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย	นมโคพาสเจอไรซ์
ค่า pH	6.51±0.01	6.65
TSS (°Brix)	12.10±0.10	11.50
ค่าสี L*	86.78±0.05	93.31
a*	-0.84±0.13	-2.16
b*	+8.69±0.18	+9.31
ค่าความหนืด (mPa·s)	13.04±0.76	6.21
Total plate count (CFU/ml)	<1[A]	7.42×10^{2}
Coliform (MPN/ml)	<3	<3

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[A] ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่ไม่มีการเจือจาง

ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดสูงกว่าเครื่องดื่มน้ำนมข้าวของ ราณี สุรกาญจน์กุล, และคณะ (2549) ที่มีค่า เท่ากับ 9.4 แต่เครื่องดื่มที่ผลิตได้มีค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดใกล้เคียงกับนมโคพาสเจอไรซ์ยี่ห้อเมจิบรรจุในขวดพลาสติก ขนาดบรรจุ 200 ml สีของผลิตภัณฑ์เป็นสีเหลืองตามค่าสี b* ที่เป็นค่าบวก แต่เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าเป็นสีขาวครีมและสว่าง ซึ่งผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทให้การยอมรับค่อนข้างสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับนมโคจะมีค่าความสว่างน้อยกว่า ความหนืดของผลิตภัณฑ์มีค่า 13.04 mPa·s ใกล้เคียงกับเครื่องดื่มจากถั่วลิสงของ Rustom และคณะ (1996) แต่มีความหนืดมากกว่านมโค เนื่องจากเครื่องดื่มที่ผลิตได้นั้นมีการเติมสารเพิ่มความคงตัวเพื่อช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกชั้น ส่วนสมบัติทางจุลินทรีย์ไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ในเครื่องดื่ม ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของนมพาสเจอไรซ์ (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) และพบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/ml ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำนมถั่วเหลือง มอก. 1018-2533

(กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533) และเมื่อเปรียบเทียบกับนมพาสเจอไรซ์ตามท้องตลาด (ไม่ทราบระยะเวลาการเก็บที่แน่นอน) พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ของผลิตภัณฑ์ทางด้านสี ความเป็นเนื้อเดียวกัน รสหวาน รสแปลกปลอม กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอม ความหนืด และ mouthfeel แสดงผลดังตารางที่ 4.15 และการประเมินความชอบของผู้ทดสอบด้วย 9-point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี descriptive analysis with scaling

ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน
สี	6.34±0.38
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	8.39±0.38
รสหวาน	5.74±0.36
รสแปลกปลอม	9.83±0.28
กลิ่นรสแมคาเดเมีย	7.25±0.42
กลิ่นรสแปลกปลอม	9.80±0.42
ความหนืด	4.29±0.35
mouthfeel	4.44±0.42

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 และคะแนนสูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน

เครื่องดื่มมีสีค่อนข้างขาวครีม มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง มีรสหวานปานกลาง มีกลิ่นรสแมคาเดเมียชัดเจน ไม่มีรสและกลิ่นรสแปลกปลอม เช่น รสเปรี้ยว หรือ กลิ่นหมัก มีความหนืดและ mouthfeel ปานกลาง ส่วนคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากมีลักษณะปรากฏคล้ายนมโคและมีสีที่อ่อนกว่านมถั่วเหลืองตามท้องตลาด ผู้ทดสอบชอบลักษณะของผลิตภัณฑ์ทุกด้านในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากเครื่องดื่มมีรสหวานกำลังพอดี มีกลิ่นรสของแมคาเดเมียที่เป็นเอกลักษณ์ และมีเนื้อสัมผัสที่ผ่านการปรับปรุงโดยการเติมสารเพิ่มความคงตัว ซึ่งช่วยเพิ่ม mouthfeel ให้ดีขึ้นและลด watery mouthfeel (Graham, 1977) ซึ่งเป็นปัญหามากในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ (Rusch, 1971)

ตารางที่ 4.16 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ 9-point hedonic scale

ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน
ลักษณะปรากฏ	7.7±0.7
รส	7.3±0.8
กลิ่นรส	7.4±0.9
เนื้อสัมผัส	7.2±0.7
ความชอบโดยรวม	7.5±0.6

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.7 การศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

จากการเก็บรักษาเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่พาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 7 นาที ปริมาตร 280 ml ในขวดแก้วขนาด 300 มิลลิลิตร ซึ่งมี head space ประมาณ 2.5 เซนติเมตร และเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 21 วัน ได้ผลด้านสมบัติทางเคมีดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	pH ^{ns}	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(%)	
			น้ำตาลรีดิวซ์	น้ำตาลซูโครส
0	6.51±0.01	0.104^{b}±0.000	0.68^{a}±0.03	4.09^{a}±0.04
3	6.50±0.02	0.104^{b}±0.000	-	-
6	6.52±0.02	0.104^{b}±0.000	-	-
9	6.52±0.02	0.105^{ab}±0.000	-	-
12	6.50±0.02	0.105^{ab}±0.000	-	-
15	6.53±0.03	0.107^{ab}±0.000	-	-
18	6.50±0.01	0.108^{a}±0.000	-	-
21	6.50±0.01	0.108^{a}±0.000	0.35^{b}±0.04	3.89^{b}±0.04

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

- ไม่ได้ทดลอง; ตรวจหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉพาะวันแรกและวันสุดท้ายของการเก็บ

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เครื่องดื่มจะมีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่ถ้าสังเกตจากค่าในวันที่ 0 และวันที่ 21 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.104 และ 0.108% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจึงทำให้ค่า pH ไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณน้ำตาลทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสในเครื่องดื่มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนการลดลงจะพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลงมากกว่าน้ำตาลซูโครส ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยา Maillard ใช้น้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารตั้งต้นในระหว่างการเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับการที่เครื่องดื่มมีค่าสีเหลือง ค่าสีแดงที่เพิ่มขึ้น และค่าความสว่างที่ลดลง (ดังตารางที่ 4.18) ส่วนผลของสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ระยะเวลาการเก็บ	สี			การแยกชั้น
(วัน)	L*	a*	b*	(%)
0	86.78^{a}±0.05	-0.84^{b}±0.13	$+8.69^{d}$±0.18	-
3	86.73^{a}±0.09	-0.85^{b}±0.09	$+8.81^{cd}$±0.24	-
6	86.42^{bc}±0.06	-0.79^{b}±0.15	$+8.85^{cd}$±0.11	-
9	86.44^{b}±0.08	-0.76^{b}±0.10	$+8.87^{cd}$±0.33	-
12	86.41^{bcd}±0.10	-0.54^{a}±0.13	$+8.89^{cd}$±0.08	-
15	86.30^{cd}±0.01	-0.55^{a}±0.07	$+9.04^{bc}$±0.12	-
18	86.29^{cd}±0.07	-0.46^{a}±0.01	$+9.34^{ab}$±0.14	-
21	86.28^{d}±0.02	-0.41^{a}±0.03	$+9.62^{a}$±0.09	-

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

- เครื่องดื่มไม่เกิดการแยกชั้น

จากการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าเครื่องดื่มมีค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา Maillard ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีในภาวะที่ pH เป็นกลาง (ผลิตภัณฑ์มีค่า pH = 6.51 เมื่อเริ่มเก็บ) และสามารถเกิดได้แม้เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยชนิดของกรดอะมิโนก็มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา Maillard กรดอะมิโน arginine และ lysine จะเป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว (Arnoldi, 2004) แม้ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จะมีไม่

มากนัก แต่กรดอะมิโน arginine ก็มีปริมาณมากในแมคาเดเมีย (USDA, 2007) ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างการเก็บรักษา ส่วนผลด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่าไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์ที่เก็บ เนื่องจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์และยังมีการใช้แซนแทนกัมเพื่อเพิ่มความคงตัวอีกด้วย

ผลการตรวจสอบสมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มในระหว่างการเก็บ แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อสมบัติทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	total plate count (CFU/ml)	coliform (MPN/ml)
0	<1*	<3
3	<1*	<3
6	<1*	<3
9	<1*	<3
12	<1*	<3
15	<30	<3
18	<30	<3
21	<30	<3

* ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ในตัวอย่างที่ไม่มีการเจือจาง

เครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตได้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานของนมพาสเจอร์ไรซ์ ณ แหล่งผลิต และมีโคลิฟอร์มไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งการตรวจโคลิฟอร์มนั้นจะแสดงถึงสุขลักษณะของโรงงานผลิต (Reinbold,1983) เนื่องจากวิธีการพาสเจอไรซ์เครื่องดื่มเป็นการพาสเจอไรซ์ตัวอย่างในบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จะไม่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนหลังจากที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้ว และเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องดื่มน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 10 นาที ของพรนิภา แจ้งชัด (2547) และ เครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 63 °C นาน 30 นาที แล้วบรรจุในขวดพลาสติกขนาด 200 ml ของสวามินี นวลแขกุล (2547) ซึ่งมีอายุการเก็บ 14 และ 16 วัน ตามลำดับ ก็ถือว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีอายุการเก็บที่นานเพียงพอ

การศึกษาผลของอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling และ 9-point hedonic scale ได้ผลดังตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	สี	รสหวาน	รสแปลกปลอม^{ns}	กลิ่นรสแมคาเดเมีย	กลิ่นรสแปลกปลอม^{ns}
0	6.34^{b}±0.38	5.74^{a}±0.36	9.83±0.28	7.25^{a}±0.42	9.80±0.42
7	6.45^{ab}±0.44	5.63^{ab}±0.32	9.03±0.97	7.69^{a}±0.22	9.78±0.42
14	6.69^{a}±0.35	5.24^{bc}±0.27	9.83±0.22	7.24^{a}±0.78	9.70±0.43
21	6.68^{a}±0.46	5.02^{c}±0.50	9.87±0.22	6.66^{b}±0.73	9.74±0.43

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

กำหนดให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 และคะแนนสูงสุด เท่ากับ 10 คะแนน

หลังจากเก็บรักษาเครื่องดื่มเป็นเวลานาน 21 วัน พบว่าเครื่องดื่มจะมีสี รสหวาน กลิ่นรสแมคาเดเมียที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยยิ่งเก็บไว้นานเครื่องดื่มจะมีสีออกสีครีมและเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวัดค่าสีที่มีค่าสีเหลืองและมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น รสหวานที่ลดลงนั้นก็สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ลดลง และกลิ่นรสแมคาเดเมียก็ลดลงโดยเฉพาะในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนผลของรสและกลิ่นรสแปลกปลอมไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดอายุการเก็บ สาเหตุหลักของการเกิดรสและกลิ่นรสแปลกปลอมในเครื่องดื่มเกิดจากแบคทีเรีย Pseudomonas ซึ่งเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำและสามารถสร้างเอนไซม์ ไลเปสและโปรทีเอสที่ทนความร้อนได้ แบคทีเรียอีกชนิด คือ Bacillus ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทนอุณหภูมิสูง เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้เครื่องดื่มมีรสขม (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2549) แต่เนื่องจากเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยและไม่เกินมาตรฐานของนมพาสเจอไรซ์ตลอดการอายุการเก็บและความร้อนจากการพาสเจอไรซ์เพียงพอที่จะทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสได้ จึงไม่เกิดรสและกลิ่นรสแปลกปลอมขึ้นในเครื่องดื่มระหว่างการเก็บ ค่าคะแนนที่ได้สำหรับสมบัติทั้งสองด้านจึงสูงกว่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ

ตารางที่ 4.21 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	
	0	21
ลักษณะปรากฏ[ns]	7.7±0.7	7.8±1.0
รส[ns]	7.3±0.8	7.2±1.2
กลิ่นรส[ns]	7.4±0.9	7.1±1.1
เนื้อสัมผัส[ns]	7.2±0.7	7.0±0.9
ความชอบโดยรวม[ns]	7.5±0.6	7.3±0.9

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มที่ผลิตเสร็จใหม่และเครื่องดื่มที่เก็บไว้นาน 21 วัน โดยใช้ 9-point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัสได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จึงทำให้มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นกัน เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้การใช้น้ำตาลแล้วเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อรสและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้น้อยด้วยเช่นกัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียจึงมีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแมคาเดเมียที่ผ่านการอบ แล้วกะเทาะกะลาออก พบว่าแมคาเดเมียมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ 69.75 ± 0.37% (dry basis) มีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 1.69 ± 0.01% (wet basis), 8.33 ± 0.09, 1.09 ± 0.03 และ 19.14 ± 1.03% (dry basis) สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่บีบอัดแยกน้ำมันออกแล้ว คือ การใช้ปริมาณแมคาเดเมีย 12% (w/w) เติมน้ำตาลทราย 5% (w/w) และใช้แซนแทนกัม 0.07% (w/w) เพื่อช่วยยับยั้งการแยกชั้นในเครื่องดื่ม ส่วนกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย เริ่มจากการเตรียมแซนแทนกัม โดยละลายพร้อมกับน้ำตาลทราย โฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มที่เติมน้ำ 35% ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดก่อนเป็นเวลานาน 10 นาที ผสมสารละลายแซนแทนกัมที่เตรียมไว้และน้ำส่วนที่เหลือ แล้วโฮโมจิไนซ์อีก 1 นาที โดยโฮโมจิไนซ์เครื่องดื่มครั้งละ 600 ml จากนั้นบรรจุเครื่องดื่มปริมาตร 280 ml ลงในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 300 ml ปิดฝาขวด พาสเจอไรซ์เครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 7 นาที โดยการต้มขวดเครื่องดื่มในหม้อ จากสูตรและกระบวนการผลิตทั้งหมดจะได้เครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 85.70 ± 0.02, 1.35 ± 0.04, 3.42 ± 0.02, 0.15 ± 0.03 และ 9.38 ± 0.09% มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานของนมพาสเจอไรซ์ (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) และพบโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/ml ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของน้ำนมถั่วเหลือง มอก. 1018-2533 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีสีขาวครีมและเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นรสแมคาเดเมียที่ชัดเจน ไม่มีรสและกลิ่นรสแปลกปลอม สามารถดื่มได้ทั้งร้อนและเย็น อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค เครื่องดื่มเลียนแบบจากแมคาเดเมียสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 °C ได้อย่างน้อย 3 สัปดาห์ โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินและเกลือแร่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบองค์ประกอบที่แน่นอน จะได้ใช้เป็นสิ่งที่เพิ่มความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ นอกเหนือจากประโยชน์ของน้ำมันในแมคาเดเมียที่สามารถลดคอเลสเตอรอลได้

2. แมคาเดเมียเป็นพืชที่จำหน่ายได้ในราคาสูง เมล็ดเต็มขายได้ประมาณกิโลกรัมละ 800-1,000 บาท แต่การกะเทาะกะลาออกจะได้เมล็ดที่แตกหักเป็นส่วนใหญ่ มีเมล็ดเต็มเพียง 35% เท่านั้น ซึ่งเมล็ดที่แตกหักนี้สามารถบีบอัดแยกส่วนน้ำมันออก เพื่อนำไปใช้เป็นน้ำมันปรุงอาหารหรือส่วนประกอบในเครื่องสำอาง ส่วนกากแมคาเดเมียก็ยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียได้อีกด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะพัฒนาเครื่องดื่มเลียนแบบนมนี้ไปสู่การผลิตในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการใช้แมคาเดเมียให้ได้ผลประโยชน์สูงสุด และได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมชนิดใหม่

3. ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบโดยบีบอัดแยกน้ำมันออกจากแมคาเดเมียในการศึกษานี้จะมีการสูญเสียน้ำมันและกากประมาณ 8.3% ของน้ำหนักเริ่มต้น และในขั้นตอนการกรองเครื่องดื่มหลังจากโฮโมจิไนซ์จะยังมีกากที่ต้องแยกทิ้งไปอีกประมาณ 5.3% ของน้ำหนักเครื่องดื่ม ดังนั้นจึงควรหาวิธีลดการสูญเสียในขั้นตอนทั้งสอง โดยพัฒนาเครื่องมือในการบีบอัดและโฮโมจิไนซ์ให้ดีขึ้น เพื่อลดปริมาณกากหรือนำกากที่เหลือไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมวิชาการเกษตร. สถาบันวิจัยพืชสวน. 2536. มะคาเดเมีย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมวิชาการเกษตร. สถาบันวิจัยพืชสวน. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่และฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2541. แนวทางการวิจัยและพัฒนาการผลิตแมคาเดเมีย. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการเกษตร. หน้า 3-19.

ขวัญแก้ว กังสดาลอำไพ, จุฑาทิพย์ ศุภชัยวีรกุล และศจีนา วิวัฒน์บุตรสิริ. 2549. การศึกษาองค์ประกอบไขมันของแมคคาเดเมียต่างพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 77 หน้า.

ฉัตรฝน เพ็ชรเวียงเหนือ. 2548. พฤติกรรมของผู้บริโภคเครื่องดื่มธัญญาหารสำเร็จรูปในเขตกรุงเทพมหานคร. การค้นคว้าอิสระ ปริญญามหาบัณฑิต (ธุรกิจการเกษตร)บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 74 หน้า.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 442 หน้า.

พรนิภา แจ้งชัด. 2547. เครื่องดื่มโปรตีนจากคัพภะข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 123 หน้า.

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณทิรา นพรัตน์, อาภรณ์ วงษ์วิจารณ์, ปิยะวรรณ เจริญเลิศกุล และ รวิศรา อิ่มภาประเสริฐ. 2548. ผลของอิมัลซิไฟเออร์และสเตบิไลเซอร์บางชนิดต่อคุณภาพของ
นมถั่วเหลือง. อาหาร 35, 3: 211-219.

ราณี สุรกาญจน์กุล, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และชำนาญ เจริญรุ่งเรือง. 2549. การผลิตน้ำนมข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ. อาหาร 36, 1: 75-84.

วรนุช ครุฑโภไคย. 2526. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 104 หน้า.

วรรณา ตุลยธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 166 หน้า.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2535. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 264 หน้า.

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2550. ขึ้นทะเบียนแมคาเดเมียพันธุ์ใหม่. แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org/news/view-news.asp?nID=583 [23 มกราคม 2552]

สมบุญ รุจิขจร. 2548. จาก emotion สู่ functional สงครามเปลี่ยนขั้วตลาดเครื่องดื่ม. นิตยสารข่าวตลาด โฟร์-พี 25: 90-94.

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงค์. 2540. การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 146 หน้า.

สมศรี ภัทรธรรม. 2546. มะคาเดเมียนัทพืชเศรษฐกิจใหม่ของภาคเหนือ. เกษตรก้าวหน้า 16, 2: 9-16.

สวามินี นวลแขกุล. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยอาหารจากกากที่เหลือจากการผลิตน้ำข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 118 หน้า.

สันติ ทิพยางค์. 2535. การผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ยู เอช ที ให้มีความคงตัวด้วยคาราจีแนน. อาหาร 22, 2: 53-55.

สาธารณสุข, กระทรวง. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265) เรื่อง นมโค. กรุงเทพ: กระทรวงสาธารณสุข. 15 หน้า.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. จุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักท์. 470 หน้า.

อรพิน เกิดชูชื่น, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, พร้อมลักษณ์ สรรพ่อค้า และ สุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล. 2545. การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืช. อาหาร 32, 3: 200-212.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำนมถั่วเหลือง (มอก. 1018-2533). กรุงเทพ: กระทรวงอุตสาหกรรม. 5 หน้า.

เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และ จำรอง ดาวเรือง. 2549. องค์ประกอบทางเคมีของมะคาเดเมียที่ปลูกในประเทศไทย. อาหาร 36, 4: 334-344.

ภาษาอังกฤษ

Agriculture, Department. 1984. The Potential for Macadamia in Thailand. New South Wales: Department of Agriculture. 30 p.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16 th ed. Vol.2. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

Armstrong, W.P. 2006. Macadamia Nut: Protea Family (Proteaceae)[online]. Available from: http://waynesword.palomar.edu/ecoph8.html. [2008, December 6]

Arnoldi, A. 2004. Factors affecting the Maillard Reaction. In Steele, R. (ed.), Understanding and Measuring The Shelf-life of Food, pp. 111-122. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.

BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual (BAM)[Online]. Available from: http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-3.html. [2008, October 9]

Belfiore, L.A. 2003. Transport Phenomena for Chemical Reactor Design. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Publication. pp. 155-252.

Berger, J., Bravay, G. and Berger, M. 1997. Almond milk. Trends in Food Science & Technology 8: 62.

Blanshard, J.M.V. and Mitchell, J.R. 1979. Polysaccharides in Food. London: Butterworths. 368 p.

Cavaletto, C., Dela, C.A., Ross, E. and Yamamoto, H.Y. 1966. Factor affecting macadamia nut stability. Food Technology 20: 108-111.

Charalambous, G. and Doxastakis, G. 1989. Food Emulsifiers: Chemistry, Technology, Functional Properties and Applications. New York: Elsevier Science Publishing Company, Inc. 549 p.

Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1992. Experimental Designs. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 611 p.

Dickinson, E. and Stainsby, G. 1982. Colloids in Food. New York: Applied science Publishers. 533p.

Dickinson, E. 1998. Stability and rheological implications of electrostatic milk protein-polysaccharide interaction. Trends in Food Science & Technology 9: 347-354.

Euston, S.E., Harjinder, S., Munro, P.A. and Dalgleish, D.G. 1996. Oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate or whey protein isolate as influenced by glycerol monostearate. Journal of Food Science 61: 916-920.

Fennema, O.R., (ed.). 1996. Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker Inc. 1069 p.

Garg, M.L., Blake, R.J. and Will, R.B.H. 2003. Macadamia nut consumption lowers plasma total and LDL cholesterol levels in hypercholesterolemic men. The Journal of Nutrition 133: 1060-1063.

Glicksman, M. 1969. Gum Technology in the Food Industry. New York: Academic Press. 590 p.

Graham, H.D. 1977. Food Hydrocolloids. Connecticut: AVI Publishing Company Inc. 588 p.

Harper, W.J., Seiberling, D.A. and Blaisdell, J.L. 1976. Fluid flow and flow processes. In Harper, W.J. and Hall C.W. (eds.), Dairy Technology and Engineering. pp. 387-428. Connecticut: AVI Publishing Company Inc.

Hinds, M.J., Chinnan, M.S. and Beuchat. 1997. Particle size distribution in a heat-processed beverage prepared from roasted peanut. Food Research International 30: 59-64.

Holm, S., Malmberg, R. and Svensson Kjell. 1989. Method for producing milk with a lowered bacterial content. United States Patent 4876100.

Iwuoha, C.I. and Umunnakwe, K.E. 1997. Chemical, physical and sensory characteristics of soymilk as affected by processing method, temperature and duration of storage. Food Chemistry 59: 373-379.

Kaijser, A., Dutta, P. and Savage, G. 2000. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. Food Chemistry 71: 67-70.

Kris-Etherton, P.M., Pearson, T.A., Wan, Y., Hargrove, R.L., Moriarty, K., Fishell, V. and Etherton, T.D. 1999. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. American Journal of Clinical Nutrition 70: 1009-1015.

Lee, S.W., Bae, S.K. and Rhee, C. 2000. Studies on the physico-chemical properties of the pine nut's gruel during storage. Korean Journal Food Science and Technology 32: 1093-1101.

Lee, S.W. and Rhee, C. 2003. Processing suitability of a rice and pine nut (*Pinus koraiensis*) beverage. Food Hydrocolloids 17: 379-385.

Marguire,L.S., O'Sullivan,S.M., Gulvin,K., O'Connor,T.P. and O'Brien,N.M. 2004. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. International Journal of Food Sciences and Nutrition 55: 171-178.

Meilgaard, M.C., Civille, G.V., Carr, B.T. 2007. Sensory Evaluation Techniques. Florida: Taylor and Francis Group, LLC. 448 p.

Morrison, I.D. and Ross, S. 2002. 4th ed. Colloidal Dispersions: Suspensions, Emulsions and Foams. New York: A John Wiley & sons, Inc., Publication. 616 p.

Muir, D.D. 1992. Milk chemistry and nutritive value. In Early, R. (ed.), The Technology of Dairy Product. pp. 24-38. New York: VCH Publishers, Inc.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. Journal of Biological Chemistry 153: 375-380.

Nelson, A.I., Steinberg, M.P. and Wei, L.S. 1976. Illinois process for preparation of soymilk. Journal of Food Science 41: 57-61.

Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Applications. New York: Blackie Academic and Professional. 354 p.

Paine, F.A. and Paine, H.Y. 1983. A Handbook of Food Packaging. London: Bell and Bain Ltd. 238 p.

Pearson, D. 1970. The Chemical Analysis of Food. 6th ed. New York: Chemical Publishing. 547 p.

Protein Advisory Group. 1973. PAG guideline for the preparation of milk substitutes of vegetable origin and toned milk contain vegetable protein. Protein Advisory Group Bulletin. 3: 14-18.

Quinn, L.A. and Tang, H.H. 1996. Antioxidant properties of phenolic compounds in macadamia nuts. Journal of the American Oil Chemists' Society 73: 1585-1587.

Ranganna, S. 1977. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing. pp. 1-15.

Reinbold, G.W. 1983. Indicator organisms in dairy product. Food Technology 37: 111-113.

Robinson, R.K. and Britz, T.J. 2008. Advanced Dairy Science and Technology. Iowa: Blackwell Publishing. 300 p.

Rubico, S.M., Resurreccion, A.V.A., Frank, J.F. and Beuchat, L.R. 1987. Suspension stability, texture, and color of high temperature treated peanut beverage. Journal of Food Science 52: 1676-1679.

Rusch, D.T. 1971. Vegetable fat based dairy substitutes. Food Technology 25: 486-490.

Rustom, I.Y.S., Lopez-Leiva, M.H. and Nair, B.M. 1996. Nutritional, sensory and physicochemical properties of peanut beverage sterilized under two different UHT conditions. Food Chemistry 56: 45-53.

Schomburg, D., Salzmann, M., Stephan D. 1994. Enzyme Handbook. Berlin : Spriger-Verlag.

Singh, T. and Bains, G. S. 1988. Grain extract beverage : Processing and physicochemical characteristics. Journal of Food Science 53: 1387-1390.

Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry 195: 19-23.

Thaiudom, S. and Goff, H.D. 2003. Effect of κ-carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. International Dairy Journal 13: 763-771.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference 20. Nuts, macadamia nuts,raw[online]. 2007. Available from: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl [2008, June 8]

Venkatachalam, M. and Sathe, S.K. 2006. Chemical composition of selected edible nut seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 4705-4714.

Wall, M.M. and Gentry, T.S. 2007. Carbohydrate composition and color development during drying and roasting of macadamia nuts (*Macadamia integrifolia*). Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 40: 587-593.

Walstra, P., Genus, T.J., Noomen, A., Jellema, A. and Boekal, M.A.J.S. 1999. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes. New York: Marcel Dekker. 727 p.

Winkelmann, F. 1974. Imitation Milk and Imitation Milk Products. Rome: FAO. 104 p.

Wolff, I.A. 1982. Handbook of Processing and Utilization in Agriculture. Florida: CRC Press Inc. 672 p.

Zhang, H., Li, L., Tatsumi, E. and Isobe, S. 2005. High-pressure treatment effects on protein in soy milk. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 38: 7-14.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์และตรวจสอบทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัส

ก.1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ข้อ 40.1.04

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน
2. ถ้วยอลูมิเนียม
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมเปล่า
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 2 g ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมในข้อ 1
3. อบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม
4. ปิดฝาถ้วยอลูมิเนียมแล้วนำตัวอย่างออกจากตู้อบลมร้อน ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมที่มีตัวอย่าง ทำซ้ำจนกว่าน้ำหนักจะคงที่และคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสูตรดังนี้

การคำนวณปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}} \times 100$$

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมด (crude protein)

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ข้อ 40.1.06

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือ</u>

1. ชุดย่อยโปรตีน
2. ชุดกลั่นไนโตรเจน

<u>สารเคมี</u>

1. conc. sulfuric acid
2. hydrochloric acid 0.1 N
3. สารละลาย sodium hydroxide 50% w/v
4. สารละลาย boric acid 4% w/v
5. selenium mixture
6. อินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลาย methyl red 0.125 g และ methylene blue 0.0825 g ใน 90% ethanol ปริมาตร 100 ml)

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 g ใส่ในหลอดย่อย
2. เติม selenium mixture เพื่อเร่งปฏิกิริยา ประมาณ 5 g และ conc. sulfuric acid 20 ml ลงในหลอดย่อย
3. ทำ blank โดยไม่ใส่ตัวอย่างแล้วเติมสารตามข้อ 2
4. ประกอบหลอดย่อยโปรตีนเข้ากับเครื่องย่อยโปรตีน ที่มีการควบคุมอุณหภูมิการย่อย ย่อยจนตัวอย่างเป็นสารละลายใส สีเขียวอ่อน
5. ปิดเตาย่อยแล้วยกออกจากเครื่องย่อย ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. ประกอบหลอดย่อยโปรตีนและขวดรูปชมพู่ที่เติมอินดิเคเตอร์ 2 หยด เข้ากับชุดเครื่องกลั่นไนโตรเจน กำหนดภาวะการกลั่น ดังนี้
   - sodium hydroxide 35% (w/v) ปริมาตร 60 ml
   - boric acid 4% (w/v) ปริมาตร 50 ml
   - น้ำกลั่น ปริมาตร 50 ml
   - เวลาในการกลั่น 5 นาที
7. ล้างปลายหลอด condenser ด้วยน้ำกลั่น ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่รองรับสารที่กลั่นได้แล้ว นำขวดรูปชมพู่ไปไตเตรทด้วย hydrochloric acid 0.1 N ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน จนถึงจุดยุติที่สารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน บันทึกปริมาตร hydrochloric acid 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรท เพื่อคำนวณหาปริมาณโปรตีน

การคำนวณปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(V-B) \times N \times 1.4 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีนใน nut (\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} \times 5.30$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของ hydrochloric acid 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)

B คือ ปริมาตรของ hydrochloric acid 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรท blank (ml)

N คือ ความเข้มข้นที่แน่นอนของ hydrochloric acid 0.1 N (N)

ก.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันทั้งหมด (crude fat)

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ข้อ 40.1.05

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet extractor)
2. Rotary vacuum evaporator
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. ธิมเบิล (thimble)

สารเคมี

1. petroleum ether

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดก้นกลมขนาด 250 ml ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลมเปล่า
2. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้วให้ได้น้ำหนักประมาณ 2 g แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
3. ใส่ตัวอย่างที่ห่อด้วยกระดาษกรองลงในธิมเบิล ประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมัน ใช้ petroleum ether ปริมาตร 250 ml เป็นตัวสกัดไขมันในตัวอย่าง
4. สกัดไขมันประมาณ 3 ชั่วโมง
5. ระเหย petroleum ether ออกจากขวดก้นกลมที่สกัดไขมันด้วยเครื่องระเหยจนหมด
6. อบขวดก้นกลมตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลมหลังการสกัด ทำซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักคงที่และคำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมดในตัวอย่าง

การคำนวณปริมาณไขมันทั้งหมด

$$\text{ปริมาณไขมันทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักขวดก้นกลมหลังสกัด (g)} - \text{น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนสกัด (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

ก.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ข้อ 40.1.08

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ครูซิเบิล (crucible)
3. เตาให้ความร้อน (hot plate)
4. โถดูดความชื้น
5. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 2 g ลงในครูซิเบิลที่เผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
2. เผาตัวอย่างโดยใช้ hot plate ในตู้ดูดควัน จนตัวอย่างหมดควัน
3. เผาตัวอย่างในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C จนตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีขาว
4. ทิ้งครูซิเบิลให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%db) = 100 – (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน + %เถ้า)

ก.6 การวิเคราะห์ค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

ตามวิธีของ Pearson (1970)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. guaiacol
2. hydrogen peroxide
3. ethanol 50%

วิธีทดสอบ

1. เตรียม blank โดยใส่ตัวอย่าง 0.5 ml ลงในหลอดทดลองที่มี deionized water 2 ml เขย่าให้เข้ากัน ใช้เป็นหลอดเปรียบเทียบสี
2. ใส่ตัวอย่างที่พาสเจอไรซ์แล้ว 0.5 ml ลงในหลอดทดลอง แล้วเติม guaiacol 1% (in ethanol 50%) 1 ml ลงไป โดยไม่ต้องเขย่าและผสม
3. เติมสารละลาย hydrogen peroxide 0.08% 1 ml ลงในหลอดทดลอง
4. ผสมสารละลายในหลอดทดลองโดยจับหลอดทดลองคว่ำไปมา และสังเกตสีที่เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบกับหลอดที่เป็น blank ถ้ามีสีเกิดขึ้นภายใน 3.5 นาที แสดงว่ามีแอกทิวิตีของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.7 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
2. Mojonnier tube
3. rotary vacuum evaporator
4. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. ammonia solution
2. diethyl ether
3. ethanol 95%
4. petroleum ether

วิธีวิเคราะห์

1. อบขวดก้นกลมขนาด 250 ml ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลมเปล่า
2. ปิเปตตัวอย่าง 10 ml ลงใน mojonnier tube และชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน
3. เติม ammonia solution 2 ml เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่น 6 ml เขย่าให้เข้ากันอีกครั้ง
4. เติม ethanol 95% 10 ml เขย่าให้เข้ากัน เติม diethyl ether 25 ml เขย่าแรงๆ นาน 1 นาที
5. เติม petroleum ether 25 ml เขย่าแรงๆ นาน 30 วินาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
6. รินสารละลายชั้น ether (ซึ่งอยู่ส่วนบน) ใส่ขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
7. สกัดตัวอย่างซ้ำอีก 2 ครั้ง ตามข้อ 4-5 แต่ลดปริมาณ ethanol 95% เหลือ 5 ml
8. ระเหย ether ออกจากขวดก้นกลมด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator จนหมด
9. อบขวดก้นกลมตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 °C แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดก้นกลมหลังการสกัด ทำซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักคงที่และคำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมดในตัวอย่าง

การคำนวณปริมาณไขมันทั้งหมด

$$\text{ปริมาณไขมันทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักขวดก้นกลมหลังสกัด (g)} - \text{น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนสกัด (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}} \times 100$$

ก.8 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด

ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

สารเคมี

1. sodium hydroxide 0.1 N
2. potassium hydrogen phthalate 0.1 N
3. phenolphthalein indicator (ชั่ง phenolphthalein 0.5 g ละลายใน ethanol 50% ปริมาตร 100 ml)

วิธีวิเคราะห์

1. คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน sodium hydroxide ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน potassium hydrogen phthalate โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator

$$N\ NaOH = \frac{\text{น้ำหนักของ potassium hydrogen phthalate (g)} \times 1000}{\text{ปริมาตรของ sodium hydroxide (ml)} \times 204.22}$$

2. ปิเปตตัวอย่าง 10 ml ใส่ในขวดรูปชมพู่
3. เติมสารละลาย phenolphthalein indicator 2 หยด
4. ไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน sodium hydroxide ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติซึ่งมีสีชมพูอ่อน คำนวณปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกจากสูตร

การคำนวณปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ทั้งหมด (%)

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด} = \frac{N \times V \times 0.09 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

โดยที่มิลลิอิควิวาเลนซ์ของกรดแลคติก (Milliequvalent of lactic acid monohydrate) = 0.09

เมื่อ V คือ ปริมาตรของ 0.1 N sodium hydroxide ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)

N คือ ความเข้มข้นที่แน่นอนของ 0.1 N sodium hydroxide (N)

ก.9 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ตามวิธีของ Nelson (1944), Somogyi (1952) และ Ranganna (1977)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาให้ความร้อน (hot plate)
2. spectrophotometer

สารเคมี

1. ammonium molybdate
2. anhydrous di-sodium hydrogen phosphate
3. anhydrous sodium sulphate
4. di-sodium hydrogen arsenate heptahydrate
5. copper sulphate pentahydrate
6. D-(+)-glucose
7. hydrochloric acid
8. potassium sodium tartrate
9. sodium arsenate
10. sodium hydroxide
11. sulfuric acid

การคำนวณปริมาณน้ำตาลทั้งหมด Ranganna (1977)

a) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างที่ได้จากกราฟมาตรฐาน×dilution×100

b) ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต (%) = คำนวณตามข้อ a) โดยใช้ตัวอย่างที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลอินเวิร์ตแล้ว

c) ปริมาณน้ำตาลซูโครส (%) = [ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต (%) - ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%)] × 0.95*

d) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%) = ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%) + ปริมาณน้ำตาลซูโครส (%)

หมายเหตุ 0.95 = [น้ำหนักโมเลกุลซูโครส / (น้ำหนักโมเลกุลกลูโคส + น้ำหนักโมเลกุลฟรุกโตส)]

= [342.296 / (180.156 + 180.156)]

<u>วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์</u> Nelson (1944) และ Somogyi (1952)

1. เตรียมสารละลาย alkaline copper reagent โดยละลาย anhydrous di-sodium hydrogen phosphate 14 g และ potassium sodium tartrate 20 g ในน้ำกลั่น 350 ml เติม sodium hydroxide ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 50 ml เติม copper sulphate pentahydrate 10% ปริมาตร 20 ml และเติม anhydrous sodium sulphate 50 g ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 ml ทิ้งไว้ 1-2 วันในขวดสีชา

2. เตรียมสารละลาย arsenomolybdate reagent โดยละลาย ammonium molybdate 25 g ในน้ำกลั่น 450 ml เติม sulfuric acid 21 ml และสารละลาย di-sodium hydrogen arsenate heptahydrate (ได้จาก di-sodium hydrogen arsenate heptahydrate 3 g ในน้ำกลั่น 25 ml) ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 1-2 วันในขวดสีชา

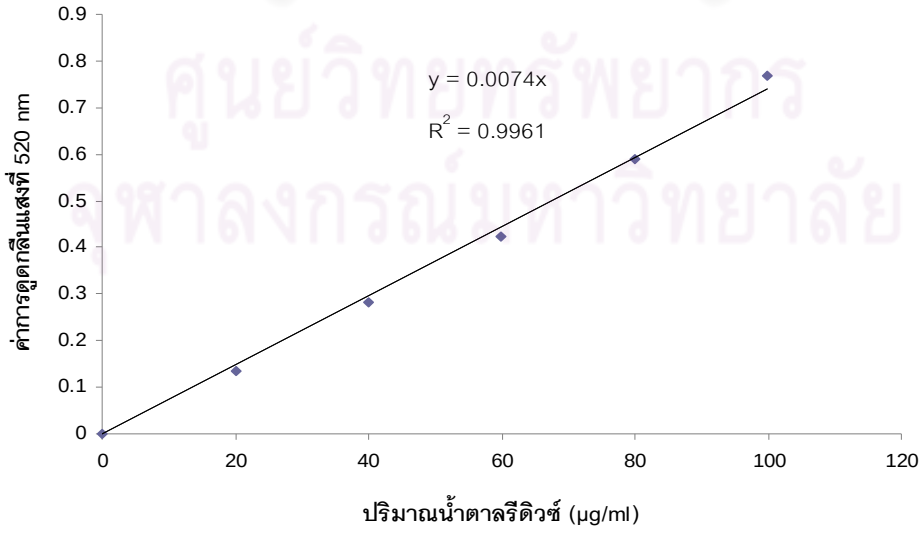
3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกลูโคสเข้มข้น 0.01-0.1 mg/ ml ปิเปตสารละลายแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 ml จากนั้นเติมสารละลาย Alkaline copper reagent ปริมาตร 1 ml นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที ทำให้เย็น เติม arsenomolybdate reagent ที่เจือจางด้วยสารละลาย sulfuric acid ความเข้มข้น 1.5 N ในอัตราส่วน 1:2 ปริมาตร 1 ml และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 ml จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

4. ใช้น้ำกลั่นเป็น blank โดยผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 3

5. นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน

6. การวิเคราะห์ตัวอย่างให้เจือจางจนได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม จากนั้นนำไปวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3

7. นำผลของการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต Ranganna (1977)

1. ปิเปตตัวอย่าง 50 ml เติม hydrochloric acid (เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1:1) 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลอินเวิร์ต (ปรับสภาพให้เป็นกลาง pH ประมาณ 7.5 – 8.0)

2. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธี Nelson (1944) และ Somogyi (1952)

3. จากนั้นคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจากสูตรข้างต้น

ก.10 การวัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดสี

วิธีทดสอบ

1. เข้าสู่โปรแกรม Spectrophotometer Universe โดย double click ที่ icon ของ Spectrophotometer Universe

2. คลิกที่ standardize บนเมนูหลัก

3. เลือก port size ขนาด 1.25 นิ้ว จากนั้นกดปุ่ม OK.

4. วางแผ่น calibrate สีดำ ให้ปุ่มสีขาวด้านบนแผ่น calibrate หันออกด้านนอก จากนั้นกดปุ่ม OK

5. จากนั้นวางแผ่น calibrate สีขาว ให้ปุ่มสีขาวด้านบนแผ่น calibrate หันออกด้านนอก จากนั้นกดปุ่ม OK. รอจนเครื่องขึ้นว่า sensor successfully standardized จากนั้นกดปุ่ม OK.

6. ทดลองอ่านค่าแผ่น calibrate สีขาว โดยคลิกที่ read sample บนเมนูหลัก โดยค่าที่ได้ต้องอยู่ในช่วงดังนี้ X 78.89 ± 0.3 Y 83.78 ± 0.3 Z 87.74 ± 0.3 (ถ้าไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดต้องทำ standardize ใหม่)

7. รินตัวอย่างเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียใส่ในถ้วยแก้วปิดฝาแล้ววางบนฐานของเครื่อง ครอบฝาครอบสีดำปิดถ้วยใส่ตัวอย่าง จากนั้นคลิกที่ read sample บนเมนูหลัก

8. วัดตัวอย่างละ 10 ครั้ง โดยค่าที่ได้จะรายงานเป็น CIE L*a*b* ใช้แหล่งแสง D 65

ก.11 การวัดค่าความขุ่น

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดความขุ่น

วิธีทดสอบ

1. calibrate เครื่อง โดยใส่ขวด standard ความขุ่น 0.02 NTU ที่เช็ดทำความสะอาดผิวขวดเรียบร้อยแล้ว ปิดฝาเครื่อง แล้วกดปุ่ม CAL และตามด้วยปุ่ม READ รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าเสร็จ ใส่ขวด standard ที่ระดับความขุ่นต่อไปแทนที่ขวด standard เดิม ทำเช่นนี้กับ standard 20 NTU, 100 NTU และ 800 NTU จนครบ

2. ใส่เครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผ่านการเจือจางแล้ว 1,000 เท่า ในขวดวัดความขุ่นตามขีดปริมาตรที่กำหนดไว้ เช็ดทำความสะอาดผิวขวดให้เรียบร้อย

3. ใส่ขวดตัวอย่างลงในเครื่องโดยให้สัญลักษณ์ ♦ ที่ขวดหันออกทางด้านหน้า ปิดฝาเครื่อง แล้วกดปุ่ม READ โดยค่าที่ได้จะรายงานในหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

ก.12 การวัดค่าความหนืด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องวัดความหนืด (Rheology International รุ่น RI:2:L,Ireland)

วิธีทดสอบ

1. เปิดเครื่องวัดความหนืด จากนั้นเครื่องจะแสดง PRINT OUTPUT YES (1) NO (2) ให้กดเลข 2

2. หน้าจอแสดง RAMPING YES (1) NO (2) ให้กดเลข 2 แล้วเลือกระบบหัววัด ASTM Set โดยกดเลข 2 จากนั้นเลือกหัวที่ใช้วัด คือ L1 จึงกดหมายเลข 1

3. เครื่องจะ autozeroing หัววัดให้ แล้วเลือกความเร็วรอบในการวัด เท่ากับ 100 RPM กด ENTER

4. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดปริมาตรประมาณ 170 ml ลงในขวด โดยให้ตัวอย่างท่วมขีดบอกปริมาตรตรงหัววัด จากนั้นกด ENTER

5. อ่านค่าความหนืดเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที โดยค่าความหนืดที่ได้จะแสดงในหน่วย mPas

ก.13 การตรวจสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ดัดแปลงจากวิธีของ Euston และคณะ (1996)

วิธีทดสอบ

ใส่ตัวอย่าง 100 ml ลงในกระบอกตวงปริมาตร 100 ml ปิดกระบอกตวงด้วยฟอยล์ ตั้งทิ้งไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4-6 °C เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคแขวนลอยส่วนบนและส่วนที่ตกตะกอนลงมาเป็นเวลา 7 วัน แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของส่วนอนุภาคแขวนลอยแยกชั้นและส่วนที่ตกตะกอนลงมา

ก.14 การตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ตามวิธีของ BAM (2001)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. autoclave
2. vortex
3. incubator

สารเคมี

1. peptone
2. plate count agar
3. petrifilm

วิธีการทดลอง

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar โดยชั่ง plate count agar 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1,000 ml บรรจุลงในขวดรูปชมพู่ปิดปากด้วยจุกสำลี ฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 ºC ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. เจือจางตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} และ10^{-3} ด้วย peptone 0.1%

3. ปิเปตอาหารที่ความเจือจางต่างๆ มา 1 ml ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อความเจือจางละ 2 จาน เท plate count agar (ที่อุณหภูมิ 40-45 ºC) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 15-20 ml หมุนจานไปมาเพื่อให้ตัวอย่างและ plate count agar ผสมกัน ทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

4. บ่มจานเลี้ยงเชื้อแบบคว่ำที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 0.5 ºC นาน 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง

5. ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียโดยนับจำนวนโคโลนีที่ได้ x dilution factor แล้วรายงานผลเป็น CFU/ml มีข้อแม้ว่า ถ้ามีโคโลนีเกิดขึ้นน้อยกว่า 30 โคโลนี ให้รายงานว่า มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 30×ระดับความเจือจางต่ำที่สุด

วิธีการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้ petrifilm (A.O.A.C. 986.33, 1995)

1. เตรียมตัวอย่างโดยเจือจางที่ความเข้มข้น 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วย peptone 0.1%
2. วางแผ่น petrifilm บนพื้นราบ เปิดแผ่นฟิล์มแผ่นบนขึ้น
3. ปิเปตตัวอย่าง 1 ml ลงกลางแผ่นฟิล์ม ให้ปิเปตตั้งฉากกับแผ่น petrifilm แล้วปล่อยแผ่นฟิล์มบนลง
4. วางพลาสติกสำหรับกด (spreader) โดยให้ด้านที่มีขอบคว่ำหน้าลง กดลงบนฟิล์มแผ่นบนให้ส่วนวงกลมครอบบริเวณหยดตัวอย่าง จนกระทั่งตัวอย่างกระจายทั่วบริเวณวงกลม
5. ยก spreader รอให้เนื้อเจลแข็งตัว 2-3 นาที
6. บ่มแผ่นโดยให้ด้านใสหงายขึ้นที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 0.5 ºC นาน 48 $\pm$ 3 ชั่วโมง
7. ตรวจนับเชื้อแบคทีเรียโดยนับจำนวนโคโลนีที่ได้ x dilution factor แล้วรายงานผลเป็น CFU/ml โดยมีเงื่อนไขเช่นเดียวกับการตรวจสอบด้วย plate count agar ธรรมดา

ก.15 การตรวจสอบโคลิฟอร์ม

ตามวิธีของ BAM (2001)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. autoclave
2. vortex
3. incubator

สารเคมี

2. peptone
3. lauryl sulfate tryptose broth

วิธีการทลอง

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยละลาย lauryl sulfate tryptose broth 35.6 g ในน้ำกลั่น 1000 ml ปิเปตอาหารลงในหลอดทดลองหลอดละ 9 ml ใส่หลอดดักก๊าซ แล้วฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 ºC ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที
2. เจือจางตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วย peptone 0.1%
3. ปิเปตอาหารที่ความเจือจางต่างๆ มา 1 ml ใส่ในหลอดทดลอง lauryl sulfate tryptose broth ความเจือจางละ 3 หลอด
4. บ่มหลอดทดลองที่อุณหภูมิ 37 $\pm$ 0.5 ºC นาน 48 $\pm$ 2 ชั่วโมง
5. ตรวจนับจำนวนหลอดทดลองที่มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ เปรียบเทียบผลตามตาราง ก.1 รายงานผลเป็น MPN/ml

ตาราง ก.1 การประมาณจำนวน Coliform ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ความเจือจาง 3 ระดับ (0.1, 0.01 และ 0.001 ml) ความเจือจางละ 3 หลอด

จำนวนหลอดที่ให้ผลบวก			MPN/ml
0.1 ml	0.01 ml	0.001 ml	
0	0	0	<3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
3	0	0	23
3	0	1	39
3	1	0	43
3	1	1	75
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	>1100

ที่มา: BAM (1992)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.16 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

<u>การคัดเลือกผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

เลือกผู้ทดสอบที่คุ้นเคยและชอบบริโภคเครื่องดื่มจำพวกนมถั่วเหลืองหรือบริโภคแมคาเดเมียจากบุคลากรและนิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คัดเลือกผู้ทดสอบให้ได้จำนวน 10 คน

1. ใช้การทดสอบแบบ triangle test โดยเสิร์ฟตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่เจือจางให้ความเข้มข้นต่างกัน 3 ตัวอย่าง ซึ่งมี 2 ตัวอย่างที่เหมือนกันและอีกหนึ่งตัวอย่างที่แตกต่างออกไป ให้ผู้ทดสอบเลือกตัวอย่างที่แตกต่างออกไป ผู้ทดสอบที่เลือกตัวอย่างถูกต้องจะคัดเลือกต่อในข้อที่ 2

2. ใช้การทดสอบแบบ ranking test โดยเสิร์ฟตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างกัน 5 ตัวอย่าง แล้วให้ผู้ทดสอบเรียงลำดับจากเครื่องดื่มที่เจือจางจากน้อยไปมาก เลือกผู้ทดสอบที่เรียงลำดับถูกต้องมากที่สุดมา 10 คน เพื่อใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling

แบบประเมินที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ทดสอบแสดงดังภาคผนวก ข.1

<u>การฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

สร้างความคุ้นเคยในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย โดยมีตัวอย่างให้ลองทดสอบ จากนั้นระดมความคิดและประชุมกลุ่ม เพื่อสร้างคำจำกัดความ (description) ที่บอกถึงลักษณะต่างๆ ของตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันและช่วยกันสร้างแบบทดสอบที่ใช้ประเมินตัวอย่างต่อไป

<u>การเสิร์ฟตัวอย่างในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส</u>

การประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้งหมดนั้น จะใช้ตัวอย่างครั้งละประมาณ 10 ml โดยอุณหภูมิของตัวอย่างขณะเสิร์ฟประมาณ 25 °C และใช้รหัสกำกับตัวอย่างเป็นตัวเลขสุ่ม 3 หลัก

<u>ผู้ที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย 9-point hedonic scale</u>

มีทั้งหมด 50 คน ประกอบด้วย

- บุคลากรและนิสิตในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร 20 คน ประกอบด้วยนิสิตปริญญาตรีและปริญญาโทชาย อายุ 20-27 ปี จำนวน 5 คน เจ้าหน้าที่ นิสิตปริญญาตรี และนิสิตปริญญาโทหญิง อายุ 20-27 ปี จำนวน 15 คน
- พนักงานชาย แผนกบริการกลาง ฝ่ายบริหารสำนักงาน บริษัท ป.ต.ท. จำกัด (มหาชน) อายุ 28-35 ปี จำนวน 15 คน และอาจารย์หญิงโรงเรียนกรุงเทพการบัญชี อายุ 40-55 ปี จำนวน 15 คน

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ข.1 แบบทดสอบที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อ..... **วันที่**.....

คำแนะนำ : ตัวอย่างที่เสริฟให้ทั้ง 3 ตัวอย่าง มี 2 ตัวอย่างที่เหมือนกัน อีกหนึ่งตัวอย่างจะแตกต่างออกไป กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วทำเครื่องหมาย √ ตรงรหัสตัวอย่างที่แตกต่างออกไป

รหัสตัวอย่าง

....

....

....

ชื่อ..... **วันที่**.....

คำแนะนำ : กรุณาประเมินตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวา แล้วจัดลำดับความเข้มข้นของตัวอย่าง

โดย 1 = เข้มข้นน้อยที่สุด 5 = เข้มข้นมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....
ลำดับ	.....	.....	.....	.....	.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

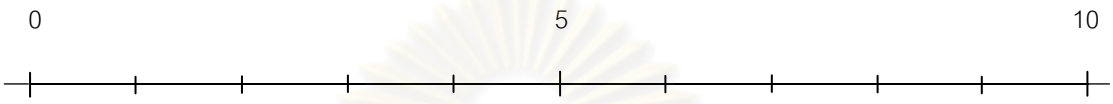
ข.2 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส descriptive analysis with scaling ที่ใช้ในขั้นตอนคัดเลือกสูตรในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ชื่อ ..... วันที่ .....

คำแนะนำ : กรุณาพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วลากเส้นตรงแนวดิ่งตั้งฉากกับเส้นสเกลในแนวนอน พร้อมทั้งใส่รหัสกำกับตัวอย่างไว้บนเส้นที่ท่านลาก

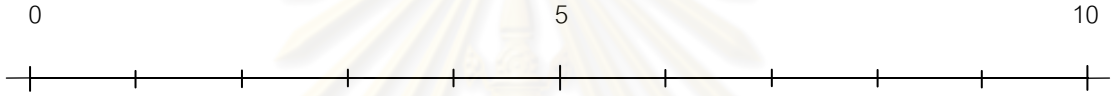
รหัสตัวอย่าง _____

1. สีของเครื่องดื่ม



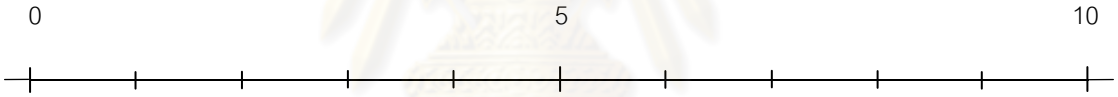
สีขาว สีขาวครีม

2. ความข้นของเครื่องดื่ม



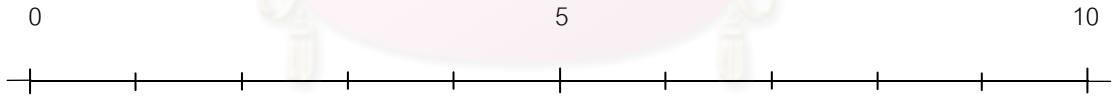
ใส ข้นมาก

3. ความเป็นเนื้อเดียวกัน



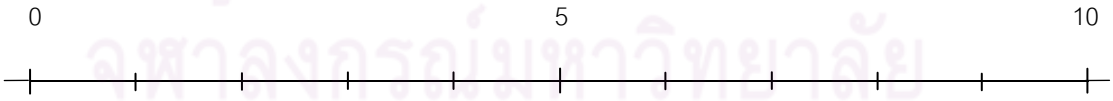
ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเลย เป็นเนื้อเดียวกันมาก

4. กลิ่นรสแมคคาเดเมีย



ไม่มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียเลย มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียมาก

5. มี mouthfeel (ความมีเนื้อหรือความเข้มข้น ขณะดื่มเครื่องดื่ม)



ไม่มี mouthfeel เลย มี mouthfeel มาก

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

ข.3 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale **ที่ใช้ในขั้นตอนคัดเลือกสูตรในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย**

ชื่อ..... วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วให้คะแนนสำหรับแต่ละตัวอย่าง ด้วยเกณฑ์ดังนี้

กำหนดให้	9	ชอบมากที่สุด
	8	ชอบมาก
	7	ชอบปานกลาง
	6	ชอบเล็กน้อย
	5	เฉยๆ
	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
	3	ไม่ชอบปานกลาง
	2	ไม่ชอบมาก
	1	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	**รหัสตัวอย่าง**				
ลักษณะปรากฏ					
สี					
รส					
กลิ่นรส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

ข.4 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส descriptive analysis with scaling ที่ใช้ในขั้นตอนคัดเลือกสารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

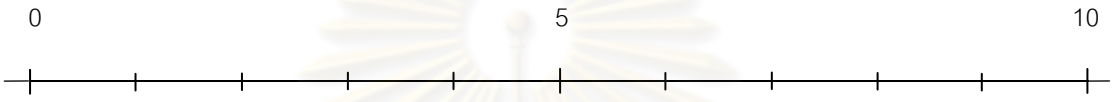
ชื่อ ..... วันที่ .....

คำแนะนำ : กรุณาพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วลากเส้นตรงแนวดิ่งตั้งฉากกับเส้นสเกลในแนวนอน พร้อมทั้งใส่รหัสกำกับตัวอย่างไว้บนเส้นที่ท่านลาก

รหัสตัวอย่าง _____

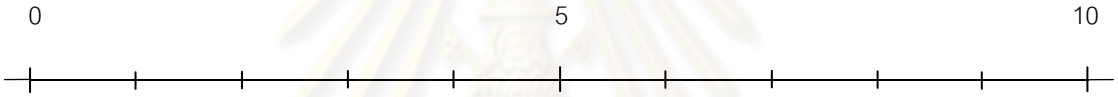
ลักษณะปรากฏ

1. สีของเครื่องดื่ม



สีขาว สีขาวครีม

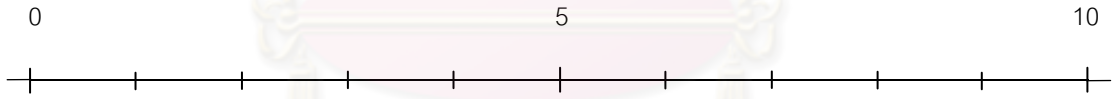
2. ความเป็นเนื้อเดียวกัน



ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเลย เป็นเนื้อเดียวกันมาก

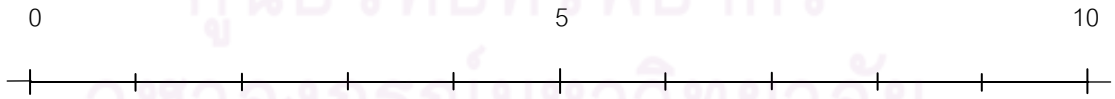
กลิ่นรส

3. กลิ่นรสแมคคาเดเมีย



ไม่มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียเลย มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียมาก

4. กลิ่นรสแปลกปลอม

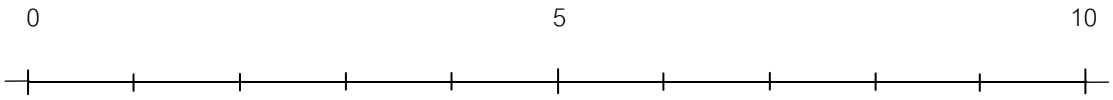


มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

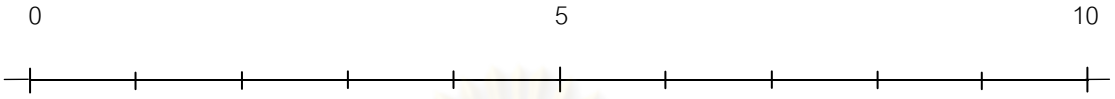
เนื้อสัมผัส

6. ความหนืด



ไม่หนืดเลย หนืดมาก

7. มี mouthfeel (ความมีเนื้อหรือความเข้มข้น ขณะดื่มเครื่องดื่ม)



ไม่มี mouthfeel เลย มี mouthfeel มาก

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.5 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale ที่ใช้ในขั้นตอนคัดเลือกสารเพิ่มความคงตัวในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่างทั้งหมด แล้วให้คะแนนสำหรับแต่ละตัวอย่าง ด้วยเกณฑ์ดังนี้

กำหนดให้	9	ชอบมากที่สุด
	8	ชอบมาก
	7	ชอบปานกลาง
	6	ชอบเล็กน้อย
	5	เฉยๆ
	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
	3	ไม่ชอบปานกลาง
	2	ไม่ชอบมาก
	1	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	**รหัสตัวอย่าง**			
ลักษณะปรากฏ				
รส				
กลิ่นรส				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

ข.6 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส descriptive analysis with scaling ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

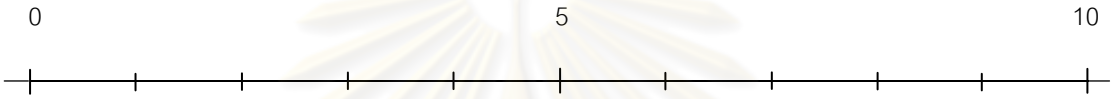
ชื่อ ..... วันที่ .....

คำแนะนำ : กรุณาพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่าง แล้วลากเส้นตรงแนวดิ่งตั้งฉากกับเส้นสเกลในแนวนอน พร้อมทั้งใส่รหัสกำกับตัวอย่างไว้บนเส้นที่ท่านลาก

รหัสตัวอย่าง _____

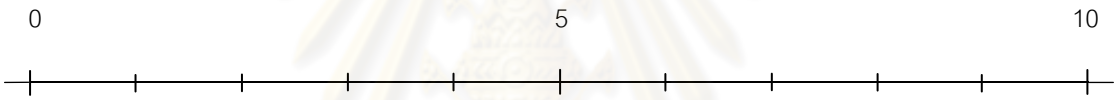
ลักษณะปรากฏ

1. สีของเครื่องดื่ม



สีขาว สีขาวครีม

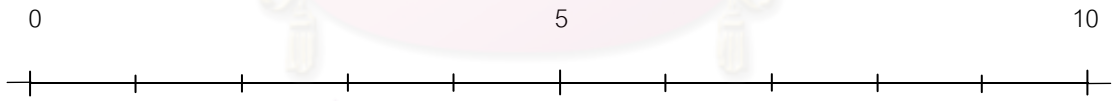
2. ความเป็นเนื้อเดียวกัน



ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเลย เป็นเนื้อเดียวกันมาก

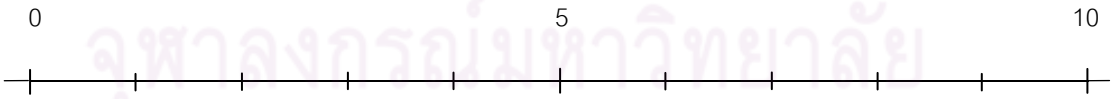
รส

3. รสหวาน



ไม่มีรสหวานเลย มีรสหวานมาก

4. รสแปลกปลอม

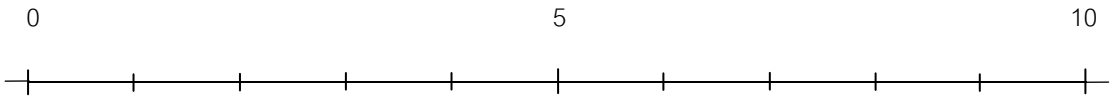


มีรสแปลกปลอมมาก ไม่มีรสแปลกปลอมเลย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

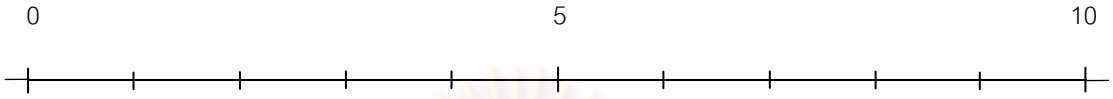
กลิ่นรส

5. กลิ่นรสแมคคาเดเมีย



ไม่มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียเลย มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียมาก

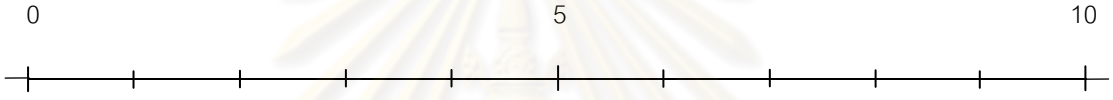
6. กลิ่นรสแปลกปลอม



มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย

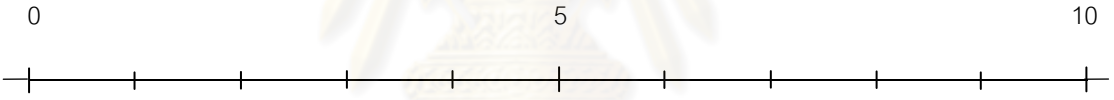
เนื้อสัมผัส

7. ความหนืด



ไม่หนืดเลย หนืดมาก

8. มี mouthfeel (ความมีเนื้อหรือความเข้มข้น ขณะดื่มเครื่องดื่ม)



ไม่มี mouthfeel เลย มี mouthfeel มาก

ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.7 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส descriptive analysis with scaling ที่ใช้ในขั้นตอนศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

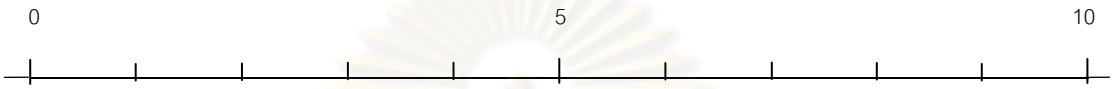
ชื่อ ..... วันที่ .....

คำแนะนำ : กรุณาพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่าง แล้วลากเส้นตรงแนวดิ่งตั้งฉากกับเส้นสเกลในแนวนอน พร้อมทั้งใส่รหัสกำกับตัวอย่างไว้บนเส้นที่ท่านลาก

รหัสตัวอย่าง_____

ลักษณะปรากฏ

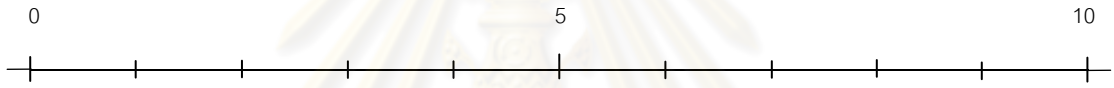
1. สีของเครื่องดื่ม



สีขาว สีขาวครีม

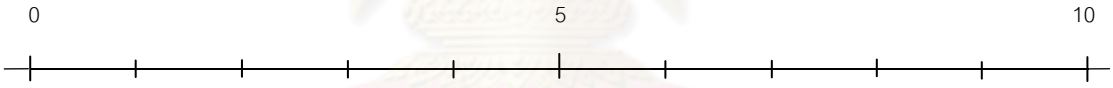
รส

2. รสหวาน



ไม่มีรสหวานเลย มีรสหวานมาก

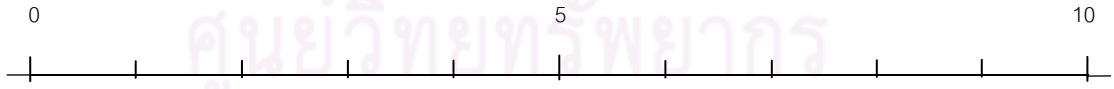
3. รสแปลกปลอม



มีรสแปลกปลอมมาก ไม่มีรสแปลกปลอมเลย

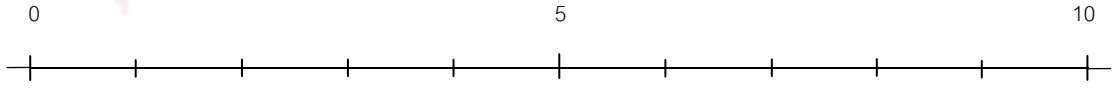
กลิ่นรส

4. กลิ่นรสแมคคาเดเมีย



ไม่มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียเลย มีกลิ่นรสแมคคาเดเมียมาก

5. กลิ่นรสแปลกปลอม



มีกลิ่นรสแปลกปลอมมาก ไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอมเลย

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.8 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียและใช้ในขั้นตอนการศึกษาอายุการเก็บ

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของตัวอย่าง แล้วให้คะแนนด้วยเกณฑ์ดังนี้

กำหนดให้	9	ชอบมากที่สุด
	8	ชอบมาก
	7	ชอบปานกลาง
	6	ชอบเล็กน้อย
	5	เฉยๆ
	4	ไม่ชอบเล็กน้อย
	3	ไม่ชอบปานกลาง
	2	ไม่ชอบมาก
	1	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	**รหัสตัวอย่าง**
ลักษณะปรากฏ	
รส	
กลิ่นรส	
เนื้อสัมผัส	
ความชอบโดยรวม	

ข้อเสนอแนะ_____

_____

_____

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าสีในระบบ L* a* b* และค่าความข่นของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน

source of variance	df	MS				
		TSS	L*	a*	b*	ความข่น
amount of macadamia	4	3.871*	1.072	0.201*	3.217*	481309000.00*
error	10	0.091	3.277	0.004	0.399	2721333.333

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี ความข่น ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรสแมคาเดเมีย และ mouthfeel ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน

source of variance	df	MS				
		สี	ความข่น	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นรสแมคาเดเมีย	mouthfeel
amount of macadamia	4	12.007*	11.570*	3.037*	13.128*	17.426*
panelist	9	10.148	3.996	10.304	4.089	5.865
error	36	0.725	0.505	0.641	0.570	.513

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ สี รส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้ปริมาณแมคาเดเมียต่างกัน

source of variance	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	สี	รส	กลิ่นรส	ความชอบโดยรวม
amount of macadamia	4	5.466*	3.154*	16.784*	16.644*	15.314*
panelist	49	4.354	6.129	4.613	4.425	3.329
error	196	0.648	0.666	1.172	1.052	1.085

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าสีในระบบ L* a* b* และค่าความข้นของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนส์ต่างกัน

source of variance	df	MS				
		TSS	ความข้น	L*	a*	b*
homogenization time	4	0.087*	0.044	1.030*	0.022	0.254
error	10	0.005	0.061	0.221	0.013	0.113

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนส์ต่างกัน

source of variance	df	MS						
		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
homogenize time	4	1159.000*	4.167	4.267	11.067	37.167*	38.667*	51.267*
error	10	2.333	7.267	4.933	4.133	5.133	4.267	2.333

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรตะกอนส่วนล่างเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ใช้เวลาในการโฮโมจิไนส์ต่างกัน

source of variance	df	MS						
		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
homogenize time	4	5.733	8.767*	16.267*	33.600*	48.767*	8.567	8.567*
error	10	1.667	0.933	0.733	1.400	3.533	4.467	1.533

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TSS ค่าความหนืดและค่า pH ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน

source of variance	df	MS		
		TSS	ความหนืด	pH
type and concentration of stabilizer	8	0.005	337.821*	8.475
error	9	0.005	0.197	0.002

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วันของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน

source of variance	df	MS						
		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
type and concentration of stabilizer	8	0.000	2307.889*	4010.389*	3407.625*	3374.181*	3093.125*	2845.125*
error	9	0.000	1.111	6.278	9.056	8.556	30.111	31.667

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี ความเป็นเนื้อเดียวกัน กลิ่นรส กลิ่นรสแปลกปลอม ความหนืด และ mouthfeel ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน

source of variance	df	MS					
		สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	กลิ่นรสแมคาเดเมีย	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความหนืด	mouthfeel
type and concentration of stabilizer	3	0.605*	0.006	1.182*	0.082	25.203*	26.032*
panelist	9	1.866	3.601	2.278	2.651	3.376	2.645
Error	27	0.199	0.020	0.290	0.088	0.957	0.950

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดและความเข้มข้นต่างกัน

source of variance	df	MS				
		ลักษณะปรากฏ	รส	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
type and concentration of stabilizer	4	5.466*	3.154*	16.784*	16.644*	15.314*
panelist	49	4.354	6.129	4.613	4.425	3.329
error	196	.648	.666	1.172	1.052	1.085

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ L* a* b* ในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ผ่านการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

Source of variance	df	MS		
		L*	a*	b*
temp (A)	2	0.085	0.182	0.248*
time (B)	2	0.002	0.043	0.101*
AxB	4	0.026	0.010	0.005
error	9	1.057	0.118	0.014

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH และ ปริมาณกรดทั้งหมดของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

source of variance	df	MS	
		pH	ปริมาณกรดทั้งหมด
storage time	7	0.0004	0.548*
error	16	0.0003	0.125

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

		t	df	sig. (2-tailed)
น้ำตาลรีดิวซ์	equal variances assumed	6.781	4	0.003
น้ำตาลซูโครส	equal variances assumed	6.847	4	0.002

ตารางที่ ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีในระบบ L* a* b* ของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

source of variance	df	MS		
		L*	a*	b*
storage time	7	0.113*	0.094*	0.292*
error	16	0.005	0.010	0.033

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling ด้านสี รสหวาน รสแปลกปลอม กลิ่นรสแมคาเดเมีย กลิ่นรสแปลกปลอมของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน

source of variance	df	MS				
		สี	รสหวาน	รสแปลกปลอม	กลิ่นรสแมคาเดเมีย	กลิ่นรสแปลกปลอม
storage time	3	0.263*	0.676*	0.005	2.095*	0.009
panelist	9	0.428	0.473	0.133	0.403	0.669
Error	27	0.071	0.126	0.027	0.383	0.010

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ค.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ของคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ รส กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน

		t	df	sig. (2-tailed)
ลักษณะปรากฏ	equal variances assumed	0.573	98	0.568
รส	equal variances assumed	0.806	98	0.422
กลิ่นรส	equal variances assumed	1.300	98	0.197
เนื้อสัมผัส	equal variances assumed	1.223	98	0.224
ความชอบโดยรวม	equal variances assumed	0.782	98	0.436

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดลองเพิ่มเติม

ตารางที่ ง.1 ผลของเวลาในการโฮโมจิไนส์ต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน

เวลาในการ homogenize (min)	ปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบน (%)						
	1 วัน	2 วัน^{ns}	3 วัน^{ns}	4 วัน^{ns}	5 วัน	6 วัน	7 วัน
6	37.3^{a}±2.5	31.7±2.5	30.3±2.9	27.7±2.3	24.7^{b}±2.5	24.0^{b}±1.7	24.0^{c}±1.7
8	34.3^{b}±2.3	31.3±2.1	29±2.6	27.3±2.5	26.0^{b}±2.6	25.3^{b}±2.5	24.0^{c}±1.0
10	0.0^{c}±0.0	32.7±3.1	31.7±1.5	31.3±1.5	31.0^{a}±1.7	29.3^{a}±0.6	28.7^{b}±1.2
12	0.0^{c}±0.0	33.7±3.1	31±1.7	29.3±2.1	30.3^{a}±2.9	30.3^{a}±3.1	33.0^{a}±2.0
14	0.0^{c}±0.0	34.0±2.6	32±2.0	31.3±1.5	33.0^{a}±1.0	32.7^{a}±1.5	31.3^{ab}±1.5

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 ผลของเวลาในการโฮโมจิไนส์ต่อปริมาตรตะกอนส่วนล่างของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียเมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน

เวลาในการ homogenize (min)	ปริมาตรตะกอนส่วนล่าง (%)						
	1 วัน^{ns}	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน^{ns}	7 วัน
6	6.3±1.5	7.0^{a}±1.0	7.7^{a}±0.6	10.7^{a}±1.2	11.7^{a}±2.9	11.7±2.9	11.0^{a}±1.7
8	5.3±1.5	6.0^{ab}±1.0	7.7^{a}±1.2	9.0^{ab}±1.7	11.0^{a}±2.6	11.0±2.6	10.7^{ab}±1.2
10	4.7±1.5	4.3^{bc}±1.2	4.3^{b}±1.2	7.7^{b}±1.5	9.3^{a}±1.2	10.0±0.0	10.0^{ab}±0.0
12	4.0±1.0	4.0^{c}±1.0	3.7^{bc}±0.6	3.7^{c}±0.6	4.0^{b}±1.0	8.0±2.0	8.3^{bc}±1.6
14	2.7±0.6	2.7^{c}±0.6	2.7^{c}±0.6	3.0^{c}±0.0	3.0^{b}±0.0	8.0±1.7	7.0^{c}±1.0

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร a,b,c ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวต่อปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบนของเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย เมื่อตั้งทิ้งไว้ 7 วัน

สารเพิ่มความคงตัว		ปริมาตรอนุภาคแขวนลอยส่วนบน (%)						
ชนิด	ความเข้มข้น (%)	1 วัน^{ns}	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน^{ns}	7 วัน
แซนแทนกัม	0.03	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	86.0^{a}±2.8	79.5^{a}±3.5	76.0^{a}±2.8
	0.05	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{c}±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0
	0.07	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0
กัวร์กัม	0.15	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	96.5^{a}±2.1	91.5^{a}±2.1	87.5^{a}±2.1	83.0^{a}±4.2	78.0^{a}±4.2
	0.20	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{d} ±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0
	0.25	0.0±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{d}±0.0	0.0^{d}±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0	0.0^{c} ±0.0
คาร์ราจีแนน	0.03	0.0±0.0	62.0^{b}±2.8	60.0^{c}±7.1	56.0^{c}±8.4	54.5^{b}±7.8	58.5^{b}±14.8	57.5^{b}±13.4
	0.05	0.0±0.0	89.0^{a}±1.4	79.0^{b}±1.4	63.5^{b}±2.1	58.0^{b}±1.4	54.0^{b}±4.2	50.5^{b}±7.8
	0.07	0.0±0.0	0.0^{c}±0.0	95.0^{a}±0.0	90.5^{a}±0.7	87.0^{a}±1.4	85.0^{a}±1.4	83.0^{a}±4.2

ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ภาพอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้

รูปที่ จ.1 เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกที่ใช้ในการบีบน้ำมันออกจากแมคาเดเมีย

รูปที่ จ.2 แมคาเดเมียที่ผ่านการบีบอัดน้ำมันออก

รูปที่ จ.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมนภัทร องค์สรณะคม เกิดเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ.2527 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร จากภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2549

รายการสิ่งเผยแพร่ผลงาน

มนภัทร องค์สรณะคม, สุวรรณา สุภิมารส และ นินนาท ชินประหัษฐ์. 2551. การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมีย. ใน <u>การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12 (ภาคบรรยาย)</u>. วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2552 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย