

การผลิตโพรเซสซีสบล็อกจากนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย



นางสาวสุภาณิดา พัฒนธร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0481-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

120503660

PRODUCTION OF PROCESSED CHEESE BLOCK FROM MARKET RETURNED UHT MILK



Miss Supanida Pattom

สถาบันวิทยบริการ

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

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0481-1

สุภณิดา พัฒนธร : การผลิตโพรเซสชีสบล็อกจากนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย.

(PRODUCTION OF PROCESSED CHEESE BLOCK FROM MARKET RETURNED UHT MILK) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุวรรณา สุภิमारส,

อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.นินนาท ชินประหัชชรุ้, 136 หน้า. ISBN 974-13-0481-1

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะและวิธีการที่เหมาะสมในการนำนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย (ก่อนหมดอายุตามวันที่ระบุไว้บนกล่องประมาณ 1-3 เดือน) มาผลิตเป็นโพรเซสชีสบล็อก เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของนมยูเอชทีรสจืดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง พบว่านํานมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีลิ้มนม ไม่เกิดเจล ไม่มีการแยกชั้นของไขมัน มีสีขาวครีม กลิ่นหอมนมปกติ pH 6.45 ความชื้น 88.67% โปรตีน 3.03% ไขมัน 2.87% คาร์โบไฮเดรต 4.71% และเถ้า 0.72% จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมลิ้มนม โดยใช้ความร้อนร่วมกับการเติมกรดโดยตรง ศึกษากรด 3 ชนิดคือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เพื่อหาอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสมของกรดทั้ง 3 โดยแปร pH เป็น 3 ระดับ และอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ พบว่าลิ้มนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าลิ้มนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริก ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับลิ้มนมที่ปรับ pH ด้วยกรดแลคติก ($p > 0.05$) มีความชื้นต่ำ และเป็นกรดที่มีราคาถูกกว่ากรดแลคติก ดังนั้นในการเตรียมลิ้มนมจึงใช้กรดอะซิติกในการปรับ pH เป็น 4.7 และใช้ความร้อนระดับ 80 °C และยังพบว่ากรดเติม $CaCl_2$ 0.02% ของน้ำหนักนํานมทำให้ได้ลิ้มนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อนําลิ้มนมที่ได้มาผลิตโพรเซสชีสบล็อกพบว่าโพรเซสชีสบล็อกที่ใช้ carrageenan : xanthan gum อัตราส่วน 0.7:0.3 เป็น gelling agent ได้คะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ($p \leq 0.05$) การปรับปรุงรสชาติของโพรเซสชีสบล็อกโดยเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ในอัตราส่วน 2 : 1 ลงไป 15 % และปริมาณเกลือ 0.5 % ของน้ำหนักลิ้มนมจะทำให้ได้คะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ($p \leq 0.05$) โพรเซสชีสบล็อกที่พัฒนาได้นี้มี องค์ประกอบทางเคมีคือ ความชื้น 60.02% โปรตีน 13.18% ไขมัน 8.80% คาร์โบไฮเดรต 13.46% และเถ้า 4.54% และในการศึกษาระยะเวลาเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสมบัติทางประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อกที่เตรียมโดยเติม potassium sorbate (0.1% ของน้ำหนักลิ้มนม) เป็นสารกันเสีย เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุง PET / PE / AI / PE / LLDPE ที่ภาวะสุญญากาศ (0.95 บาร์) ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสด้าน hardness ลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อกที่พัฒนาขึ้นเก็บได้อย่างน้อย 6 สัปดาห์ โดยผู้ทดสอบให้ความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 6 พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 300 โคโลนี/กรัม

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต... สุภณิดา พัฒนธร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา... [ลายมือ]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม... [ลายมือ]

4172503423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: PROCESSED CHEESE BLOCK / MARKET RETURNED UHT MILK / HEAT COAGULATION / DIRECT ACIDIFICATION / GELLING AGENT

SUPANIDA PATTORN : PRODUCTION OF PROCESSED CHEESE BLOCK FROM MARKET RETURNED UHT MILK.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr.Ing.,

THESIS COADVISOR : ASSOC. PROF. NINNART CHINPRAHAST, Ph.D., 136 pp.

ISBN 974-13-0481-1

This research was performed in order to study the conditions and methods suitable for the production of processed cheese block from market returned UHT milk; i.e. 1-3 months before expiry date printed on the package. Physical and chemical properties of the milk raw material were: homogeneous appearance, no curd, no gelation, no fat separation, creamy white color and normal milk odor and pH 6.45, moisture content 88.67%, protein 3.03%, fat 2.87%, carbohydrate 4.71% and ash 0.72%, respectively. Curd preparation by varying pH and temperature (at 3 levels) for each type of acid namely acetic, citric and lactic acid. It was found that curds prepared from acetic acid had significantly ($p \leq 0.05$) higher protein content than those prepared from citric and but not from lactic acid. These curds had low moisture content and acetic acid is cheaper than lactic acid; therefore, curd preparation was suitably fulfilled by using acetic acid at pH 4.7 and heat coagulation at 80°C together with an addition of CaCl₂ (0.02% weight of the milk) and the resultant curd had significantly ($p \leq 0.05$) highest protein curd. Processed cheese block prepared by an addition of carrageenan : xanthan gum (0.7:0.3) as gelling agent received the significantly ($p \leq 0.05$) highest overall liking score. Flavor improvement with carrot : onion (2:1) at 15% and salt (0.5%) also resulted in the product with the significantly ($p \leq 0.05$) highest overall liking score. The developed processed cheese block had the following chemical compositions: moisture content 60.02%, protein 13.18%, fat 8.80%, carbohydrate 13.46% and ash 4.54%, respectively. Storage test of the product (added with 0.1% potassium sorbate as a preservative) was conducted to investigate alterations in physical, sensory and microbiological properties by packing the samples in PET / PE / Al / PE / LLDPE bags under vacuum (0.95 bar) and keeping them at 5°C for 8 weeks. It was evident that hardness decreased as the storage time increased and the developed processed cheese block could be kept for at least 6 weeks; i.e. its overall liking score being between "like slightly" and "like moderately" and total plate count being higher than 300 CFU/g. after the sixth week.

Department Food Technology
Field of study Food Technology
Academic year 2000

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา สุภิมารส อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ชินประห์ษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จ สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทร์วัฒน์ ในฐานะประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล และคุณสุรพล เนียมสะอาด ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็น กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์เพื่อทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้

- ผู้จัดการบริษัท โฟร์โมสต์ฟู้ดแลนด์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ ตัวอย่างนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย
- ผู้จัดการบริษัท โลเดีย (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ disodium phosphate
- ผู้จัดการบริษัท SKW Biosystems Asia-Pacific Pte Ltd. ที่ให้ความอนุเคราะห์ gelling agent
- คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยเกษตรกรรม ที่กรุณาให้ผู้วิจัยใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อทำงานวิจัย โปรแกรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน ราชภัฏจันทรเกษม และภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่กรุณา ให้ใช้เครื่อง Texture Analyzer
- คณะกรรมการบัณฑิตวิทยาลัย ที่พิจารณาให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยบางส่วน
- คุณปรัชญา เปรมปราณีรัชต์ ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาบทความในวารสารจากต่าง ประเทศ
- เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่ช่วยสนับสนุนในด้านการเงินเป็นกำลังใจ อย่างที่สุด และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน แก่ผู้วิจัยเสมอ ทำให้งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี

สุกัญญา พัฒนธร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฉก
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
3. การทดลอง.....	42
4. ผลการทดลอง.....	53
5. วิจัยณ์ผลการทดลอง.....	92
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	105
รายการอ้างอิง.....	107
ภาคผนวก.....	113
ภาคผนวก ก.....	114
ภาคผนวก ข.....	120
ภาคผนวก ค.....	128
ภาคผนวก ง.....	135
ประวัติผู้เขียน.....	136

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	องค์ประกอบและคุณสมบัติของโปรตีนในนมวัว..... 3
2.2	ปริมาณวิตามินในน้ำนม และ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อน..... 15
2.3	เนยแข็งชนิดต่าง ๆ ในโลกที่ผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับกรดโดยตรง..... 24
2.4	การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการใน 100 กรัมของ LAW cheese กับเนยแข็งเชดดาร์..... 28
4.1	ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของนมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ..... 53
4.2	ผลการวิเคราะห์หั่นนมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ..... 53
4.3	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 54
4.4	ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 55
4.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 55
4.6	ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH..... 56
4.7	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 57
4.8	ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 58
4.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ..... 58
4.10	ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH..... 59
4.11	ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ..... 59

ตารางที่	หน้า
4.12 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่แปรรูประดับ pH และระดับอุณหภูมิ.....	60
4.13 ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่แปรรูประดับ pH และระดับอุณหภูมิ.....	61
4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่แปรรูประดับ pH และระดับอุณหภูมิ.....	61
4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH.....	62
4.16 ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ.....	62
4.17 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรชนิดกรด.....	63
4.18 ค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการแปรชนิดกรด.....	63
4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการแปรชนิดกรด.....	64
4.20 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรปริมาณ $CaCl_2$	65
4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรปริมาณ $CaCl_2$	65
4.22 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์ไพโรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	66
4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์ไพโรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	67
4.24 ค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์ไพโรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, adhesiveness, springiness และcohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	68
4.26 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศ ¹ ลี ¹ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	69
4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านฟองอากาศ ลี และความชอบรวม ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	69
4.28 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	70
4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านเนื้อสัมผัส ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	70
4.30 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle test ของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG.....	71
4.31 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ความชื้น และค่าเฉลี่ยลี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	72
4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยลี(L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN....	72
4.33 ค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	73
4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, adhesiveness, springiness และcohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	73
4.35 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศ ¹ ลี ¹ และความชอบรวม ¹ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	74

ตารางที่	หน้า
4.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านฟองอากาศ สี และความชอบรวม ที่ได้จากการ แปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ (XAN).....	74
4.37 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	75
4.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านเนื้อสัมผัส ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วม กับ XAN.....	75
4.39 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle test ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีส บล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN.....	76
4.40 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีส บล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan.....	77
4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan	77
4.42 ค่าเฉลี่ยค่า hardness, chewiness, springiness และ cohesiveness ของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan.....	77
4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยค่า hardness, chewiness, springines และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan.....	78
4.44 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศ ¹ สี ¹ และความชอบ รวม ¹ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วม กับ K-carrageenan	78
4.45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ฟองอากาศ สี และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปร ชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan.....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ฎ

ตารางที่	หน้า
4.46	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับK-carrageenan 79
4.47	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับK-carrageenan..... 79
4.48	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ^ก กลิ่น ^ข และกลิ่นรส ^ค และความชอบรวม ^ง ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่..... 80
4.49	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และสี ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่..... 81
4.50	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่..... 81
4.51	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ^ก สี ^ข กลิ่น ^ค กลิ่นรส ^ง และความชอบรวม ^ด ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่..... 82
4.52	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และสี ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่..... 83
4.53	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่..... 83
4.54	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ^ก เนื้อสัมผัส ^ข และความชอบรวม ^ค ของผลิตภัณฑ์โพเรซซีสบล็อกที่ได้จากการแปรปริมาณเกลือ..... 84

ตารางที่	หน้า
4.55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อคที่ได้จากการแปรปริมาณเกลือ.....	84
4.56 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	85
4.57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	86
4.58 ค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, springiness และcohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	86
4.59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยhardness, chewiness, springiness และcohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	86
4.60 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ^ก กลิ่นรส ^ข และความชอบรวม ^ค ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	89
4.61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน..	89
4.62 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	90
4.63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อคด้านเนื้อสัมผัส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	90
4.64 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	91
4.65 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค.....	91
ง.1 Statistical Chart Triangle test, difference analysis.....	135

สารบัญรูป

รูปประกอบที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้าง casein-micelle และ submicelle.....	8
2.2 ตำแหน่งที่เอนไซม์เรนินเข้าทำปฏิกิริยากับ K-casein.....	19
2.3 การเกิดลิมนมโดยเอนไซม์เรนิน	20
2.4 โครงสร้างธรรมชาติของเวย์โปรตีน และเวย์โปรตีนที่ denature.....	22
2.5 การเกิด whey-protein-casein-complex.....	23
2.6 ผังแสดงการผลิต Paneer.....	26
2.7 ผังแสดงการผลิต Chhana.....	27
2.8 ผังแสดงการผลิต LAW cheese (Queso Blanco).....	29
2.9 ปฏิกริยาการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง Ca – paracasein complex กับ emulsifying salt.....	32
2.10 Schematic of emulsifying protein	33
2.11 สูตรโครงสร้าง carrageenan.....	36
2.12 Carrageenan synergy with milk protein.....	37
2.13 Ionic interaction of carrageenan and K-casein ; $pH \geq$ isoelectric point.....	38
2.14 K-carrageenan / locust bean gum synergism (2.5% total gum concentration).....	38
2.15 Segment of a galactomannan chain.....	39
2.16 Model proposed for interaction between double-helical chains of K-carrageenan (C) and ordered galactomannan chains (G).....	40
2.17 Primary structure of xanthan gum	41
4.1 ค่าเฉลี่ย hardness ของโพรเซสซีสบล๊อคที่แปรสัดส่วนของ CGN : LBG.....	68
4.2 ค่าเฉลี่ย hardness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	87
4.3 ค่าเฉลี่ย springiness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน.....	88
ค.1 ลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก(pH 4.7 อุณหภูมิ 80°C) กรดซิตริก (pH 4.7 อุณหภูมิ 70°C) และกรดแลคติก(pH 5.0 อุณหภูมิ 70°C).....	128
ค. 2 ลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	129
ค. 3 ลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนเป็น 70°C และใช้กรดอะซิติกปรับ pH ที่ระดับต่าง ๆ	129

รูปประกอบที่	หน้า
ค.4 โพรเซสซีสบล็อกที่ใช้ carrageenan ร่วมกับ xanthan gum และ carrageenan ร่วมกับ locust bean gum เป็น gelling agent ที่สัดส่วน 0.7 : 0.3.....	130
ค. 5 โพรเซสซีสบล็อกที่พัฒนาขึ้นได้.....	131
ค. 6 เครื่องวัดสี Minolta Chroma Meter	132
ค. 7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texture Analyzer, TA-XT2i).....	132
ค.8 กราฟแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis.....	133
ค. 9 Hand Homogenizer.....	134



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์

จากการขยายตัวทางการตลาดอย่างรวดเร็วของนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้หลากหลายมากกว่านมยูเอชที (บริษัทคู่แข่งจำกัด (มหาชน), ศูนย์วิจัยคู่แข่ง, 2538) ส่งผลทำให้เกิดการตกค้างของนมยูเอชทีที่หมดอายุทางการจำหน่าย ซึ่งผู้ผลิตจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการกับนมส่วนนี้ ทั้งยังอาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงจึงเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย นานาทยา พุทธิพลโสธร (2541) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์นมยูเอชทีพบว่านมยูเอชทีที่ก่อนจะถึงวันหมดอายุตามที่ระบุไว้บนกล่อง 1-3 เดือนยังคงมีลักษณะทางกายภาพและทางจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2521) ดังนั้นการที่จะนำนมยูเอชทีที่มีอายุดังกล่าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จึงสามารถทำได้ เพราะในน้ำนมยังคงมีองค์ประกอบทางอาหารที่มีคุณค่าอยู่ โดยเฉพาะโปรตีนในนมที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิด (Scott, 1981) เนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์นมที่สามารถถนอมคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมได้เกือบครบถ้วนและมีอายุการเก็บที่นานโดยองค์ประกอบในน้ำนมที่มีบทบาทต่อกระบวนการผลิตเนยแข็งนั้นคือ โปรตีน ซึ่งจากกระบวนการผลิตนมยูเอชทีที่มีการให้ความร้อนแก่น้ำนมไม่ต่ำกว่า 133°C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วินาที (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530) ทำให้เกิดการเสียสภาพเดิมของโปรตีน เช่น เมื่อนมได้รับความร้อนเวย์โปรตีนบางส่วนเกิดการเสียสภาพและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับเคซีน ทำให้ความสามารถของเคซีนในการเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์เรนเนทและจับกับแคลเซียมลดลงไป (Bylund, 1995) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดขึ้นเพื่อศึกษาการ recover โปรตีนโดยใช้ความร้อนร่วมกับการเติมกรดโดยตรงเพื่อทำให้เกิดลิ้มรสซึ่งเป็นกระบวนการในการทำเนยแข็งที่มีบทบาทและเป็นที่ยอมรับมากในยุโรปและอเมริกาเหนือ เนื่องจากให้ผลผลิตสูง ใช้เวลาการผลิตสั้น และต้นทุนการผลิตต่ำ (Chandan, 1991)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมลิ้มรสเพื่อใช้ผลิตโพรเซสชีสบล๊อค
2. ศึกษาหาสัดส่วนและชนิด gelling agent ที่เหมาะสมในการผลิตโพรเซสชีสบล๊อค
3. ศึกษาการปรับปรุงรสชาติโพรเซสชีสบล๊อค
4. ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์

2.1 นมและองค์ประกอบของน้ำนม

นมเป็นอาหารชนิดแรกและดีที่สุดสำหรับลูกสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งรวมถึงมนุษย์ และมนุษย์ที่โตแล้วก็ยังใช้นมจากสัตว์โดยเฉพาะนมโคเป็นแหล่งของโภชนาการอีกด้วย น้ำนมมีองค์ประกอบดังนี้

องค์ประกอบของน้ำนม

● โปรตีนนม

ในนมวัวมีโปรตีนประมาณ 3.0-3.5% ขององค์ประกอบทั้งหมด (Cheeseman, 1975) ส่วนใหญ่โปรตีนนมประกอบด้วยกรดอะมิโนมากกว่า 150 หน่วย คุณสมบัติของโปรตีนนมขึ้นอยู่กับกรดอะมิโนที่ประกอบอยู่ในโมเลกุล ตลอดจนการจัดเรียงลำดับในเส้นโพลีเปปไทด์

โปรตีนนมแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ เคซีน (casein) และเวย์โปรตีน (whey protein) องค์ประกอบและคุณสมบัติของโปรตีนที่สำคัญแสดงดังตารางที่ 2.1

เคซีน (Casein)

เคซีนจัดเป็นฟอสโฟโปรตีน(phosphoprotein) ซึ่งมีประมาณ 80% ของโปรตีนนมทั้งหมด หรือประมาณ 2.5-3.2% ของน้ำนม เคซีนมีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ 0.85% กำมะถัน 0.78% มีซิสเตอีน(cysteine) 0.09% เมไทโอนีน(methionine) และโพรลีน(proline) ในปริมาณสูง สำหรับฟอสฟอรัสที่พบจะอยู่ในรูปของฟอสเฟตเอสเทอร์กับกรดอะมิโนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล(hydroxyl group) เช่น ซีรีน(serine) และธรีโอนีน(threonine) (Jenness and Patton, 1976)

องค์ประกอบของเคซีน

เมื่อแยกสารโพลีเปปไทด์ในเคซีนด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส พบว่าเคซีนมีส่วนประกอบหลัก 4 ชนิดคือ (Aguilera and Stanley, 1990)

แอลฟาเอส-เคซีน (α_s -Caseins) จัดเป็นกลุ่ม calcium-sensitive casein มีประมาณ 50-55% ของเคซีนทั้งหมดแบ่งเป็นชนิดย่อยได้ 6 ชนิดคือ α_{s0} , α_{s1} , α_{s2} , α_{s3} , α_{s4} , α_{s5} (Brunner, 1977)

ซึ่ง α_{s1} -casein มี 4 ชนิดคือ A, B, C และ D (Cheeseman, 1975) ชนิดที่มีความสำคัญคือ α_{s1} -caseinA และ α_{s1} -caseinB โดยแต่ละชนิดมีลำดับของกรดอะมิโนต่างกัน ทำให้การเคลื่อนที่ในเจลแตกต่างกันเนื่องจากปริมาณประจุสุทธิที่ต่างกัน โดยการเคลื่อนที่ของ A>D>B>C อีกทั้งยังมีผลต่อคุณสมบัติของ α_{s1} -casein โดยจะเห็นว่ามี hydrophobic group

ของโพรตีนกระจายอยู่ทั่วไปซึ่งเป็นการจำกัดการเกิดโครงสร้างระดับทุติยภูมิ α_{s1} -casein เป็นโครงสร้างที่แข็งแรง และเป็นโครงสร้างพื้นฐานของไมเซลล์ (Brunner, 1977)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบและคุณสมบัติของโปรตีนในนมวัว

Component	Approximate concentration		Genetic Variants	Approximate Molecular Weight	Groups Per Mole		
	% of skim milk protein	G/liter			pl	P	-S-S
Casein	78-85	27.2			4.6		
α_{s1} -caseins	45-55	13.6	A,B,C,D,	23,500	5.1	8	0
β -caseins	25-35	8.2	A ¹ ,A ² ,A ³ ,B, C,D	24,000	5.3		
κ -caseins	8-15	4.1	A,B	19,000	3-4.2	5	0
γ -caseins	3-7	1.4			5.8	1	0
γ_1			A ¹ ,A ² ,A ³ ,B	20,500		1	0
γ_2			A ^{log2} ,A ³ ,B	11,800		0	0
γ_3			A ^{1,2or3} ,B	11,500		0	0
Whey protein	15-25	6.8					
β -Lactoglobulin	7-12	3.6	A,B,C,D,	18,300	5.3	0	2
α -Lactalbumin	2-5	1.7	A,B	14,200	5.1	0	4
Immunoglobulins	1.5-2.5	0.6			4.6-6.0	0	Present variable
IgG ₁ ,IgG ₂				160,000	(monomer)		
IgM				900,000	(pentamer)		
IgA				400,000	(dimer)		
FSC				70,000	4.7	0	
Serum albumin	0.7-1.3	0.4		69,000	3.7	0.5-2.0	17
Proteose-peptone	2.0-4.0	0.7		4,000-40,000			0

ที่มา: Brunner, 1977

เบตา-เคซีน (β -casein) เป็นโปรตีนที่มีมากเป็นอันดับสองของโปรตีนนม มีประมาณ 30-35% ของเคซีนทั้งหมด แม้ว่า β -casein จะตกตะกอนได้ด้วยแคลเซียม แต่จะไม่ตกตะกอนที่ความเข้มข้นเดียวกับที่ใช้ตกตะกอน α_{s1} -casein เมื่อ β -casein ตกตะกอนจะอยู่ในรูปคอลลอยด์มากกว่าจะเป็นตะกอนแบบ α_{s1} -casein การจับตัวกันและแยกตัวกันของ β -casein จะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และ pH โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8°C หรือที่ pH ต่ำ

β -casein จะแตกตัวออกอยู่ในรูปโมเลกุลเดี่ยว แต่ที่อุณหภูมิสูงและที่ pH เป็นกลาง β -casein จะอยู่ในรูปโพลิเมอร์ แต่อัตราในการเกิดรูปโพลิเมอร์จะช้ากว่า α_{s1} -casein มาก (Brunner, 1977)

β -casein มี 4 ชนิดคือ A¹, A², B และ C ทุกชนิดประกอบด้วยกรดอะมิโน 209 ยูนิต (Cheeseman, 1975) มีกลุ่มฟอสเฟต 5 กลุ่ม โดย 4 กลุ่มอยู่ที่บริเวณปลายอะมิโนระหว่างกรดอะมิโนที่ 13-21 ของสายโปรตีน ทำให้มีประจุลบที่ส่วนนี้มาก (ประจุสุทธิประมาณ -12 ที่ pH 6.6) ส่วนสายโปรตีนที่เหลือมีประจุสุทธิเป็นศูนย์ ทำให้มีความไม่ชอบน้ำสูง (Walstra and Jenness, 1984) การมีโพสเฟอีนเป็นองค์ประกอบสูงประมาณ 17 โมลเปอร์เซ็นต์ หรือ 1 ใน 6 ของอะมิโนทั้งหมดทำให้ขัดขวางการเกิด alpha helix และ beta sheet ของสายโปรตีน (Dalgleish, 1982)

แกมมา-เคซีน (γ -casein) มีอยู่ประมาณ 5% ของเคซีนทั้งหมดในปี ค.ศ.1976 คณะกรรมการ Milk Protein Nomenclature and Methodology ของ ADSA (Jenness and Patton, 1976) ได้สรุปว่า γ -casein เป็นส่วน β -casein ที่เกิดจากการสลายตัวของ β -casein โดยอาศัยเอนไซม์โปรติเอส แบ่งเป็นชนิดย่อย ๆ ได้ 3 ชนิดได้แก่

γ_1 -casein เกิดจากส่วน β -casein ที่กรดอะมิโนตำแหน่ง ที่ 29-209

γ_2 -casein เกิดจากส่วน β -casein ที่กรดอะมิโนตำแหน่ง ที่ 106-209

γ_3 -casein เกิดจากส่วน β -casein ที่กรดอะมิโนตำแหน่ง ที่ 108-209

γ -casein มีโครงสร้างที่เป็น hydrophobic อย่างมาก จึงมีพฤติกรรมเช่นเดียวกับ β -casein คือการจับตัวและการแตกออกจากกันจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และ pH (Brunner, 1977)

แคปปา-เคซีน (K-casein) มีประมาณ 15% ของเคซีนทั้งหมด เป็นโปรตีนที่มีส่วนของคาร์โบไฮเดรตเชื่อมที่กรดอะมิโน Thr-133 มีโพสเฟอีนในโมเลกุล 12 โมลเปอร์เซ็นต์ และซิสทีอีน 2 โมเลกุล ส่วนปลายอะมิโนของสายโปรตีนเป็นกรดกลูตามิก ซึ่งเมื่อโปรตีนอยู่ในสภาพโมเลกุลเดี่ยวจะอยู่ในรูป cyclic derivative pyroglutamic acid และ K-casein ส่วนใหญ่ในน้ำนมมักต่อกันหลาย ๆ โมเลกุลด้วยพันธะไดซัลไฟด์ในรูปโอลิโกเมอร์ (oligomer) เอนไซม์ไคโมซิน (chymosin, EC.3.4.23.4) และโปรติเอสอื่น ๆ สามารถไฮโดรไลซ์ K-casein ได้อย่างรวดเร็วในตำแหน่ง Phe105-Met106 ให้ส่วนของปลายอะมิโนของโปรตีนเรียกว่า "พาราแคปปาเคซีน" (para-cappa-casein) มีกรดอะมิโน 105 หน่วย และมีซิสทีอีน 2 โมเลกุล และปลายด้านคาร์บอกซิลเรียกว่า "แมคโครเปปไทด์" (macropeptide) ซึ่งมี 2 variant คือ A และ B ส่วนของพาราแคปปา-

เคซีนยังคงอยู่ในโมเลกุลของเคซีนมีประจุสุทธิ +5 ในขณะที่แมคโครเปปไทด์ (มีประจุสุทธิ -8) หลุดอยู่ในสารละลาย (Dalgleish, 1982) ที่ pH เป็นกลาง K-casein มีแคลเซียมเกาะอยู่ 2 โมล ต่อโมลเคซีน และมีความแตกต่างจากเคซีนอื่น ๆ ที่สามารถละลายได้ในสภาพที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนช่วงกว้าง

โครงสร้างของเคซีนไมเซลล์

เคซีนทุกชนิดมีแนวโน้มรวมตัวกันเองในสภาพสารละลายของแต่ละชนิด แต่เมื่อนำเคซีนแต่ละชนิดผสมกันมักเกิดการเกาะเกี่ยวของเคซีนซึ่งกันและกัน เช่นที่ pH เป็นกลาง อุณหภูมิ 37°C ในสภาพที่ไม่มีแคลเซียม α_1 - β -casein โคโพลิเมอร์มีความคงตัวมากกว่าโพลิเมอร์ที่เกิดจากเคซีนชนิดเดียว และ α_1 -K-casein โคโพลิเมอร์มีความคงตัวมากกว่า β -K-casein หรือ K-casein โพลิเมอร์ โดยที่สารประกอบเชิงซ้อนของเคซีนทั้งสองมีความสมดุลกับรูปโมโนเมอร์ในสารละลาย (Walstra and Jenness, 1984)

ไมเซลล์ย่อย (submicelle) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-20 นาโนเมตร น้ำหนักโมเลกุล 250,000-2,000,000 ดาลตัน (Aguilera and Stanley, 1990) ประกอบด้วยโมเลกุลของเคซีนตั้งแต่ 10-100 โมเลกุล ลักษณะการจับตัวเหมือนโปรตีนทรงกลม (globular protein) (Walstra and Jenness, 1984) ที่มีส่วนไม่ชอบน้ำอยู่แกนกลางโดยส่วนของโมเลกุลเคซีนที่ไม่ชอบน้ำหันสู่ภายในและเกาะกันอย่างหลวม ๆ ด้วยพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และ salt linkage (Schmidt, 1982) ส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุลหันออกมาอยู่บริเวณผิวนอกซึ่งเป็นส่วนของโมเลกุลที่แสดงความเป็นกรด เช่นกลุ่มคาร์บอกซิลิกและฟอสฟอริกและกลุ่มที่แสดงความเป็นเบส การรวมตัวกันของไมเซลล์ย่อยแต่ละไมเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของเคซีนที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะส่วน K-casein ทำให้แบ่งไมเซลล์ย่อยได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีและไม่มี K-casein (Ono and Obata, 1989) และยังมีความแตกต่างในการเกิด glycosylation และ phosphorylation ที่แตกต่างกันของ K และ α_2 (Walstra and Jenness, 1984) แต่ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนโมลาร์ของ เคซีนหลักเป็น $\alpha_1 : \beta$ และ $\gamma : \kappa : \alpha_2$ เท่ากับ 8 : 8 : 3 : 2 ภายใต้สภาวะปกติของนม (มีแคลเซียมฟอสเฟต) ไมเซลล์ย่อยแต่ละอันจะรวมตัวเป็นไมเซลล์ โดยมีแคลเซียมฟอสเฟต (colloidal calcium phosphate, CCP) ประมาณ 8% โดยน้ำหนัก เป็นตัวเชื่อมไมเซลล์ย่อย (Schmidt and Morris, 1984) แต่ยังไม่ทราบถึงองค์ประกอบและโครงสร้าง (lattice structure) ที่ชัดเจน (Walstra, 1990)

ลักษณะโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์เป็นแบบเปิดจึงยอมให้สารโมเลกุลเล็ก รวมทั้งไอออนซึมเคลื่อนที่เข้า-ออกได้ (Cheeseman, 1975) ไมเซลล์มีลักษณะทรงกลมผิวไม่เรียบ และมีขนาดที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยเคซีนต่าง ๆ ตั้งแต่ 20-150,000 โมเลกุล (Walstra and

Jenness, 1984) ไมเซลล์ย่อยที่มีสัดส่วนของ K-casein สูงหรือที่ประกอบด้วย α_{s1} และ K-casein มักอยู่บริเวณผิวของไมเซลล์ (Donnelly et al., 1984) ส่วนไมเซลล์ย่อยที่มี α_{s1} และ β หรือมีเฉพาะ α_{s1} พบอยู่แกนกลางของไมเซลล์เป็นส่วนใหญ่ (Ono et al., 1983) casein-micelle สามารถอุ้มน้ำได้สูงโดยมีน้ำประมาณ 3.7 กรัมต่อกรัมโปรตีน (Aguilera and Stanley, 1990) และยังประกอบด้วยโปรตีนชนิดอื่น ๆ อีกปริมาณเล็กน้อยเช่น เอนไซม์ไลเปสในน้ำนม พลาสมีน และส่วนของโปรทีเอส-เปปไทน์ การรวมตัวของไมเซลล์ย่อยเพื่อเป็นไมเซลล์เกิดขึ้นได้ไม่สิ้นสุด จนกระทั่งตกตะกอนหรือเกิดเจลถ้าหากไม่มี K-casein ซึ่งส่วนนี้ทำหน้าที่เป็น protective colloid เนื่องจากสองในสามของปลายอะมิโนของ K-casein เป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ และเกิดการเกาะเกี่ยวกับ α_{s1} ภายในไมเซลล์ย่อย ส่วนปลายด้านคาร์บอกซิลิกของ K-casein มีประจุลบมากมีความชอบน้ำสูง โดยเฉพาะโมเลกุลส่วนคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล K-casein ซึ่งส่วนนี้เป็นเส้นที่ยืดหยุ่นได้ของสายโพลีเมอร์ที่ขดเข้าด้วยกันแบบสุ่ม (Horne, 1989) เมื่อสังเกตจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีความหนาอย่างน้อยที่สุด 5 นาโนเมตร (Walstra, 1990) และสายไปมาได้ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian) ยื่นออกไปรอบ ๆ ไมเซลล์ย่อยทำให้มีคุณสมบัติผลึกกันเนื่องจากโครงสร้างและประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Aguilera and Stanley, 1990) ดังนั้นถ้าหากไม่มีไมเซลล์ย่อยที่มี K-casein เป็นองค์ประกอบสูงหุ้มรอบไมเซลล์แล้วจะทำให้เกิดการรวมตัวของไมเซลล์ได้ตลอดเวลา (Walstra and Jenness, 1984) ไมเซลล์ที่มีองค์ประกอบของ K-casein สูงมีขนาดเล็กกว่าไมเซลล์ที่มี K-casein ในปริมาณที่ต่ำกว่า และมีค่าสหสัมพันธ์อย่างสูงระหว่างสัดส่วนของ K-casein ในไมเซลล์และอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอนุภาค (Dalgleish, 1982) อย่างไรก็ตามภายในไมเซลล์ยังมีไมเซลล์ย่อยที่มี K-casein เป็นองค์ประกอบรวมอยู่บ้าง K-casein สามารถให้ความคงตัวต่อการตกตะกอนด้วยแคลเซียมกับ α_{s1} และ β -casein ได้ประมาณ 10 เท่าของน้ำหนักเคซีนทั้งสอง แต่เคซีนสูญเสียคุณสมบัตินี้เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ไคโมซิน (chymosin) รูปแบบของ casein-micelle แสดงดังรูปที่ 2.1

ในสภาวะสารละลาย casein-micelle อยู่ในสภาวะสมดุลทางไดนามิกระหว่างไมเซลล์และสภาพแวดล้อม (Walstra and Jenness, 1984) คือ

- ระหว่างโมเลกุลเคซีนอิสระและไมเซลล์ย่อย ปริมาณเคซีนอิสระที่อยู่ในสภาพสารละลายจริงมีปริมาณน้อยมาก และเป็นการยากในการตรวจหาปริมาณการปลดปล่อยโมเลกุลเคซีนจากไมเซลล์ย่อย ความสมดุลนี้ขึ้นกับอุณหภูมิเป็นประการสำคัญ โมเลกุลของเคซีนที่ปลดปล่อยจากไมเซลล์ย่อยอาจไม่อยู่ในตำแหน่ง และลักษณะเดิมหลังการรวมกลับสู่ไมเซลล์ย่อยอีกครั้ง

- ระหว่างแคลเซียมและฟอสเฟตที่ละลายและที่อยู่ในไมเซลล์

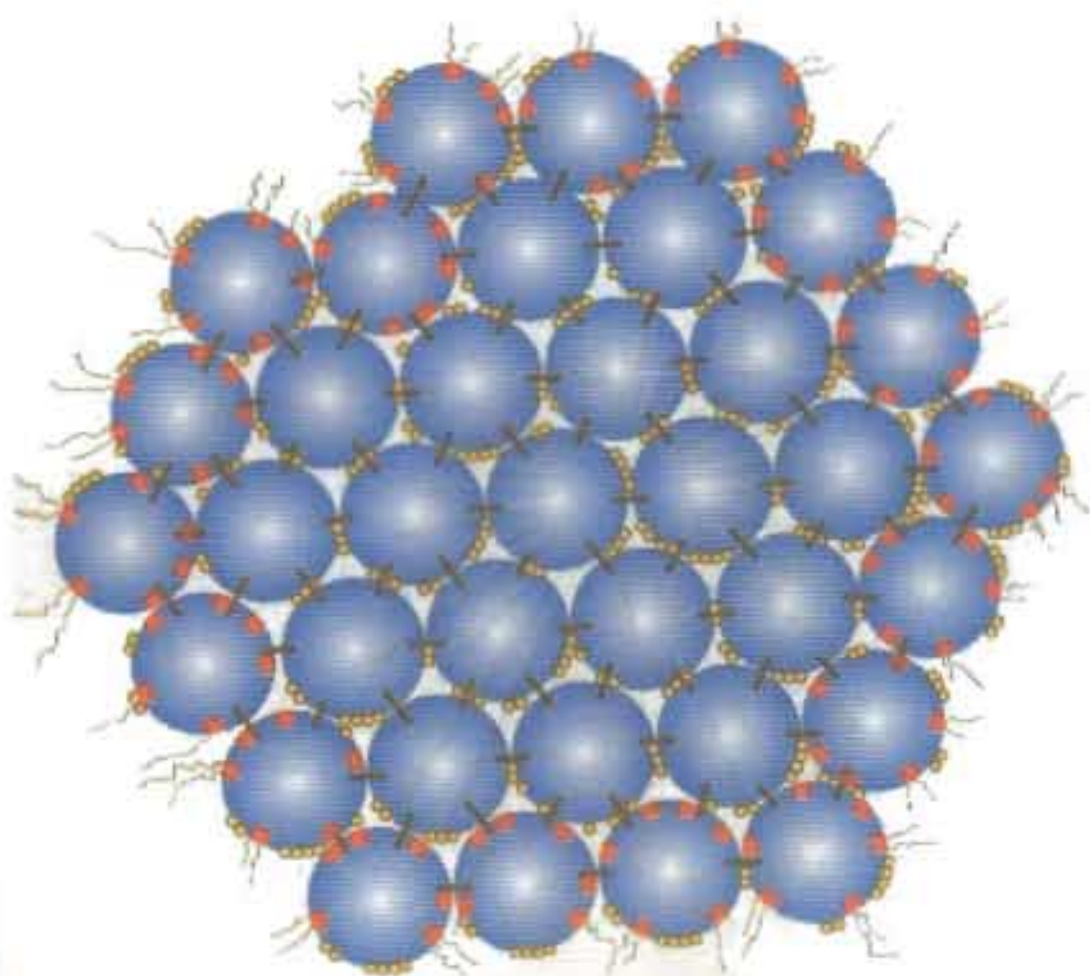
- ระหว่างไมเซลล์และไมเซลล์ย่อย

ความสมดุลของการรวมตัวของไมเซลล์ย่อยมีผลต่อขนาดของไมเซลล์ และถูกจำกัดโดยปริมาณ K-casein และปริมาณแคลเซียมฟอสเฟต นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น pH อุณหภูมิ ปริมาณเกลือในซีรัม เช่น ไมเซลล์ย่อยแยกจากไมเซลล์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง และในขณะเดียวกันความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนลดลงด้วย



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Submicelle



Protruding chain



Calcium phosphate



κ -casein

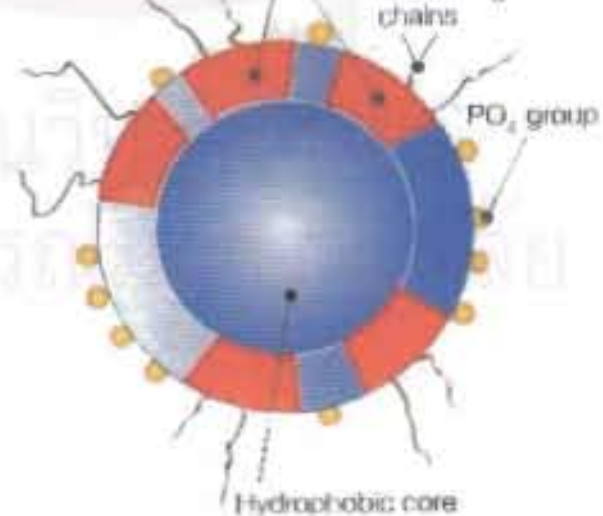


Hydrophobic interactions
(PO_4 groups)

κ casein molecules

Protruding chains

PO_4 group



Hydrophobic core

รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้าง casein-micelle และ submicelle
ที่มา: Bylund (1995)

เวย์โปรตีน (Whey protein) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2527)

เมื่อเคซีนถูกแยกออกจากน้ำนมปราศจากไขมัน ส่วนที่เหลือเรียกว่าเวย์ (whey) หรือ milk serum ในการแยกเคซีนออก ถ้าตกตะกอนด้วยกรดที่ pH 4.6 เวย์ที่ได้จะเป็น "acid whey" ถ้าแยกออกโดยการตกตะกอนด้วยเอนไซม์เรนิน หรือ rennin-like enzyme ส่วนที่เหลือจะเป็น "rennin whey" หรือ "sweet whey" เวย์ทั้งสองชนิดนี้จะแตกต่างกันเล็กน้อย คือ acid whey ไม่มีเคซีนแต่มีแคลเซียมมากกว่า ส่วน sweet whey จะมีการดออะมิโนอิสระมากกว่า และมีส่วนของเคซีนที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์เรนินปนอยู่ด้วย

ในเวย์มีโปรตีนประมาณ 20% ของโปรตีนทั้งหมด แบ่งออกเป็น 2 พวกคือ แอลฟา-แลคตัลบูมิน (α -lactalbumin) และเบตา-แลคโตโกลบูลิน (β -lactoglobulin) โปรตีนทั้งสองชนิดนี้ประมาณ 70-80% ถูกสร้างขึ้นในเต้านม ส่วนที่เหลือมาจากซีรัมอัลบูมิน นอกจากนี้ในเวย์โปรตีนยังมีอิมมูโนโกลบูลิน เอนไซม์ต่าง ๆ และโปรตีนที่ทำหน้าที่เฉพาะในเมตาบอลิซึม เช่น แลคโตเฟอริน ปนอยู่ในเวย์โปรตีนอีกด้วย

แอลฟา-แลคตัลบูมิน (α -Lactalbumin) มีอยู่ประมาณ 25% ของเวย์โปรตีน หรือประมาณ 4% ของโปรตีนทั้งหมด ที่ pH ของน้ำนมประมาณ 6.6 หรือสูงกว่า อยู่ในรูปของโมเลกุลเดี่ยว (monomer)

α -lactalbumin มีหน้าที่เป็น modified protein ใน lactose synthetase system ซึ่งรับผิดชอบต่อการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโทส α -lactalbumin ประกอบด้วยกรดอะมิโน 123 ตัว โมเลกุลค่อนข้างคงตัว เพราะประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ 4 พันธะ ละลายได้ในสารละลายอิมิตัวของแอมโมเนียมซัลเฟต หรือสารละลายอิมิตัวของแมกนีเซียมซัลเฟตที่เป็นกลาง

เบตา-แลคโตโกลบูลิน (β -lactoglobulin) มีอยู่ประมาณ 50-55% ของเวย์โปรตีน β -lactoglobulin เป็นโปรตีนในน้ำนมชนิดแรกที่ตกผลึกได้ เป็นโปรตีนโมเลกุลเดี่ยว เมื่อ pH ต่ำกว่า 3.5 และสูงกว่า 7.5 แต่ถ้า pH อยู่ระหว่าง 3.5-7.5 จะอยู่ในรูปโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 162 ตัว มี 2 ชนิดคือ β -lactoglobulinA และ β -lactoglobulinB ปัจจุบันที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของ β -lactoglobulin ได้แก่ ความเข้มข้นของแคลเซียม pH ที่สูงกว่า 8.6 และถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 65°C ซึ่ง β -lactoglobulinB ถูกทำลายด้วยความร้อนได้เร็วกว่า β -lactoglobulinA และสามารถรวมตัวกับ K-casein ได้เร็วกว่า β -lactoglobulinA การรวมนี้เป็น disulfide interchange การรวมตัวของ K-casein จะช่วยเพิ่มความคงตัวต่อความร้อน และ rennet clotting time ของคอลลอยด์เคซีน

Bovine Serum Albumin มีอยู่ในน้ำนมประมาณ 6% ของเวย์โปรตีน สามารถแยกออกจากรูปร่างและทำให้เป็นผลึกได้ มีส่วนประกอบและลักษณะทางฟิสิกส์เหมือนกับซีรัมอัลบูมินที่อยู่ในเลือด สาเหตุที่มีโปรตีนนี้อยู่ในน้ำนมเชื่อว่าได้รับจากระบบเลือดเหมือนกับ serum immunoglobulin ถ้าเต้านมอักเสบจะมีโปรตีนนี้เพิ่มมากขึ้น

อิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลสูงมีอยู่ในซีรัม ของเหลวต่าง ๆ ภายในร่างกาย และในน้ำนม น้ำเหลืองของวัวก็พบปนอยู่ด้วย มีหน้าที่ช่วยเป็นภูมิคุ้มกันโรคได้ เป็นโปรตีนโมเลกุลเดี่ยวหรือเป็นโพลีเมอร์ของ 4 สาย ซึ่งประกอบด้วย 2 light chain polypeptides และ 2 heavy chain polypeptides ซึ่งจับกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์

Immunoglobulin พบทั้งในซีรัม และในน้ำนมวัวแบ่งเป็น 3 ชนิดคือ IgG(G₁+G₂), IgA และ IgM

Protease-Peptide Fraction เป็นส่วนประกอบของโปรตีนในน้ำนมมีประมาณ 4% ของโปรตีนทั้งหมด และเป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีน มีกรดอะมิโนกลูตามิกและแอสปาร์ติกมาก โปรตีนนี้จะไม่ตกตะกอนเมื่อถูกความร้อน 95°C นาน 20 นาที ในภาวะที่เป็นกรด pH 4.7 แต่จะตกตะกอนด้วยกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้น 12% (w/v)

นอกจากนี้ในเวย์ยังมีโปรตีนอื่น ๆ อีกหลายชนิด แต่มีปริมาณน้อยมาก ซึ่งทราบได้โดยการศึกษาดัวยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิส โปรตีนที่สำคัญได้แก่ แลคโตเฟอริน (lactoferrin) แลคโตลลิน (lactollin) ซีรัมทรานส์เฟอริน (serum transferin) M-1 Glycoprotein

● ไขมันนม

ในทางการค้าไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของนม โดยเฉพาะเกี่ยวกับด้านโภชนาการ ไขมันเป็นแหล่งพลังงานสูง (ประมาณ 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม) นอกจากไขมัน นมยังประกอบด้วยวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ร้อยละ 98-99 ของไขมันนมจะเป็นพวกไตรกลีเซอไรด์ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 1-2 จะเป็นพวกฟอสโฟลิปิด โคลเลสเตอรอล แคลโรทีน และวิตามินเอ ดี อี เค เลซิตินซึ่งเป็นฟอสโฟลิปิดชนิดหนึ่งจะเป็นส่วนสำคัญ โดยจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) สำหรับไขมันนมในนม ส่วนแคลโรทีนเป็นรงควัตถุซึ่งจะทำให้เกิดสีเหลืองในเนยและครีม นอกจากนี้แคลโรทีนยังสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (Nielsen and Ullum, 1989a)

ส่วนโคลเลสเตอรอลในนมมีประมาณ 100-200 ส่วนในล้านส่วน บางส่วนละลายในไขมัน บางส่วนเป็นวิตามินดี ไขมันในนมจะอยู่ในรูปของอนุภาคเล็ก ๆ หากเราตั้งนมทิ้งไว้ประมาณ 12-24 ชั่วโมงโดยไม่มีกรรวน อนุภาคของไขมันจะลอยตัวขึ้นสู่ผิวหน้าและแยกเป็นชั้นของครีมชั้น ซึ่งสามารถนำไปทำเนยสดได้ (Anonymous, 1989)

โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน กลีเซอรอลเป็นอัลกอฮอล์ที่ประกอบด้วยหมู่ OH 3 หมู่ แต่ละโมเลกุลของกลีเซอรอลจะสามารถจับกับหมู่คาร์บอกซิลของโมเลกุลของกรดไขมัน 3 โมเลกุล โดยอาจจับกับกรดไขมันชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ในไขมันนมมีกรดไขมันอย่างน้อย 18 ชนิด ทำให้มีไตรกลีเซอไรด์เป็นจำนวนหลายพันชนิดในไขมันนม (Neilsen and Ullum, 1989a) ในน้ำมันไตรกลีเซอไรด์จะอยู่ในลักษณะของเม็ดไขมัน (fat globules) ที่มีขนาด 2-6 ไมโครเมตร โดยมีสารพวกฟอสโฟลิปิด และโปรตีนหุ้มอยู่โดยรอบ เป็นเยื่อบาง ๆ (cell membrane) รอบไขมัน (Swaisgood, 1996)

กรดไขมันจะประกอบด้วยสายโซ่ของไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon chains) ซึ่งมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ที่ปลายข้างหนึ่ง (Neilsen and Ullum, 1989a) กรดไขมันสามารถแบ่งออกได้เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว กรดไขมันอิ่มตัวจะมีพันธะเดี่ยวระหว่างคาร์บอนอะตอม ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอม ระดับของความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) เป็นสัดส่วนกับจำนวนคาร์บอนอะตอมที่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอม (dehydrogenation) กรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวมากจะจัดเป็น polyunsaturated fatty acid กรดไขมันส่วนใหญ่ในน้ำมันจะมีทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว มีระดับของความไม่อิ่มตัวแตกต่างกันไป ซึ่งทราบได้จากค่าไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine number) ของกรดไขมัน โดยเฉพาะแล้วไขมันนมประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวร้อยละ 60 monounsaturated fatty acid ร้อยละ 38 และ polyunsaturated fatty acid ร้อยละ 2 ชนิดของกรดไขมันที่ประกอบอยู่ในไขมันนมได้รับอิทธิพลจากอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ อาหารสัตว์ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวปริมาณสูงโดยมากมักจะทำให้ปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในไขมันสูงตามไปด้วย สัดส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไขมัน ตลอดจนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ง่ายเช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิลละ, 2531) กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและมักก่อให้เกิดการเหม็นหืนแบบ hydrolytic rancidity ได้แก่ กรดบิวทริก กรดคาปริลิก และกรดคาปริก และในจำนวนกรดไขมันทั้งหมดของไขมันนม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ชนิดระเหยได้ (volatile) และระเหยไม่ได้ (non-volatile) กรดไขมันชนิดระเหยได้อยู่มักจะไม่มีควมคงตัว กรดไขมันชนิดระเหยได้มักสร้างปัญหาหากลิ่นที่ผิดปกติโดยเฉพาะกลิ่นหืนของกรดบิวทริก โดยมีเอนไซม์ไลเปสเป็นต้นเหตุในการทำให้เกิดกลิ่นหืน การไฮโมจีไนเซชัน การกวนหรือการเขย่าจะช่วยเร่งการทำงานของเอนไซม์ ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวโดยปกติแล้วจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการแปรรูปหรือในขณะเก็บ แต่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมักเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย (นิธิยา รัตนานนท์, 2527)

● เกลือและน้ำตาลนม

ส่วนประกอบที่สำคัญของเกลือในน้ำนมคือ คลอไรด์ ฟอสเฟต ซิเตรทและ ไบคาร์บอเนตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Holt, 1985) สารประกอบเชิงซ้อนของเกลือในนมมีขนาดอยู่ในช่วง ultrafilterable รวมถึงไอออนอิสระ และสารประกอบเชิงซ้อนไอออน ซึ่งมีขนาดเป็นคอลลอยด์ และบางส่วนก็จะมีส่วนรวมกับโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ (Swaisgood, 1996)

ไอออนในกลุ่มที่เป็น multivalent ions เช่น Ca^{2+} Mg^{2+} จะเกิดสารประกอบขนาดใหญ่ เป็น Ca-citrate Mg-citrate และ CaH_2PO_4 ส่วนไอออนที่เป็น univalent ion เช่น Na^+ K^+ และ Cl^- มักจะอยู่ในรูปไอออนอิสระ (Swaisgood, 1996)

เกลือที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์จะเกี่ยวพันกับโปรตีนนมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเคซีนไมเซลล์ การเกิดปฏิกิริยานี้ส่งผลต่อความเสถียรและบทบาทของโปรตีนนม ดังนั้นเกลือในนมจึงมีบทบาทและคุณสมบัติที่สำคัญในผลิตภัณฑ์นม (Swaisgood, 1996)

แลคโตส (4-O- β -D-galactopyranosyl-D-glucopyranose) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่พบในนม มีอยู่ประมาณ 50% ของของแข็งในนม แลคโตสเป็นน้ำตาล disaccharide และอยู่ในกลุ่ม reducing sugar ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) ระหว่างหมู่ carbonyl ของแลคโตสกับ ϵ -amino ของกรดอะมิโน lysine เมื่อได้รับความร้อน (Swaisgood, 1996) และอาจเกิดการสลายตัวด้วยความร้อน ซึ่งทำให้เกิดความเป็นกรดในนมร้อนโดยอัตราการเกิดกรดเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของแลคโตส และการเกิดกรด formic และ lactic สัมพันธ์กับการสลายตัวของแลคโตส (Parry, 1974)

● เอนไซม์ในนม

เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นโปรตีน ในนมมีเอนไซม์อยู่หลายชนิดที่สำคัญได้แก่ (Johnson, 1974)

- ไลเปส (Lipase) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยไตรกลีเซอไรด์เป็นกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ โดยความร้อนจะมีผลต่อการทำงานของไลเปสคือจะทำงานได้ด้อยลงไปเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น แต่การให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 73.9 หรือ 85°C เป็นเวลา 30 นาทีก็ยังไม่สามารถยับยั้งการทำงานของไลเปสได้อย่างสมบูรณ์

- คะตะเลส (Catalase) มักพบในนมดิบ คะตะเลสสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นน้ำและออกซิเจน การมีกะตะเลสมากเป็นตัวบ่งบอกได้ถึงการผลิตนมที่มีปริมาณกะตะเลสจึงใช้เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำนมได้ คะตะเลสถูกทำลายได้เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำนมที่อุณหภูมิ 65-75°C เป็นเวลา 30 นาที

- ฟอสฟาเทส (Phosphatase) ย่อยพวกสารประกอบฟอสเฟต ทำให้เกิดแอลกอฮอล์หรือฟีนอล และกรดฟอสฟอริก พบอยู่ในน้ำนมดิบจะถูกทำลายระหว่างการพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้นจึงใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของการพาสเจอร์ไรส์

- แขนทีนออกซิเดส (Xanthine oxidase) เป็นเอนไซม์ที่เติมออกซิเจนหรือย้ายไฮโดรเจนให้กับสับสเตรท (substrate) สามารถยับยั้งเอนไซม์นี้ได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที

2.2 นมยูเอชที

นมยูเอชที (ultra high temperature) หมายถึงนมดิบที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133°C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วินาที ก่อนบรรจุในสถานะและภาชนะที่สะอาดปราศจากเชื้อ และปิดสนิทอากาศผ่านเข้าออกไม่ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม; 2530)

สำหรับนมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ เป็นนมที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบ indirect heating ซึ่งนมที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวและเป็นนมยูเอชทีที่ผ่านการเก็บรักษามาด้วยนั้นองค์ประกอบจะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- โปรตีนในนม

ความร้อนทำให้โครงสร้างของเคซีนไมเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากเกิดการเสียสภาพและรวมตัวกันกับเคซีนไมเซลล์ หรือจากการเคลื่อนย้ายของแคลเซียมฟอสเฟต (Burton, 1988) อีกทั้งทำให้เกิดการเสียสภาพของเวย์โปรตีนบางส่วนและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับเคซีน ส่งผลให้ความสามารถของเคซีนในการเกิดปฏิกิริยากับเอนไซม์เรนเนทและจับกับแคลเซียมลดลง (Bylund, 1995)

การเก็บนมยูเอชทีที่อุณหภูมิ 30-37°C ทำให้กรดอะมิโนไลซีน (lysine) ลดลงไปมาก เนื่องจากไลซีน เกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นไลซีน-อะลานีน (lysine-alanine) และไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก นอกจากนี้การสูญเสียคุณค่าทางอาหารของไลซีน ทำให้เคซีนเกิดโควาเลนต์พอลิเมอร์ไรเซชัน (covalent polymerization) ขึ้นเป็นผลให้เกิดแลคตูโลซิลไลซีน (lactulosyl lysine) และฟรุคโตซิลไลซีน (fructosyl lysine) ซึ่งโควาเลนต์พอลิเมอร์ไรเซชัน จะเกิดมากขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่น ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 6 เดือน เคซีนอาจเกิดการสร้างพอลิเมอร์ได้ถึง 50% และถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 6 เดือน จะเกิดการสร้างพอลิเมอร์ได้ 21% (Burton, 1988)

- ไขมันในนม

การเก็บนมยูเอชทีไว้ที่อุณหภูมิสูง ไขมันอาจมีการเปลี่ยนแปลง คือเกิดการดัดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ (Burton, 1988) อีกทั้งอาจทำให้ไขมันเกิดการแยกชั้น เนื่องจากความหนืดของนมลดลงทำให้อนุภาคไขมันเคลื่อนที่ได้อิสระจึงช่วยให้เกิดการแยกชั้นได้ง่าย (Ramsey and Swartzel, 1984)

- เกลือและน้ำตาลในนม

เกิดการเคลื่อนย้ายของ แคลเซียม แมกนีเซียม ซิเตรท และฟอสเฟตไอออน ระหว่าง casein-micelle และ milk serum ในกระบวนการ UHT และในระหว่างเก็บรักษา แต่ก็ไม่มี การสูญเสียเกลือแร่จากกระบวนการ UHT (Burton, 1988)

แลคโตส เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) โดยหมู่ aldehyde ของแลคโตสทำปฏิกิริยากับหมู่ ϵ -amino ของ lysine ในขณะที่ได้รับความร้อน และปฏิกิริยานี้จะเกิดอย่างช้า ๆ อย่างต่อเนื่องในขณะที่เก็บรักษา ทำให้นมมีสีน้ำตาลมากขึ้น (Swaisgood, 1996)

- เอนไซม์ในนม

ฟอสฟาเทส เป็นเอนไซม์ที่ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการให้ความร้อนโดยจะให้ผลทดสอบเป็นลบ ถ้าการให้ความร้อนนั้นสมบูรณ์ แต่ผลการทดสอบนี้จะให้ผลเป็นบวกหลังจากที่นมนั้นได้ผ่านการเก็บรักษา แสดงว่า ฟอสฟาเทสกลับมาามีปฏิกิริยาอีก (Burton, 1988)

- วิตามินในนม

เมื่อนมผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะมีการสูญเสียของวิตามินซึ่งขึ้นกับความรุนแรงของ ความร้อน และอาจเป็นผลจาก แสง และออกซิเจน ที่นมได้รับทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งในสภาวะทั่วไปวิตามินแต่ละชนิดจะมีการสูญเสียที่ต่างกัันดังตารางที่ 2.2 สำหรับนม ยูเอชทีที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบ indirect heating ซึ่งทำให้มีออกซิเจนละลายอยู่ด้วย จึงเกิดการสูญเสียวิตามินซี และกรดโฟริก โดยจะมีการสูญเสียมากถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15-19°C (พงษ์ วานานุวัธ, 2523) และยังมีผลต่อการสูญเสียวิตามินบี 12 ในระหว่างการเก็บเนื่องจาก oxidative degradation สำหรับวิตามินที่ละลายในไขมันได้แก่ วิตามินเอ ดี และอี จะมีความเสถียรระหว่างการเก็บนมไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่วิตามินเอจะถูกทำลายโดยแสงสว่างถ้าเก็บนม ยูเอชทีไว้ในที่มีแสงสว่างจะมีการสูญเสียวิตามินเอถึง 40% (Ford et al., 1969)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวิตามินในน้ำนม และ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อน

Vitamin	Raw milk content/ 100ml.	Loss (%)		
		Past.	Steril.	UHT
Thiamin	45 μ g	<10	30	10
Riboflavin	180 μ g	ns	ns	ns
Nicotinic acid	80 μ g	ns	ns	ns
Vitamin B ₆	40 μ g	<10	20	10
Vitamin B ₁₂	0.3 μ g	<10	<90	10
Pantothenic acid	350 μ g	ns	ns	ns
Biotin	2.0 μ g	ns	ns	ns
Folic acid	5.0 μ g	<10	50	15
Ascorbic acid	2.0mg	20	90	25
Vitamin A	30 μ g	ns	ns	ns
Vitamin D	22 μ g	ns	ns	ns
Vitamin E	86 μ g	ns	ns	ns
β -carotene	17 μ g	ns	ns	ns

ns = not significant. / Past.= 72°C for 15 s. / Steril.= 115°C for 30 min.

ที่มา: Ford and Thompson (1981)

2.3 เนยแข็ง

นมที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สมบูรณ์มีค่า water activity (a_w) 0.995 และมี pH ระหว่าง 6.5-6.7 (Sherbon, 1988) ทำให้นมเสื่อมเสียได้ง่ายเนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำนมแต่เดิมและที่ปนเปื้อนเข้าไปภายหลัง เนยแข็ง เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ถนอมรักษาคุณค่าทางอาหารที่มีอยู่ในนม และเก็บรักษาไว้ได้นาน

เนยแข็ง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำนม ครีม หางเนย หางนม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างมาผสมกับเอนไซม์หรือกรด หรือจุลินทรีย์ จนเกิดการรวมตัวเป็นก้อน แล้วแยกส่วนที่เป็นน้ำออกและจะนำมาใช้ในลักษณะสดหรือปรมให้ได้ที่ก่อนใช้

เนยแข็งมีมากมายหลายชนิด ซึ่งมีการจำแนกเนยแข็งแต่ละชนิดตามลักษณะดังต่อไปนี้ (IDF, 1971)

- แหล่งที่ผลิต
- ชนิดของนมที่ใช้ผลิต : โค แกะ แพะ กระบือ
- ชนิดของเนยแข็ง : แข็ง กึ่งแข็ง นิ่ม สด ตกตะกอนด้วยกรด whey cheese
- ลักษณะภายใน : ขนาดของตา (eye holes) ใหญ่ กลาง หรือเล็ก บ่มด้วยราขาวหรือรา น้ำเงิน สีของลิมนม การใช้สุมุนไพรรหรือเครื่องเทศ
- ลักษณะภายนอก : เปลือกแข็งหรือนุ่ม เนื้อเนียนหรือหยาบ เคลือบด้วยเชื้อราหรือเงา มัน ไรด้วยเครื่องเทศหรือสุมุนไพรร ชนิดของวัสดุสุดท้ายที่ใช้เคลือบ (พลาสติก แวกซ์ หรือใบไม้)
- น้ำหนัก : รูปร่าง และขนาด
- ไขมัน (fat in dry matter) : เปอร์เซ็นต์สูงสุด
- ปริมาณน้ำ : เปอร์เซ็นต์สูงสุด
- ปริมาณน้ำสารที่ไม่รวมไขมัน (water in fat free substance, WFF)

● เนยแข็งแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ (Potter, 1968)

เนยแข็งชนิดอ่อนนุ่ม (soft cheese) มีความชื้นประมาณ 55-80% แบ่งเป็น

- ชนิดไม่ผ่านการบ่ม ได้แก่
 - ก. พอกไขมันต่ำ ได้แก่ เนยแข็งคอตเทจ (Cottage cheese) เนยแข็งพอด (Pot cheese) เนยแข็งเบเกอร์ (Bakers cheese)
 - ข. พอกไขมันสูง ได้แก่ เนยแข็งครีม (Cream cheese) เนยแข็งเนฟชาเทล (Neufchatel cheese)
- ชนิดผ่านการบ่ม ได้แก่ เนยแข็งบริ (Brie cheese) เนยแข็งกามองแบร์ (Camembert cheese) Cooked cheese และ Hand cheese

เนยแข็งชนิดค่อนข้างอ่อนนุ่ม (semi-soft cheese) มีความชื้นประมาณ 45-55% แบ่งเป็น

- ชนิดผ่านการบ่มโดยอาศัยแบคทีเรีย ได้แก่ เนยแข็งบรีคค์ (Brick cheese) เนยแข็งมันสเตอร์ (Munster cheese)
- ชนิดผ่านการบ่มโดยอาศัยแบคทีเรียและแบคทีเรียปมผิวนอก ได้แก่ เนยแข็งลิมเบอร์เกอร์ (Limburger cheese) เนยแข็งแทรปปิสต์ (Trappist cheese)
- ชนิดผ่านการบ่มโดยอาศัยราสีน้ำเงิน ได้แก่ Roquefort cheese และ Blue cheese

เนยแข็งชนิดค่อนข้างแข็ง (semi-hard cheese) มีความชื้นประมาณ 34-45% แบ่งเป็น

- ชนิดผ่านการบ่มโดยอาศัยแบคทีเรียที่ไม่สร้างแก๊ส ได้แก่ เนยแข็งเชดดาร์ (Cheddar cheese) เนยแข็งแกรนูลาร์ (Granular cheese) เนยแข็งโปรโวโลน (Provolone cheese)
- ชนิดผ่านการบ่มโดยอาศัยแบคทีเรียที่สร้างแก๊ส ได้แก่ เนยแข็งสวิส (Swiss cheese) เนยแข็งเอมเมนเทล (Emmental cheese) เนยแข็งอีแดม (Edam cheese)

เนยแข็งชนิดแข็ง (hard cheese) มีความชื้นประมาณ 13-14% ผ่านการบ่มด้วยแบคทีเรียเช่นเนยแข็งอาเซียโก (Asiago cheese) เนยแข็งพาร์มีซาน (Parmesan cheese)

เนยแข็งชนิดปรุงแต่ง (processed cheese) ปริมาณความชื้นขึ้นอยู่กับชนิดของเนยแข็งที่นำมาปรุงแต่ง ได้แก่ เนยแข็งที่ใช้กับอาหารทั่วไป (cheese food) และเนยแข็งที่ใช้ทา (cheese spread)

เนยแข็งชนิดที่ผลิตจากเวย์ (whey cheese) ได้แก่ เนยแข็งไพรมอสต์ (Primost cheese) และเนยแข็งริโคเชีย (Ricotta cheese)

● การทำให้เกิดลิมนม (Milk coagulation)

กระบวนการในการผลิตเนยแข็ง ขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งคือการทำให้เกิดลิมนม (coagulation) ซึ่งเป็นการทำให้เกิดเจลโดยลดความคงตัวของ casein-micelle แล้วทำให้เกิดการรวมตัว และเรียงตัวเป็นโครงข่ายโดยจะมีการจับน้ำและเม็ดไขมันไว้ในโครงข่ายที่เกิดขึ้นใหม่ การเกิด coagulation เกิดได้โดย

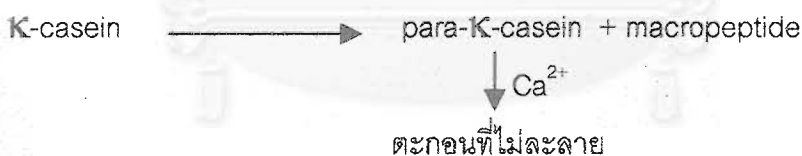
- การเกิดลิมนมโดยเอนไซม์ (enzyme coagulation) เช่นในการผลิตเนยแข็งคอตเทจ
- การเกิดลิมนมโดยใช้กรด (acid coagulation) เช่นในการผลิตโยเกิร์ต
- การเกิดลิมนมโดยใช้ความร้อนร่วมกับกรด (heat-acid coagulation) เช่นการผลิตเนยแข็ง Paneer

การเกิดลิมนมโดยเอนไซม์ (enzyme coagulation)

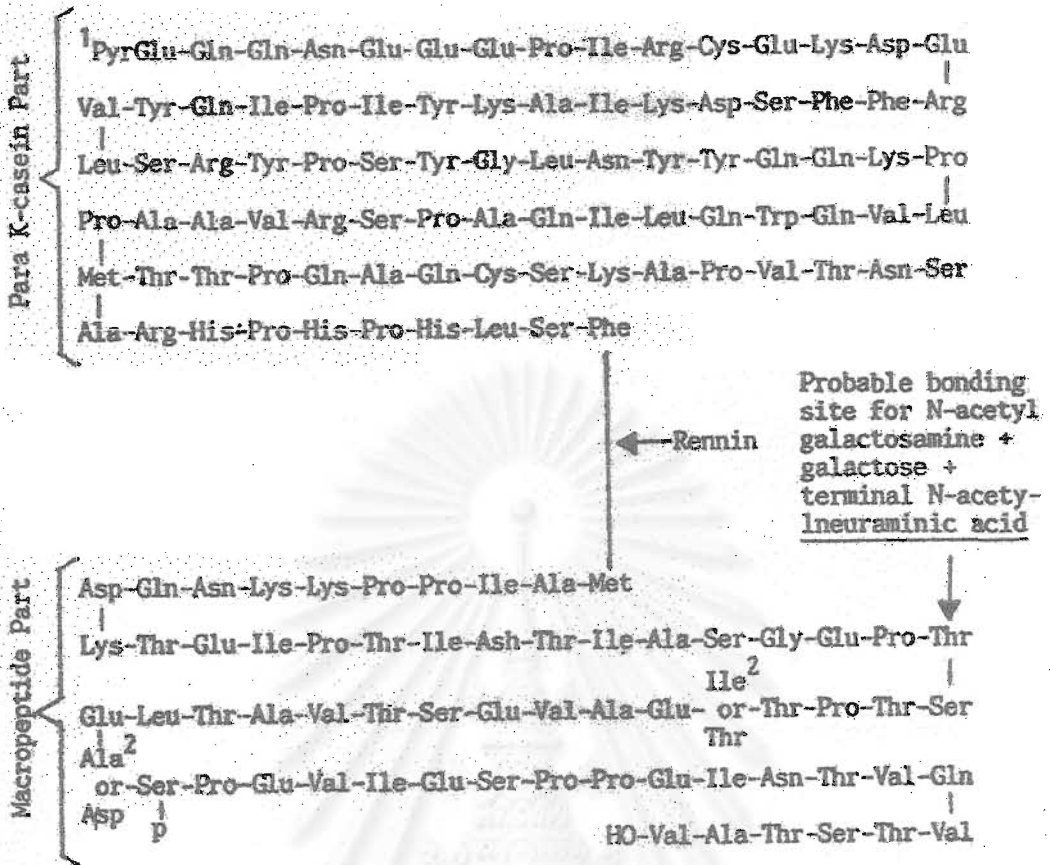
เป็นการทำให้เกิดลิมนมโดยการตกตะกอนหรือทำให้เคซีนรวมตัวกันโดยใช้เอนไซม์เรนิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) ชนิดหนึ่งซึ่งจัดอยู่ในประเภทเอนโดเปปติเดส (endopeptidase) ซึ่งมีรหัสของ Enzyme Commission เป็น E.C.3.4.23.4 ในปี 1970 Foltmann เสนอให้ใช้คำว่า ไคโมซิน (chymosin) แทนคำว่าเรนิน (rennin) เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนกับคำว่าเรนิน (renin) จากไต ในทางการค้านิยมใช้คำว่าเรนเนต (rennet) แทนคำว่าเรนิน ดังนั้นคำว่าเรนิน เรนเนต และไคโมซิน จึงหมายถึงเอนไซม์ตัวเดียวกัน

แหล่งดั้งเดิมของเอนไซม์เรนินมาจากกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีอายุน้อยเช่น ลูกโค ลูกแพะ ลูกแกะ แต่เมื่อสัตว์โตขึ้นกระเพาะที่สี่ของสัตว์เหล่านี้จะสร้างเอนไซม์เปปซินขึ้นมาทดแทน ในปัจจุบันผู้ผลิตพยายามหาแหล่งเอนไซม์เรนินในทางการค้ากันมากมาย เช่นจาก จุลินทรีย์ ได้แก่ *Mucor michei* เป็นจุลินทรีย์หลักที่ใช้ผลิตเอนไซม์นี้ หรือสารสกัดจากพืชที่มีคุณสมบัติในการตกตะกอนนม

จากโครงสร้างของ casein-micelle ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ในส่วน α และ β -casein เป็นโปรตีนที่ไวต่อการตกตะกอนด้วยแคลเซียมซึ่งถูกป้องกันการตกตะกอนด้วย K-casein ซึ่งไม่ไวต่อแคลเซียมทำให้ casein-micelle แว่นลอยในน้ำนมไม่ตกตะกอนในสภาพธรรมชาติ (Wheelock, 1973) แต่เสถียรสภาพของ K-casein ถูกทำลายโดยเอนไซม์เรนิน ซึ่งเสนอโดย Mackinlay และ Wake (1971) ดังนี้



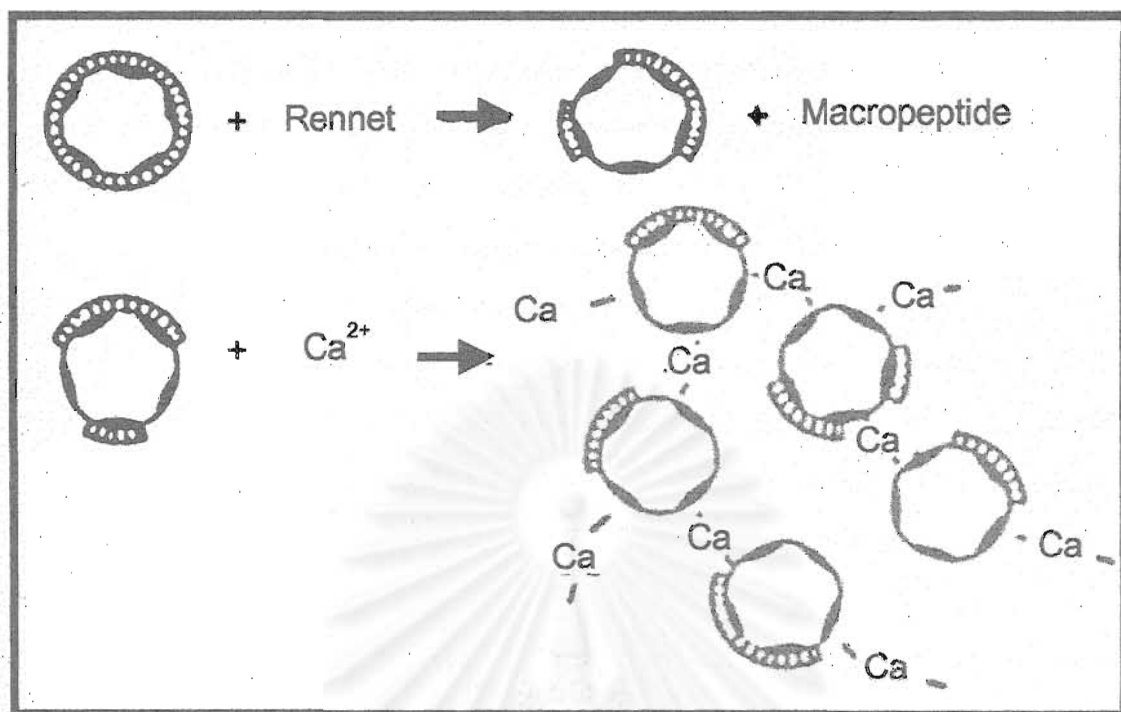
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งที่เอนไซม์เรนินเข้าทำปฏิกิริยากับ K-casein
 ที่มา: Jolles et al. (1968)

การเกิดลิมนมจากปฏิกิริยาของเอนไซม์เรนินต่อเคซีนประกอบด้วย 2 ระยะ

ระยะแรกที่ใช้เอนไซม์ (primary enzymatic phase) เป็นช่วงที่เอนไซม์เรนินจะเข้าทำปฏิกิริยากับ K-casein เพื่อทำลายเสถียรภาพของ casein-micelle นั่นคือ K-casein เป็นเป้าหมายของเอนไซม์เรนินซึ่งเป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้น Jolles et al. (1968) เป็นผู้พบว่าพันธะเปปไทด์ (peptide bond) ที่มีความไวต่อเอนไซม์เรนิน คือพันธะที่นิโคลานีน 105-เมไทโอนีน106 ทำให้ K-casein แยกเป็น 2 ส่วนคือ พารา-แคปทา-เคซีน (para-K-casein) และแมโครเปปไทด์ (macropeptide) ดังรูปที่ 2.2 โดยในส่วนของ para-K-casein (fragment ที่ 1-105) จะยังคงติดอยู่กับ casein-micelle และมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วน macropeptide (fragment ที่ 106-109) ได้แก่ ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein-nitrogen) ซึ่งก็คือไกลโคแมคโครเปปไทด์ (glycomacropeptide) ซึ่งประกอบด้วย N-acetylgalactosamine กาแลคโตส และกรดเซียลิก (sialic acid) ส่วนนี้จะหลุดไปและละลายอยู่ในสารละลายเนื่องจากเป็น hydrophilic



รูปที่ 2.3 การเกิดลิมนมโดยเอนไซม์เรนิน

ที่มา: Payens (1966)

- ระยะที่สองที่ไม่ใช่เอนไซม์ (secondary nonenzymatic phase) เป็นช่วงของการตกตะกอนซึ่งมีผลจากประจุในน้ำนมโดยเฉพาะแคลเซียมไอออนซึ่งจะเกิดสะพานแคลเซียม (calcium bridge) ดังรูปที่ 2.3 เชื่อมโยง para-K-casein ในลักษณะร่างแหตาข่าย (Cross-link network) ในที่สุดตกตะกอนลงมาเป็นลิมนม นอกจากนี้ไขมันและแลคโตสจะรวมอยู่ในโครงสร้างด้วย ดังนั้นจึงมักพบว่าการผลิตเนยแข็งนิยมเติมแคลเซียมไอออนในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเกิดลิ่มนมโดยใช้กรด (acid coagulation) (Fox and Mulvihill, 1990)

การทำให้เกิดลิ่มนมด้วยกรดซึ่งเติมโดยตรง (direct acid set method) หรือใช้ล่าเชื้อ (culture) สร้างกรดแลคติกจากน้ำตาลแลคโตส (culture method) เป็นการทำให้ pH ของนํ้านม ลดต่ำลงซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงของเคซีน 2 ลักษณะคือ

- ทำให้ colloidal calcium phosphate ใน casein-micelle เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านการละลาย โดยจะละลายออกมา เกิดเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์
- ทำให้ pH ลดลงจนถึงจุด isoelectric point (pI) คือเมื่อ pH ลดต่ำลงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิว (zeta potential) ลดลงเรื่อย ๆ (จากค่าเด่นลบ) จนเกือบถึงค่าศูนย์ เมื่อใกล้ 5.2 และมีค่าประจุสุทธิเป็นศูนย์ เมื่อ pH ลดจนถึง pH 4.6 ซึ่งเป็นจุด isoelectric point ของนมซึ่งมีส่วนของเคซีนที่ละลายได้น้อยมาก ที่จุดนี้เคซีนจะตกตะกอนเนื่องจากการเกาะเกี่ยวแบบไม่ชอบน้ำซึ่งกันและกัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับเคซีนทั้ง 2 ลักษณะทำให้ casein-micelle เกิดการรวมตัวและมีขนาดใหญ่ขึ้นมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงที่สุดแล้วเกิดเป็นลิ่มนม

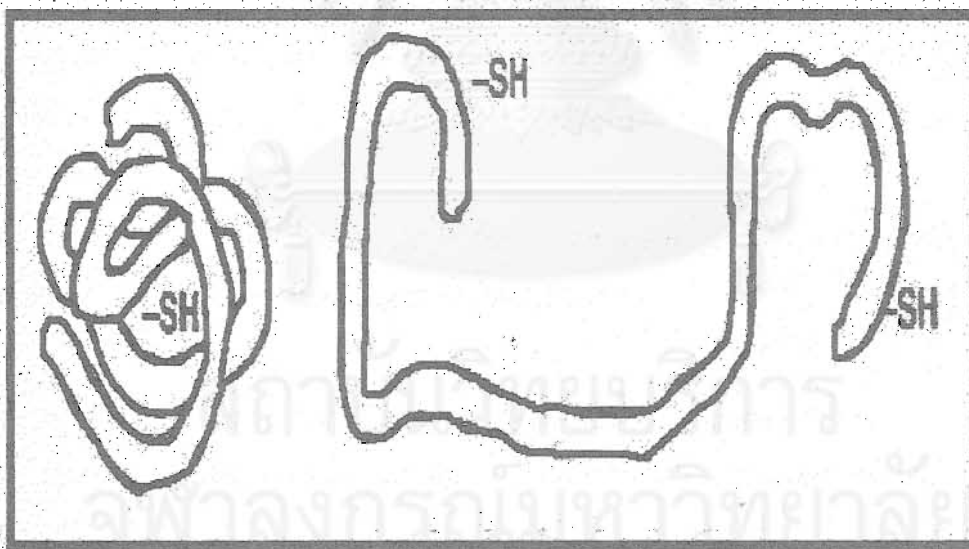
การเกิดลิ่มนมโดยใช้ความร้อนร่วมกับกรด (heat-acid coagulation)

เนื่องจากเคซีนเป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อน การกระจายตัวและความคงสภาพของเคซีนเกิดจากประจุไฟฟ้า ดังนั้นเคซีนจะเสถียรสมบัติการกระจายตัวก็ต่อเมื่อเกิดการเสียสมดุลของเกลือแร่ (salt balance) และ pH ซึ่งการเสียสมดุลนี้อาจเกิดขึ้นได้จากการให้ความร้อนแต่จะเป็นการให้ความร้อนที่สูงมากและเป็นเวลานาน ผลกระทบโดยตรงจากความร้อนต่อระบบ caseinate คือการเกิด degradation ของ casein ซึ่งจะปลดปล่อย esterified phosphate และการไฮโดรไลส peptide linkages ยกตัวอย่างเช่น ในการทดลองให้ความร้อนแก่ โซเดียมและแคลเซียมเคซีนที่อุณหภูมิสูงถึง 120°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ปฏิกริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างมาก (ทองยศ อเนกเวียง, 2524)

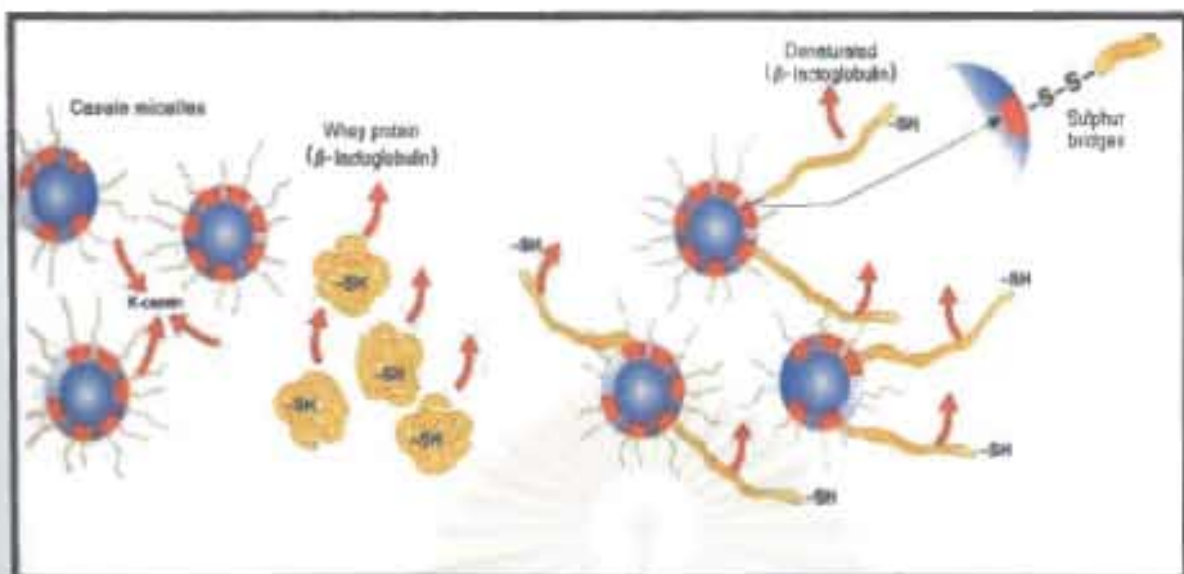
การลด pH ของนํ้านมลงจะมีผลทำให้ระบบเคซีนไม่อยู่ตัว ดังนั้นในกรณีที่ให้ความร้อนแก่นมนี้ ก็มีผลทำให้นมเป็นกรดคือ pH ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเกิด esterified phosphate จากเคซีนและอีกประการหนึ่งเกิดจากการสลายตัวของแลคโตสเนื่องจากความร้อนซึ่งจะเกิดกรดต่าง ๆ ออกมามาก การเกิดกรดต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าอุณหภูมิไม่สูงนักเช่นที่ 90°C ปฏิกริยาเหล่านี้จะเป็นไปอย่างช้า ๆ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 100°C การเกิดกรดจะมีมากและสามารถที่จะทดแทนการระเหยของ CO_2 จากนมได้อย่างมากเพียงพอ การเกิดกรดขึ้นในนมเช่นนี้มีผลทำให้ colloidal calcium phosphate อพยพกลับไปสู่เฟสละลาย (dissolved phase) ซึ่งเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของ

แคลเซียมไอออน ส่งผลให้อนุภาคเคซีนไม่อยู่ตัว อย่างไรก็ตามก็เกิดต่าง ๆ เช่นนี้เกิดขึ้นเมื่อนมได้รับความร้อนเกิน 100°C ขึ้นไปเท่านั้น (ทองยศ อเนกเวียง, 2524)

ในการทำให้เกิดลิ่มนมด้วยความร้อนกับกรดนี้โปรตีนที่ได้รับผลกระทบหลักคือ เวย์โปรตีนซึ่งจะเกิดการเสียสภาพ (denaturation) คือการสูญเสียคุณสมบัติธรรมชาติของโปรตีน โมเลกุลของโปรตีนตามธรรมชาติจะมีรูปทรงเฉพาะเป็นรูปม้วนขดและพับทบ (coil and fold configuration) เพื่ออุ้มน้ำไว้ รูปทรงนี้จะถูกยึดให้คงรูปไว้ด้วยพันธะไฮโดรเจน และแรงยึดจาก secondary valence force เมื่อได้รับความร้อนสูงเกินไปแขนยึดต่าง ๆ เหล่านี้จะขาดออก ทำให้คลายขดและพับดังรูปที่ 2.4 คุณสมบัติหนึ่งที่หายไปของเวย์โปรตีนคือคุณสมบัติการละลาย โดยเวย์โปรตีนในส่วน albumin ซึ่งละลายน้ำได้ดี ส่วน globulin ละลายในสารละลายโปรตีนได้ดี เมื่อ denatured จะสูญเสียคุณสมบัตินี้ไปจึงตกตะกอนลงมา โปรตีนอื่นที่รวมอยู่ใน serum protein มีหลายชนิดโปรตีนต่าง ๆ เหล่านี้ทนอุณหภูมิต่างกัน ตามธรรมชาติความร้อนที่ทำให้โปรตีน denature จะสูงกว่าอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์เล็กน้อย จากการทดลองพบว่า immunoglobulin จะตกตะกอนแยกออกมาก่อนที่อุณหภูมิต่ำ ต่อไปเป็น β -lactoglobulin ซึ่งจะเกิด sulphur bridges เกิดเป็น whey-protein-casein-complex (Swaisgood, 1996) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 โครงสร้างธรรมชาติของเวย์โปรตีน และเวย์โปรตีนที่ denature
ที่มา: Bylund (1995)



รูปที่ 2.5 การเกิด whey-protein-casein-complex
ที่มา: Bylund (1995)

เมื่อนมได้รับความร้อนจะเกิด whey-protein-casein-complex ขึ้นและเมื่อเติมกรดลงไปในนมทำให้ pH ของนมลดต่ำลง ก็จะทำให้เกิดผลกับเคซีนดังที่กล่าวแล้ว ดังนั้นในการตกตะกอนของเคซีนในลักษณะนี้ จะทำให้ได้เวย์โปรตีนติดมาด้วย นั่นคือ ปริมาณโปรตีน recovery สูงขึ้น โดยการเกิดลิ่มนมด้วยเฮนโซมเรนแทนที่จะได้โปรตีน recover 76-80% แต่การทำให้เกิดลิ่มนมด้วยความร้อนร่วมกับกรดจะได้โปรตีน recover 90% ของโปรตีนทั้งหมด (Parnell-Clunies et al., 1985)

การให้ความร้อนกับนมแล้วทำให้เกิดการตกตะกอนด้วยกรดที่ pH สูงกว่าที่จุด pI ซึ่งการตกตะกอนในลักษณะนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิค่อนข้างมาก

- เนยแข็งที่ผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับกรด(Chandan, 1991)

ขั้นตอนสำคัญในการผลิตเนยแข็งคือ การทำให้เกิดลิ่มนมการตกตะกอนซึ่งทำให้มีการรวมตัวกันเป็นของแข็งของโปรตีนส่วนใหญ่ในนม ไขมันบางส่วน เกลือแร่ และวิตามินที่สำคัญ โดยการเกิดลิ่มนมมีวิธีต่าง ๆ ดังได้กล่าวข้างต้น

เนยแข็งชนิดขาวและไม่เปรี้ยว (white unripened cheese) ผลิตจากการเกิดลิ่มนมด้วยเฮนโซมเรนแทนหรือใช้กรดภายใต้อุณหภูมิต้ม ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อที่หลากหลายตามส่วนต่างๆ ของโลกดังตารางที่ 2.3 ซึ่งนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบก็อาจมาจากสัตว์ต่างกัน โดยการทำให้เกิดลิ่มนมจะเริ่มจากการให้ความร้อนแก่นม แล้วใช้น้ำส้มสายชู กรดแลคติก แคลเซียมแลคเตต น้ำมะนาว

เอซิดเวย์ โยเกิร์ตหรือนมหมักเพื่อตกตะกอนโปรตีน โดยทั่วไปเนยแข็งประเภทนี้จะไม่มีการปรม
 ปริโภคทันทีหลังผลิต 2-3 วัน

ตารางที่ 2.3 เนยแข็งชนิดต่าง ๆ ในโลกที่ผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับกรดโดยตรง

Cheese name	Country/region	Type of milk	Coagulant
Armavir	West Caucasus	Sheep	Sour buttermilk
Cecil	Armenia	Cow/sheep	Sour milk/sour whey /yoghurt
Chhana	India	Cow	Lime/lemon juice/lactic acid/citric acid/calcium lactate/yoghurt/acid whey
Kareish	Egypt	Buffalo/cow	Sour milk
Kesong Puti	The Philippines	Buffalo	Vinegar
Paneer	India/Pakistan	Buffalo/cow	lactic acid/citric acid
Queso Blanco	Latin American, Central America, Caribbean	Cow	Vinegar/fruit juice
Requeijao	Brazil	Cow	Sour milk
Ricotta	Italy	Cow(whey/milk)	Vinegar
Ziger/Schottenziger	Germany	Cow(whey)	Vinegar
Hudelziger/Mascarpone	Switzerland	Cow(whey)	Vinegar
Recuit/Brocchio/Serac/ Majette/Ceracee	Italy/Europe	Cow(whey)	Vinegar
Gruau de Montagne	France	Cow(whey)	Vinegar

ในยุโรปและอเมริกาเหนือ เนยแข็งที่ผลิตในลักษณะนี้มีจุดเด่นที่คุณสมบัติของเนยแข็ง
 และการผลิตที่ประหยัด คือมีปริมาณผลผลิตที่สูงและการผลิตใช้เวลาสั้น

ในที่นี้จะกล่าวถึงเนยแข็งที่ผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับกรดโดยตรง ที่เป็นที่ยูจกกันทั่ว
 ไป คือ Paneer, Chhana และ Queso Blanco หรือ Latin American white cheese

Paneer และ Chhana

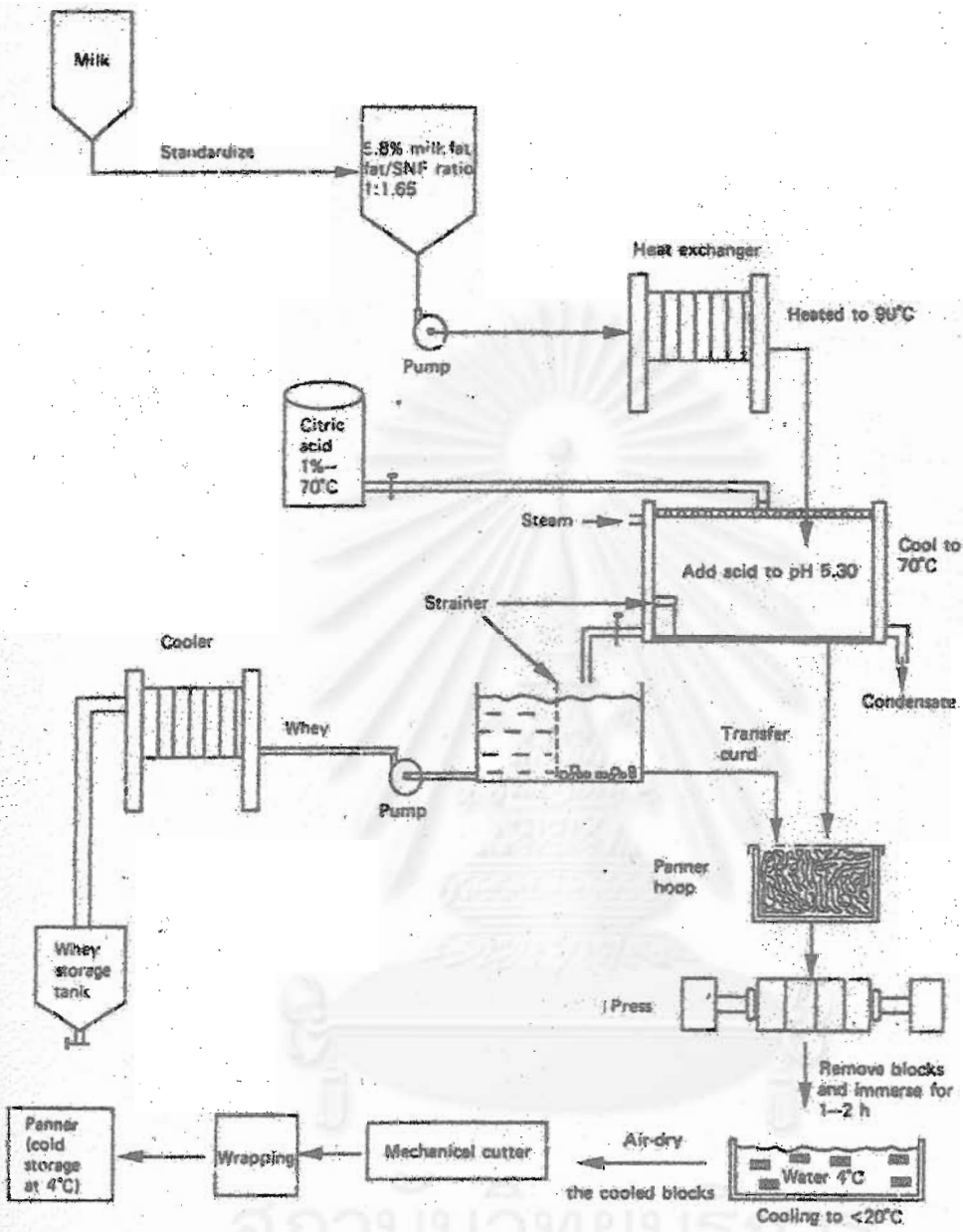
Paneer และ Chhana เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับในอินเดีย มีลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่คล้าย ๆ กัน แต่แตกต่างกันบ้างในบางองค์ประกอบและลักษณะการใช้งาน ชื่อของ Paneer และ Chhana มีใช้แทนกันบ้างในบางเขตของอินเดีย เนื้อสัมผัสของ Chhana มีความหลากหลายมีลักษณะตั้งแต่เนียนเรียบ (smooth) และข้นหนืด (pasty) จนถึงแตกง่าย (crumbly) ส่วน Paneer ต้องการให้เนื้อสัมผัสและรูปร่างคงตัวในขณะที่ทอดหรือการประกอบอาหาร Chhana จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิต ผลิตภัณฑ์ Indian dairy confectionery

Chhana จะผลิตจากนมโค ส่วนนมกระป๋องจะใช้ในการผลิต Paneer มากกว่า สัดส่วนของไขมันต่อปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน (solid not fat) ของนมที่แตกต่างกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันทางด้านเนื้อสัมผัส โดยในการผลิต Paneer จะใช้ความดันต่ำซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะ springy และ rubbery ส่วน Chhana จะมีความนุ่มหรือแข็งหลากหลาย เช่น ถ้าจะใช้ผลิต Rosogolla จะต้องใช้ Chhana ที่นุ่มแต่ถ้าต้องใช้ผลิต Sandesh จะต้องการ Chhana ที่แข็ง กระบวนการผลิต Paneer และ Chhana ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

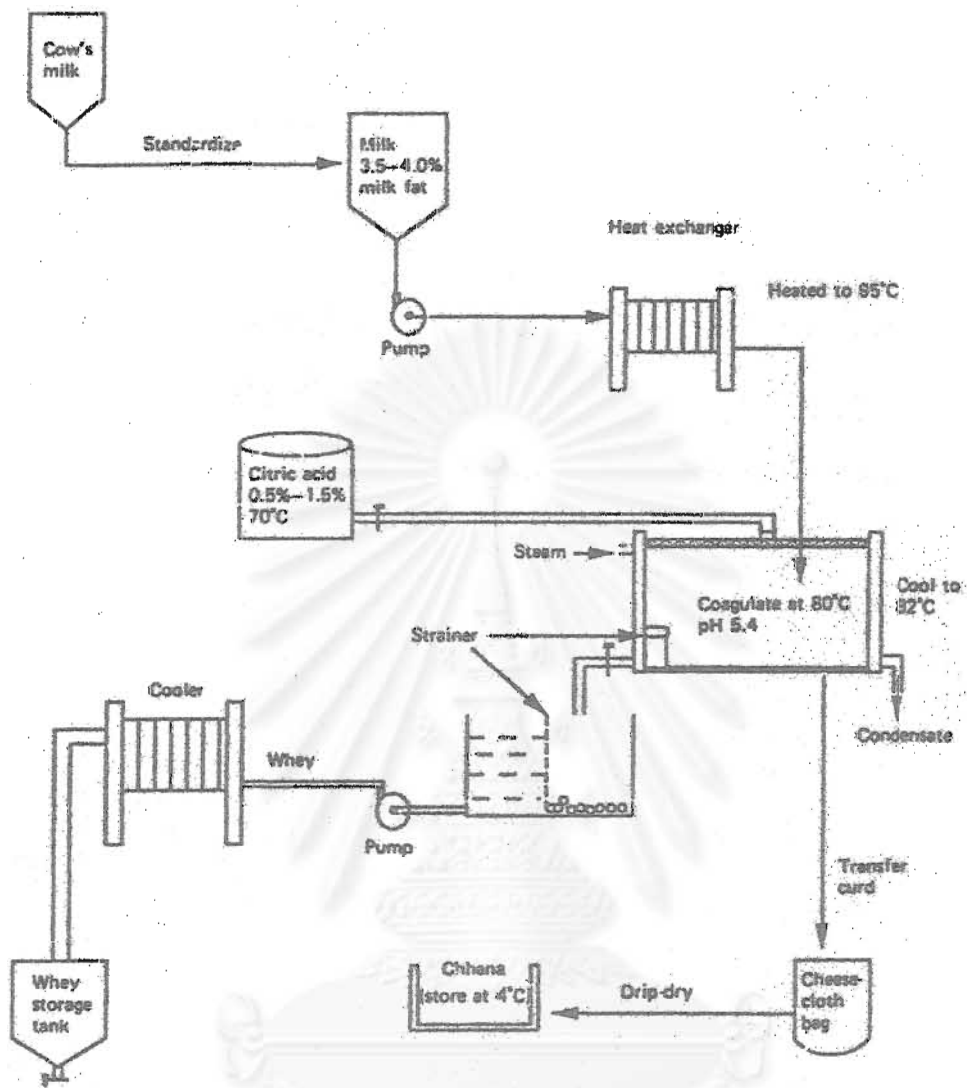
Latin American White Cheese (Queso Blanco)

Latin American White (LAW) Cheese หรือ Queso Blanco พบในเม็กซิโก อเมริกากลางและใต้ และในเกาะคาริเบียน (Torres and Chandan, 1981) ซึ่งรู้จักกันในหลากหลายชื่อ โดยทั่วไป LAW cheese จะมีสีขาวมีรสชาติ creamy ปริมาณเกลือสูงและมีรสชาติของกรด มีลักษณะรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายเนยแข็งเชดดาร์ ที่ยังอ่อนและมีความชื้นสูง สามารถตัดเป็นแผ่นบางได้ (slice) จัดเป็นเนยแข็งประเภทค่อนข้างอ่อนนุ่ม (semi-soft)

องค์ประกอบของ LAW cheese คือ มีความชื้น 50% ปริมาณโปรตีน 24.9% ปริมาณไขมัน 19% (Siapantas and Kosikowski, 1967) และจากการเปรียบเทียบองค์ประกอบของ LAW cheese กับเนยแข็งเชดดาร์ ดังตารางที่ 2.4 LAW cheese มีความชื้น 48% ส่วนเนยแข็งเชดดาร์มี 37% ซึ่งส่งผลให้ LAW cheese มีปริมาณไขมันต่ำกว่าถึง 11% และทำให้มีปริมาณแคลอรีต่ำกว่า 25% มีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณ Ca, P และ Mg ต่ำกว่าเนยแข็งเชดดาร์ (Chandan et al., 1979) ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียไปในการแยกเวย์ เนื่องจากความเป็นกรดสูง (Wong, 1974) โปรตีนที่มีอยู่ใน LAW cheese มีทั้งเคซีนและเวย์โปรตีน ในลิมนมของ LAW cheese มีส่วนของ β -lactoglobulin, α -lactalbumin และเวย์โปรตีนอื่น ๆ อยู่ด้วย เพราะมันถูกทำให้ไม่ละลายในสภาวะที่มี pH ต่ำและอุณหภูมิสูง β -lactoglobulin, α -lactalbumin เป็นโปรตีนในส่วนของเวย์โปรตีนที่มี biological value ที่สูงมาก (PER, 3.2) มีคุณค่าทางโภชนาการต่อมนุษย์อย่างดีเยี่ยม (Torres and Chandan, 1981)



รูปที่ 2.6 ผังแสดงการผลิต Paneer



รูปที่ 2.7 มุ่งแสดงการผลิต Chhana

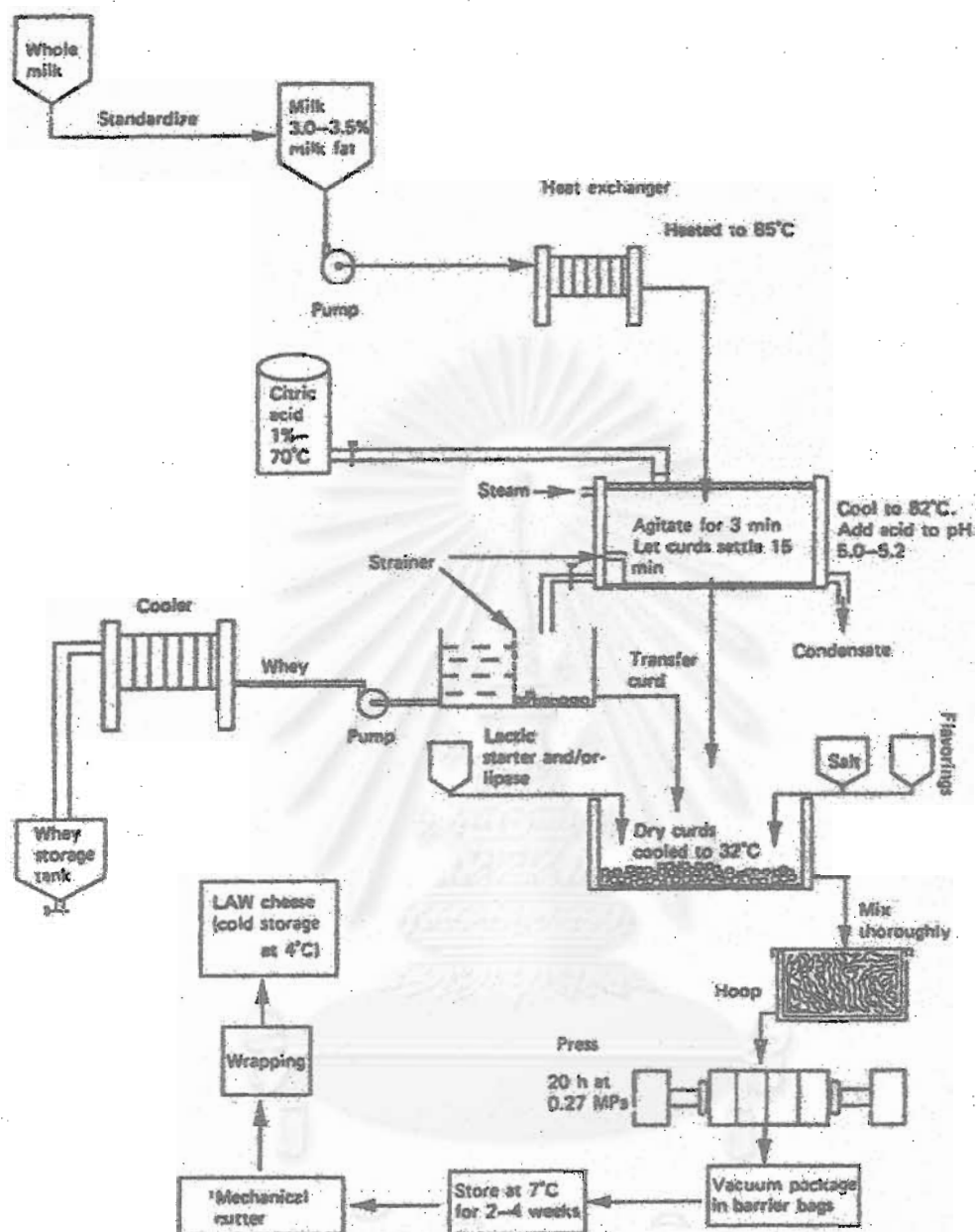
สถางค์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการผลิต LAW cheese ในแต่ละแหล่งก็จะมีกระบวนการผลิตคล้าย ๆ กันแต่จะมีความแตกต่างกันบ้างในส่วนของ การทำให้เกิดลิ้มรส คือแตกต่างกันในชนิดของสารที่ทำให้เกิดลิ้มรสเช่น อาจใช้กรดแลคติก ทาร์ทริก อะซิติก ซิตริก ฟอสฟอริก หรืออาจใช้ไอซิดเวย์ เข้มข้น น้ำมะนาว น้ำส้มสายชู หรือโยเกิร์ต ความร้อนที่ใช้อยู่ในช่วง 70-90°C กระบวนการผลิตโดยทั่วไปดังรูปที่ 2.8

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการใน 100 กรัมของ LAW cheese กับเนยแข็งเชดดาร์

Value	LAW cheese	Cheddar cheese
Moisture, %	48.00	37.00
Food, calories	296.00	398.00
Protein, g/100g	24.76	25.02
Fat, g/100g	21.00	32.20
Carbohydrate, g/100g	2.00	2.11
Calcium, g/100g	0.28	0.75
Phosphorus, g/100g	0.24	0.48
Sodium, g/100g	0.89	0.70
Potassium, g/100g	0.13	0.08
Magnesium, mg/100g	13.80	45.00
Iron, mg/100g	0.33	1.00

ที่มา: Chandan et al. (1979)



รูปที่ 2.8 ผังแสดงการผลิต LAW cheese (Queso Blanco)

● โพรเซสชีส (Processed cheese)

โพรเซสชีส คือ เนยแข็งชนิดหนึ่งที่เกิดจากการนำเนยแข็ง (cheese) มาผ่านกรรมวิธีทำให้เล็กลง เติม emulsifying salt และนำมาพาสเจอร์ไรส์ และจะแต่งสี กลิ่น หรือไม่ก็ได้ โดยมีองค์ประกอบตามองค์ประกอบของเนยแข็งที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ

ข้อดีของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส (Kohlhaas, 1972; Nath, 1992)

- เนยแข็งชนิดโพรเซสชีสจะสามารถช่วยลดปัญหาด้านการขนส่งและการเก็บรักษาซึ่งเนยแข็งธรรมดาส่วนใหญ่จะเก็บรักษายาก
- สามารถเก็บไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมัน
- สามารถรักษากลิ่นรสและลักษณะต่าง ๆ ของเนยแข็งไว้ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับการเลือกชนิด อายุการป่ม และกรรมวิธีการผสมเนยแข็ง
- กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสจะไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ดีขึ้น
- รักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไม่สามารถเจริญได้ และถูกทำลายไปในระหว่างการให้ความร้อน
- สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ปُرุงแต่งกลิ่นและรสชาติในผลิตภัณฑ์โดยเติมส่วนผสมอื่นๆลงไป เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อและเครื่องเทศ ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคได้
- สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารได้มากมาย นำไปใช้ในการ cooking และใช้ใน dips, sauces และ snacks เป็นต้น
- สามารถใช้บริโภคแทนนํ้านมได้ในกรณีของเด็กหรือผู้ที่มีปัญหาในการดื่มนมเนื่องจากมีกลิ่นรสที่อ่อน (mild)
- สามารถนำมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปทรงและขนาดที่ดึงดูดใจ และประหยัดกว่าเนยแข็งธรรมดา
- ช่วยในด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นการนำเนยแข็งที่ maturity ต่ำหรือด้อยและเนยแข็งที่ไม่เหมาะต่อการบริโภค มาทำเป็นโพรเซสชีสได้

กระบวนการผลิตโพรเซสชีส

Thomas (1977) ได้แบ่งขั้นตอนการผลิตหลัก ๆ ออกเป็นดังนี้

การคัดเลือกวัตถุดิบ

ขั้นตอนสำคัญในการผลิตโพรเซสชีส คือ การคัดเลือกเนยแข็งที่จะใช้เป็นวัตถุดิบ เนยแข็งที่จะนำมาผลิตโพรเซสชีสต้องผ่านการชิมและคัดเกรดสำหรับกลิ่นรส ลักษณะทางกายภาพและสี เพื่อที่จะทราบสัดส่วนของเนยแข็งที่จะใช้ในส่วนผสม เนยแข็งที่มีความผิดปกติในแง่ของกลิ่นรส โดยเฉพาะกลิ่นหืนจะไม่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโพรเซสชีส เนยแข็งที่จะใช้เป็นวัตถุดิบจะต้องมีกลิ่นรสที่ดีจึงจะทำให้ได้โพรเซสชีสที่มีคุณภาพดี เนยแข็งที่มีความผิดปกติในแง่ของผิว สี รูปร่างและเนื้อสัมผัส สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโพรเซสชีสได้ นอกจากนี้สามารถใช้ fresh curd ผสมกับเนยที่ผ่านการบ่มมาแล้วได้ (Neilsen and Ullum, 1989b)

การบดเนยแข็งให้ละเอียด

เพื่อให้สาร emulsifying salt ที่เติมลงไปสามารถสัมผัสกับเนื้อเนยได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้การทำงานของ emulsifying salt มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การเติมส่วนผสมต่างๆ

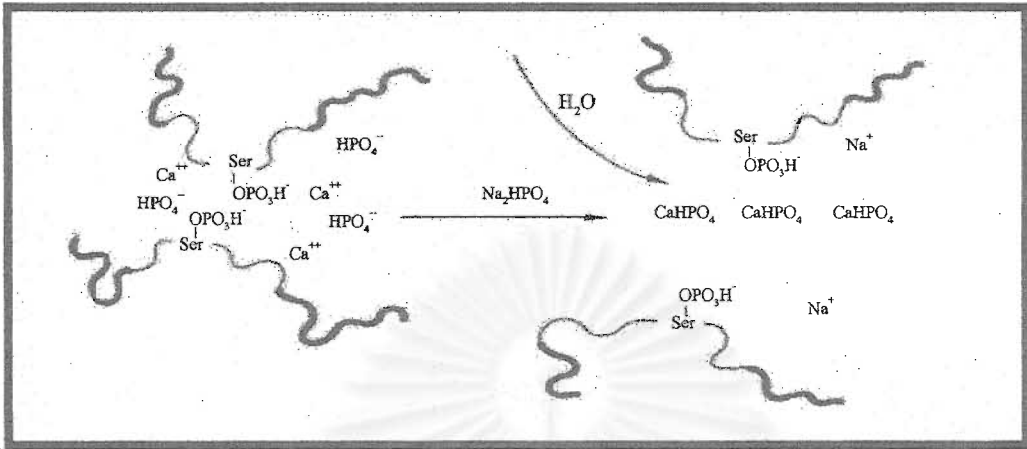
■ สาร emulsifying salt

ในการผลิตโพรเซสชีส ต้องมีการเติม emulsifying salt เนื่องจากเมื่อเนยแข็งโดนความร้อน โปรตีน ไขมัน และน้ำในเนยแข็งจะเกิดการแยกตัว โดยปกติจะเป็นไปไม่ได้ที่จะทำให้ส่วนผสมมีความคงตัว แต่ถ้าเนยแข็งนั้นผสมกับ emulsifying salt ลงไปก่อนที่จะนำไปหลอม การกวนส่วนผสมในขณะหลอมจะช่วยให้ส่วนผสมของ เคซีน ไขมันและน้ำมีความอยู่ตัวมากขึ้น เนื่องจาก emulsifying salt จะไปจับกับแคลเซียมที่อยู่รวมกับเคซีน ทำให้โครงข่ายของเคซีนเกิดการคลายตัวซึ่งมีผลต่อการจับตัวของไขมันในน้ำ นอกจากนี้สารพวก emulsifying salt ยังเป็นตัวช่วยควบคุม pH อีกด้วย emulsifying salt ที่ใช้กันมากจะเป็นพวกโซเดียมโพลีฟอสเฟต หรือโซเดียมซิเตรท (Neilsen and Ullum, 1989b)

หน้าที่ของ emulsifying salt มีดังนี้

- เคลื่อนย้ายแคลเซียมออกจากโปรตีน โดย emulsifying salt จะไปยึดกับ calcium ทำให้ calcium phosphate ในโปรตีนลดลงไป ซึ่ง calcium ใน Ca - paracasein complex ของลิเมนถูกเคลื่อนย้ายโดยการแลกเปลี่ยนไอออนกับ emulsifying salt ทำให้

casein - paracaseinate ละลายน้ำได้มากขึ้น จึงเพิ่มความสามารถในการเป็น emulsifying salt ของ cheese protein



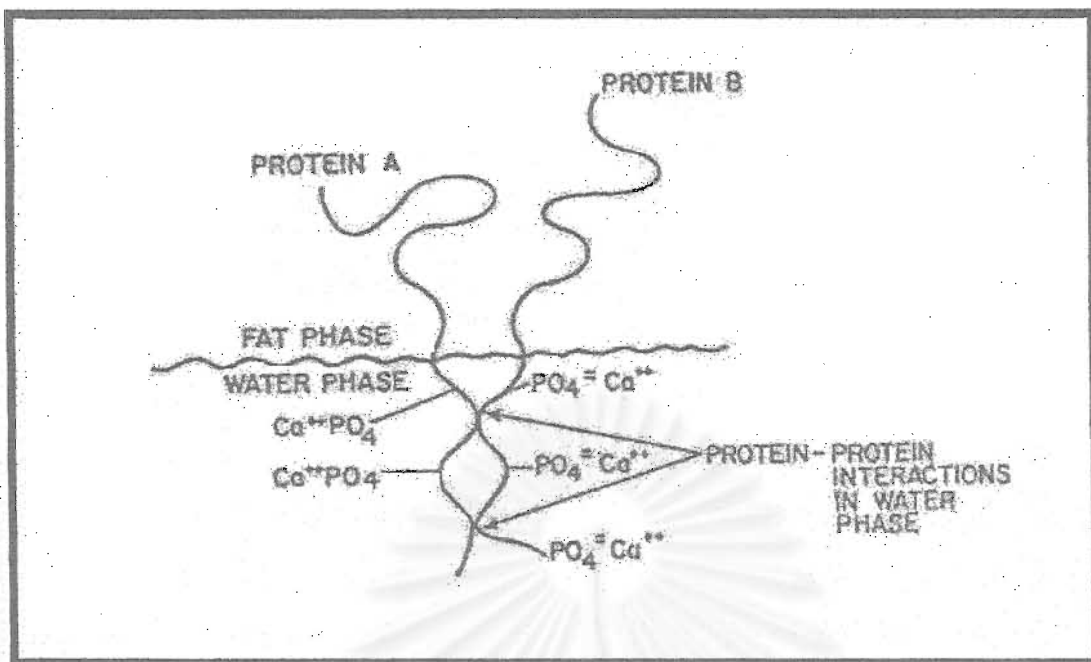
รูปที่ 2.9 ปฏิกริยาการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง Ca - paracasein complex กับ emulsifying salt

ที่มา: Klostermeyer (1989)

- เกิดการละลายของโปรตีนและกระจายตัวออกไป
- ทำให้โปรตีนรวมตัวกับน้ำเนื่องจาก emulsifying salt จะไปเพิ่มลักษณะ hydrophilic ให้กับโปรตีน ทำให้โปรตีนดูดซับน้ำเข้าไปและเกิดการพองตัว (swelling) ขึ้น ส่งผลให้ colloidal mass มีความหนืดเพิ่มขึ้น (Caric, 1992)
- ทำให้ emulsion ของไขมันมีความคงตัว เนื่องจากโปรตีน (casein) จะห่อหุ้มเม็ดไขมันไว้ โดยมีส่วนที่เป็น organic end อยู่ในไขมันและส่วนที่เป็น phosphate end อยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้โปรตีนมีสมบัติเป็น emulsifying ดังนั้นโปรตีนจึงมีหน้าที่เหมือนเป็น emulsifier ให้กับไขมัน สำหรับส่วนที่เกิดปฏิกิริยากับ emulsifying salt จึงเป็นส่วนของโปรตีนที่ละลายอยู่ในน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.10

Meyer (1973) ได้แบ่ง emulsifying salt ออกเป็น 3 กลุ่มคือ

- กลุ่มของกรดซิตริก ได้แก่ โมโนโซเดียมซิเตรท ไดโซเดียมซิเตรท ไตรโซเดียมซิเตรท
- กลุ่มของกรดโมโนฟอสฟอริก ได้แก่ โมโนโซเดียมโมโนฟอสเฟต ไดโซเดียมโมโนฟอสเฟต ไตรโซเดียมโมโนฟอสเฟต
- กลุ่มของกรดโพลีฟอสฟอริก ได้แก่ โมโนโซเดียมไดฟอสเฟต ไดโซเดียมไดฟอสเฟต ไตรโซเดียมไดฟอสเฟต เตตราโซเดียมไดฟอสเฟต



รูปที่ 2.10 Schematic of emulsifying protein
ที่มา: Shimp (1985)

Lazaridis and Rosenau (1980) ศึกษาชนิดของ emulsifying salt ที่ผสมกับ carrageenan มีผลต่อความสามารถในการหลอมของ cheese-like product โดย emulsifying salt ที่ศึกษาคือ ไตรโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมซิเตรท โซเดียมลูมิโนัมฟอสเฟต (Kasal) และ emulsifying salt ผสมระหว่างโซเดียมเมทาฟอสเฟตกับไตรโซเดียมฟอสเฟต (Kasomet) ผลที่ได้คือ เนยแข็งที่ใช้ Kasal และ Kasomet เป็น emulsifying salt ไม่เกิดการหลอม ส่วนการใช้ emulsifying salt ระดับ 1.5% เป็นความเข้มข้นขั้นต่ำที่ทำให้เนยแข็งที่ใช้ ไตรโซเดียมฟอสเฟต และไดโซเดียมฟอสเฟต เป็น emulsifying salt เกิดการหลอม โดยการหลอมของเนยแข็งที่ใช้ ไดโซเดียมฟอสเฟตจะมีการหลอมอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอกว่าเนยแข็งที่ใช้ ไตรโซเดียมฟอสเฟต ส่วนเนยแข็งที่ใช้โซเดียมซิเตรทนั้นมีการหลอมที่น้อยกว่า แต่ที่ความเข้มข้น 3% ของ emulsifying salt ทำให้เนยแข็งมีการหลอมดีกว่าที่ความเข้มข้นระดับอื่น ๆ

■ น้ำ

วัตถุประสงค์เพื่อช่วยปรับปรุงปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ปริมาณความชื้นในโพสเซสชันขึ้นกับความชื้นในเนยแข็งที่ใช้เป็นวัตถุดิบด้วย ปริมาณน้ำที่จะเติมสามารถคำนวณได้จากความชื้นของเนยแข็งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และความชื้นที่ต้องการให้มีในโพสเซสชัน น้ำที่ใส่ต้องสะอาดปราศจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก ไม่มีกลิ่นและสี การเติมน้ำยังช่วยให้

emulsifying salt กระจายตัวได้ดีส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่สมบูรณ์ (Meyer, 1973)

■ เกลือ

เพื่อเพิ่มรสชาติ แต่การเติมเกลือจะต้องระวังเนื่องจากถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำมันและรสเค็มจัดได้

■ กรด

เพื่อให้เกิดรสเปรี้ยว และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น การเติมกรดต้องปรับ pH ให้อยู่ในระหว่าง 5.2-5.8 ถ้าหาก pH ต่ำเกินไปจะเกิดลักษณะเป็นเม็ดหยาบ (graininess) ในผลิตภัณฑ์ สำหรับกรดที่นิยมใช้ในการผลิตไอศกรีมได้แก่ กรดแลคติก กรดซิตริก กรดอะซิติก และกรดฟอสฟอริก เป็นต้น (Kosikowski, 1966)

■ สิ่งปรุงแต่งรสชาติ

เพื่อเป็นการปรับปรุงรสชาติและเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดย Meyer (1973) ได้แบ่งสิ่งปรุงแต่งกลิ่นรสออกเป็นกลุ่มดังนี้

- เครื่องเทศและสมุนไพร ปกติใช้ในระดับ 0.01-1.00% ซึ่งจะไม่มีผลต่อโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของเนยแข็ง แต่อาจมีผลต่อสีของเนยแข็งได้ เช่น พริก ขมิ้น โดยทั่วไปจะผสมเครื่องเทศหรือสมุนไพรในช่วงแรกของการผลิต เพื่อให้เครื่องเทศหรือสมุนไพรที่เติมลงไปกระจายอยู่ในเนื้อเนยแข็งอย่างสม่ำเสมอและเพื่อมาเชื่อมไปพร้อม ๆ กัน เครื่องเทศและสมุนไพรส่วนใหญ่จะมีเชื้อแบคทีเรียอยู่ตามธรรมชาติ จึงควรฆ่าเชื้อก่อนอาจทำโดยลวกในน้ำเดือดหรือนึ่ง แต่จะทำให้กลิ่นลดลง เพื่อให้ได้ผลดีควรฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100°C ในภาชนะปิดหรือภายใต้ความดัน

- ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ เช่น แยม เห็ด แต่งกวาดอง หอม หัวใหญ่ กระเทียม พริกไทย ใช้ได้สูงสุดไม่เกิน 15% จึงจะไม่มีผลต่อความสม่ำเสมอและโครงสร้างของไอศกรีม เมื่อเนยแข็งหลอมจนสม่ำเสมอผ่านการโฮมจีไนส์แล้วจึงเติมส่วนผสมนี้ลงไป โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อก่อน

- สี เพื่อให้ได้เนยแข็งที่มีสีสม่ำเสมอ เช่น Annatto

การหลอมเนยแข็ง

ทำโดยการให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยจะเป็นการให้ความร้อนเพื่อพาสเจอร์ไรส์เนยแข็ง มีการควบคุมเวลาซึ่งมีความสำคัญต่อการเกิด emulsion จะควบคุมส่วนผสมอย่างต่อเนื่องจนส่วนผสมมีลักษณะ smooth plastic อุณหภูมิและเวลาในการหลอมขึ้นอยู่กับชนิดของโปรเซสซีส และชนิดของเนยแข็งที่นำมาทำโปรเซสซีส (Gouda, 1993)

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้นั้นจะใช้อุณหภูมิสูง เพื่อให้เนยเนยแข็งเหลวจนสามารถผสมเข้ากันได้ และเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ตลอดจนยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันออกไปโดย Neilsen และ Ullum (1989b) กล่าวว่าใช้อุณหภูมิประมาณ 90°C เวลา 10 นาที ส่วน Thomas (1977) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเกิด emulsion และการฆ่าเชื้อที่ 85°C เป็นอุณหภูมิที่ทำให้เนยแข็งมีคุณภาพดีกว่า แต่ Kosikowski (1982) กล่าวว่าการใช้อุณหภูมิ 150-160°F (65.6-71.7°C) ก็เพียงพอ

สำหรับเวลาในการผลิตจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการให้ความร้อน และสิ้นสุดเมื่อเทเนยแข็งออกจากถังผลิต เวลาในการผลิตสำหรับโปรเซสซีสบล็อคจะอยู่ในช่วง 6-10 นาที

การโฮโมจีไนส์

การโฮโมจีไนส์จะทำให้โปรเซสซีสมีความข้นหนืด โครงสร้าง เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสที่ดีขึ้น การโฮโมจีไนส์จะปรับปรุงความคงตัวของ emulsion โดยจะลดขนาดของเม็ดไขมัน เมื่อเม็ดไขมันมีขนาดเล็กลงพื้นที่ผิวจะเพิ่มมากขึ้น emulsifying salt จะซึมเข้าไประหว่างพื้นผิวได้มากขึ้น ทำให้ emulsion มีความคงตัวและมีความหนืดสูงขึ้น (Meyer, 1961; Caric, 1992)

การบรรจุและเก็บรักษา

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต โปรเซสซีสจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุ ซึ่งภาชนะที่ใช้บรรจุต้องป้องกันอากาศได้ เช่นถ้วยหรืออลูมิเนียมฟอยล์หรือพลาสติก (Neilsen and Ullum, 1989b)

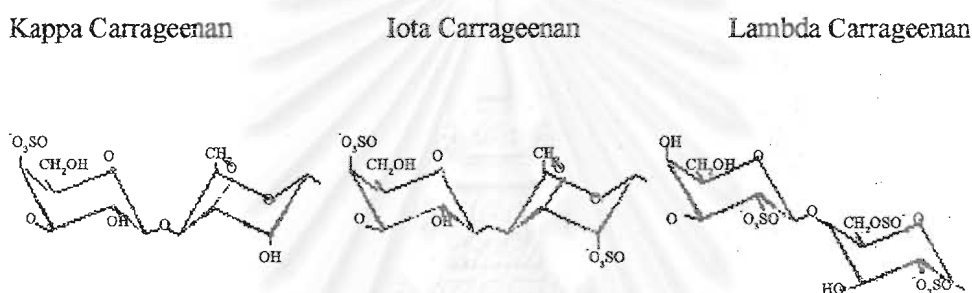
อุณหภูมิในการเก็บรักษาโปรเซสซีสจะต้องเก็บที่อุณหภูมิ 5-10°C และจะเก็บที่ต่ำกว่า 0°C ไม่ได้เพราะจะทำให้โครงสร้างเสียไป (Meyer, 1973) ในช่วงต้นของการเก็บรักษา เนยแข็งที่ทิ้งไว้ให้เย็นลงอย่างช้า ๆ จะมีความแข็งมากกว่าเนยที่ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเนยที่ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจะมีความแข็งเพิ่มขึ้นได้เมื่อเวลาในการเก็บรักษามากขึ้น (Sone et al., 1970) การทำให้เย็นอย่างช้า ๆ อาจมีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ และจะทำให้เนื้อ

เนยแข็งแข็งมากเกินไป โพรเซสที่สควอเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น คือประมาณ 5°C และมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 เดือน

2.4 Gelling agent

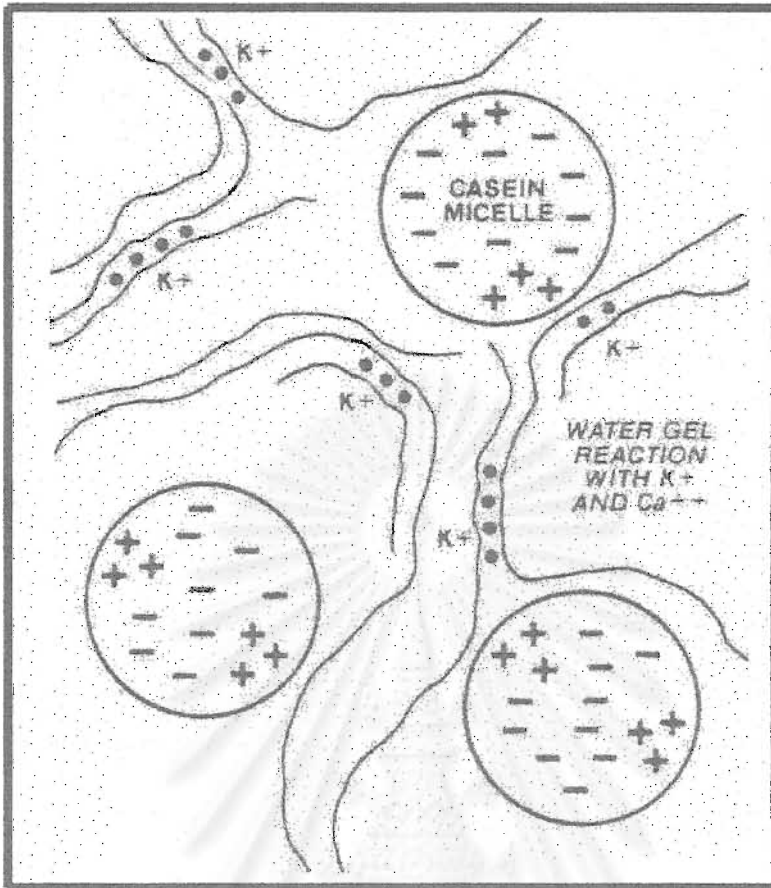
2.4.1. Carrageenan

โครงสร้างของคาราจีแนน จะเป็น linear polysaccharides ที่สร้างขึ้นจากหน่วยของ 1,3-linked β -D-galactopyranosyl และ 1,4-linked α -D-galactopyranosyl แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แคปปา (K) ไอโอดา (I) และแลมดา (λ) (ดังรูปที่ 2.11)



รูปที่ 2.11 สูตรโครงสร้าง carrageenan

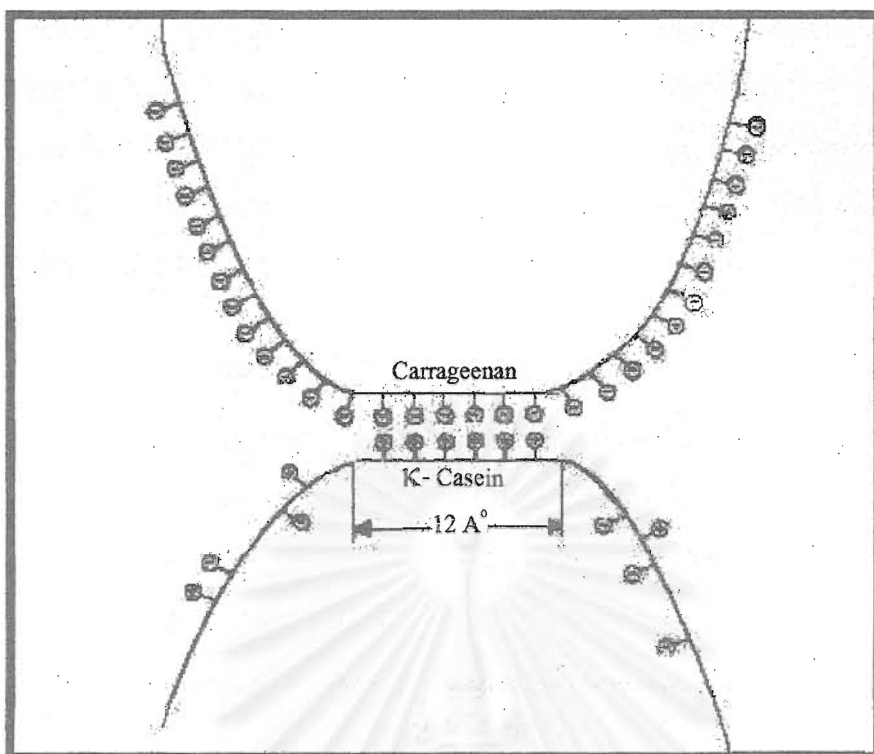
คาราจีแนนละลายน้ำได้ และการละลายจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยทั่วไปจะใช้ อุณหภูมิ 50-80°C K และ I - carrageenan สามารถเกิดเจลได้เมื่อทำสารละลายที่ร้อนให้เย็นลง ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลประมาณ 45-55°C และเจลจะค่อนข้างคงตัวในช่วง pH ต่ำ (ศิวพร ศิวเวช, 2529) นอกจากนี้ คาราจีแนนยังสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างดีกับโปรตีนบางชนิด เช่น เคซีน โดยจะเกิด ion-ion interaction ระหว่างหมู่ซัลเฟตของคาราจีแนนกับกลุ่มประจุของ โปรตีน (Davidson, 1980) (ดังรูปที่ 2.12)



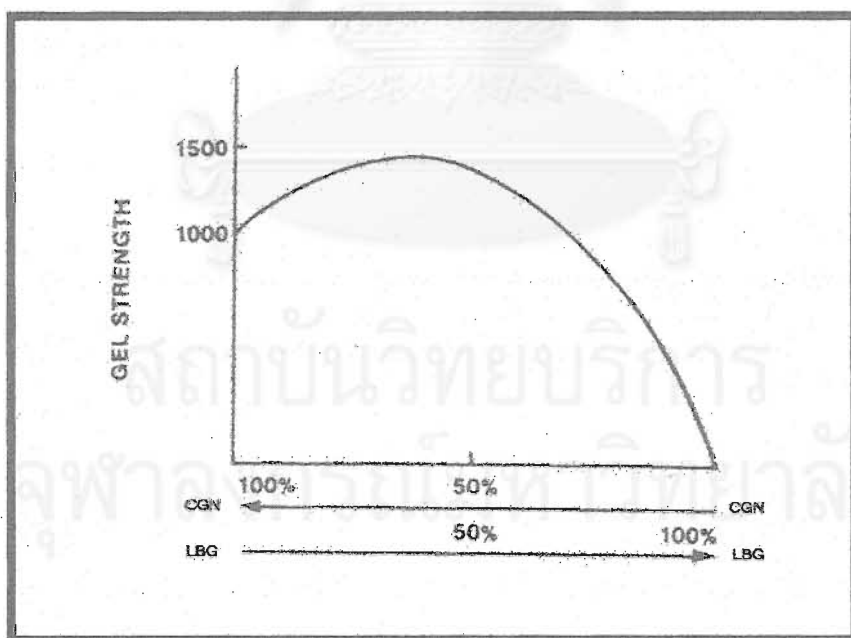
รูปที่ 2.12 Carrageenan synergy with milk protein

ที่มา: Thomas (1997)

K-carrageenan จะเกิดปฏิกิริยากับ K-casein ที่ $\text{pH} \geq$ จุดไอโซอิเล็กตริก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนทำให้เกิดเจล (Stanley, 1990) ดังรูปที่ 2.13 เจลที่ได้มีความแข็งแรงของเจลสูงแต่จะเปราะ แตกหักง่ายและเกิด syneresis (Glicksman, 1979) จึงมีการใช้ K-carrageenan ร่วมกับ gelling agent ชนิดอื่นเพื่อเป็นการปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่นในการใช้ locust bean gum จะทำให้ได้เจลที่ใส ลดการเกิด syneresis และการใช้ K-carrageenan ร่วมกับ locust bean gum เป็นการลดต้นทุนด้วยในการทำให้เกิด firm gel (ดังรูปที่ 2.14)(Thomas, 1997) ในการใช้ xanthan gum ร่วมกับ K-carrageenan เจลที่ได้จะมีความนุ่ม ความยึดเกาะ(cohesive) และมีความยืดหยุ่น (elastic) มากขึ้น และช่วยลดการเกิด syneresis ด้วยเช่นกัน (Oakenfull, 1987)



รูปที่ 2.13 Ionic interaction of carrageenan and K-casein ; $\text{pH} \geq$ isoelectric point
ที่มา: Stanley (1990)

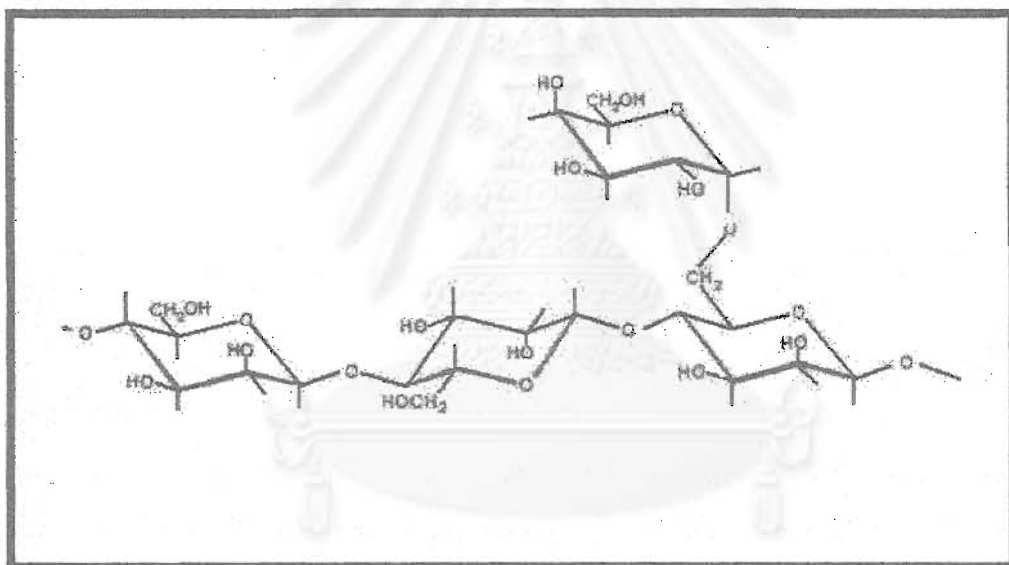


รูปที่ 2.14 K-carrageenan / locust bean gum synergism (2.5% total gum concentration)
ที่มา: Thomas (1997)

Rosenau et al. (1978) ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโพสเซสซีส ที่ใช้กระบวนการทำให้เกิดลิ่มนมโดยใช้ความร้อนร่วมกับกรด ซึ่งเนยแข็งจะมีลักษณะที่ค่อนข้างอ่อนนุ่ม ใช้ carrageenan 3 ระดับ คือ 0.0%, 0.5% และ 1% ของน้ำหนักลิ่มนม นำโพสเซสซีสที่ได้ไปทดสอบแรงบีบอัด ด้วยเครื่อง Instron ปรากฏว่าโพสเซสซีสที่มีการเติม carrageenan 1% จะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเปราะ และความเหนียวใกล้เคียงกับเนยแข็งเชดดาร์

2.4.2. Locust bean gum

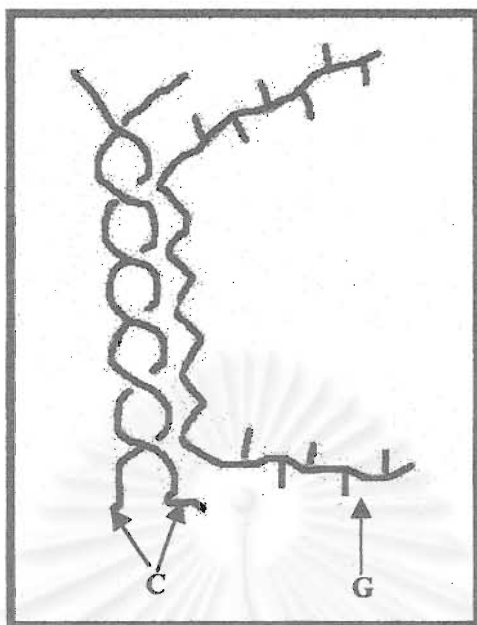
locust bean gum หรือ carob bean gum เป็น galactomannan polysaccharide สูตรโครงสร้างประกอบด้วย neutral galactomannan polymer ที่ประกอบด้วย 1-4 linked D-mannose units และที่ทุก unit ที่ 4 หรือ 5 จะมี side chain ของ D-galactose จับกับ polymannose ด้วย 1,6-glycosidic linkages (ดังรูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.15 Segment of a galactomannan chain

ที่มา: Thomas (1997)

น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 310,000 ดาสดิน ละลายได้ในน้ำเย็น และการละลายดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อน locust bean gum ไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ช่วยเสริมความสามารถของ carrageenan และ agar ในการช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นดีขึ้น การเกิดปฏิกิริยากับ K-carrageenan เป็นดังรูปที่ 2.16

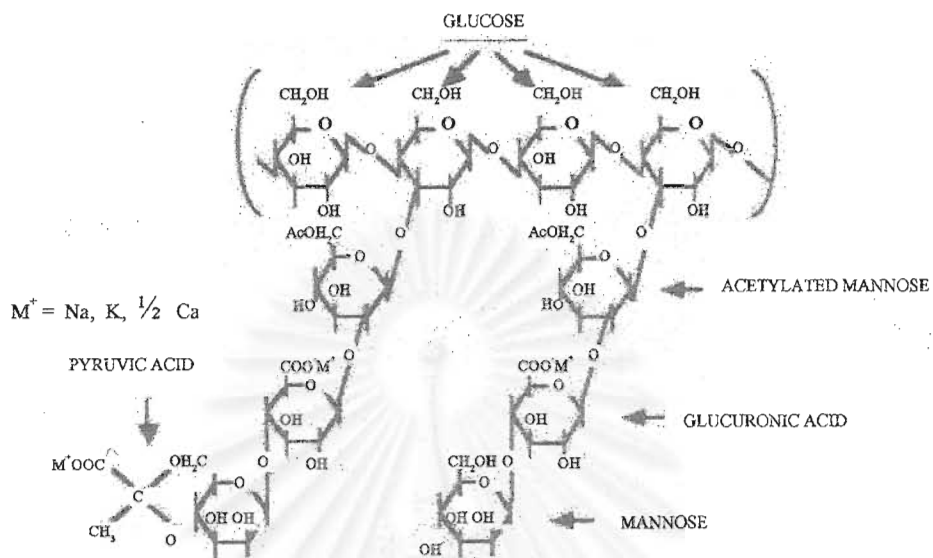


รูปที่ 2.16 Model proposed for interaction between double-helical chains of K-carrageenan (C) and ordered galactomannan chains (G)

ที่มา: Dea et al. (1972)

2.4.3. Xanthan gum

สังเคราะห์ขึ้นโดย *Xanthomonas campestris* เป็นสารพวก heteropolysaccharide ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 13×10^6 ถึง 50×10^6 ดาลตัน ประกอบด้วย D-glucose, D-mannose, D-glucuronic acid ในอัตราส่วน 2:2:1 เป็นโครงสร้างแกน และมีกลุ่มไพรูวิด (pyruvyl group) กับกลุ่มอะเซตทิล (acetyl group) เกาะอยู่ที่โมเลกุลของโมโนแซคคาไรด์ด้วย ดังรูปที่ 2.17 สามารถละลายน้ำได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ให้สารละลายที่หนืด non-thixotropic และขุ่น สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.1-1.0% จะมี pH อยู่ในช่วง 6.0-7.0 สำหรับความหนืดที่ได้จะใกล้เคียงกับความหนืดของ guar, tragacanth หรือ sodium alginate และความหนืดจะไม่มี การเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง และจะคงตัวได้ดีทั้งในสารละลายที่เป็นกรดหรือต่างสามารถละลายได้ดีในสารละลายที่มีคุณสมบัติเป็นกรด มีคุณสมบัติเป็น emulsifier ที่ดี สำหรับ oil in water system (ศิวาพร ศิวเวท, 2529)



รูปที่ 2.17 Primary structure of xanthan gum

ที่มา: Uriacher and Noble (1997)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 การทดลอง

3.1. วัตถุประสงค์ สารเคมี อุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์

3.1.1. วัตถุประสงค์

- นมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย คือนมที่ทางผู้ผลิตเก็บกลับคืนจากท้องตลาด ก่อนที่จะถึงวันหมดอายุตามที่ระบุไว้บนกล่องประมาณ 1-3 เดือน นมยูเอชทีรสจืด ขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทไฟร์โมสต์ฟรึสแลนส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

- แครอท
- หอมหัวใหญ่
- carrageenan locust bean gum และ xanthan gum (ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท SKW Biosystem จำกัด)

3.1.2. สารเคมี

ในกระบวนการผลิต

acetic acid	AR.
citric acid	AR.
lactic acid	AR.
calcium chloride	food grade
sodium chloride	food grade
disodium phosphate	food grade ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท โลเดีย (ประเทศไทย) จำกัด

การวิเคราะห์โปรตีน

sulfuric acid	AR.
hydrochloric acid	AR.
boric acid	AR.
sodium hydroxide	commercial grade
methyl red	AR.
methylene blue	AR.

selenium mix	AR.
การวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธี Gerber	
sulfuric acid	AR.
iso amyl alcohol	AR.
การวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธี Soxhlet	
petroleum ether	AR.
การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	
plate count agar	(Merck Co., Ltd.)
potato dextrose agar	(Merck Co., Ltd.)

3.1.3. อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius รุ่น 3100s) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 series) (รูป ค.6.ภาคผนวก ค)
- ตู้อบลมร้อน ช่วงอุณหภูมิ 5-300°C (WTB Binder, ED)
- ถ้วยอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 ซม. สูง 2.5 ซม.
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร(Texture analyzer TA-XT2i) (รูป ค.7ภาคผนวก ค)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน (B-414, B-426, B-342 ของ BUCHI)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมัน (Gerber Apparatus)
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมัน (Soxhlet Apparatus)
- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius รุ่น 3100s)ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เตาเผา Muffle Furnace Carbolite รุ่น Mel 11-2

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius รุ่น 200s)ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เครื่องชั่งน้ำหนัก (Sartorius รุ่น 3100s)ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- นาฬิกาจับเวลา
- เทอร์โมมิเตอร์ 0 ถึง 100°C
- pH meter (Horiba, F-21E)
- เครื่องผสม (Hand Homogenizer, series X 10/20) ประกอบด้วยหัวผสม (Mixing Head, 3923 14)และแกนหัวผสม(Shaft, 20/T)(รูป ค.9 ภาคผนวก ค)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ตู้เขี่ยเชื้อ (Issco, BVT-123)
- ตู้บ่มเชื้อ
- Autoclave (Sanyo, Labo Autoclave)
- จานเพาะเชื้อ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- จานพลาสติก
- ช้อนพลาสติก
- แก้วน้ำพลาสติก
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์ทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
- โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.1.4. วิเคราะห์

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (รูป ค.7 ภาคผนวก ค)
ค่า hardness, chewiness, adhesiveness, springiness, cohesiveness
- ค่าสี (L, a, b) โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1-ก.4)

- ความชื้น ตามวิธีของ Marshall (1993)
- โปรตีน ตามวิธีของ Marshall (1993)
- ไขมัน Gerber method ตามวิธีของ Marshall (1993)
- ไขมัน Soxhlet method ตามวิธีของ A.O.A.C, (1995)
- เถ้า ตามวิธีของ Marshall (1993)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5-ก.6)

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ Diliello (1982)
- ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีของ Diliello (1982)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ โดยวิธี quantitative descriptive analysis (QDA) with scaling (Larmond, 1982) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน (semi-

trained) จำนวน 12 คน โดยเป็นกลุ่มนิสิตปริญญาโทของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และใช้แบบทดสอบ triangle test และทดสอบความชอบรวมโดยวิธี 9-point hedonic (Larmond, 1982) ดังแสดงในภาคผนวก ข. โดยการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบ จะตัดผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดความหนาประมาณ 0.2 ซม. วางลงบนขนมปังจืด ใส่จานพลาสติกสีขาว และใช้รหัสกำกับตัวอย่างด้วยตัวเลข 3 หลักแบบสุ่ม

3.2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของนมยูเอชทีที่เป็นวัตถุคิ

3.2.1.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของนมยูเอชที

- โดยการตรวจพินิจด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น การเกิดเจล และการแยกชั้นของไขมัน

3.2.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของนมยูเอชที ได้แก่

- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl (Marshall, 1993)
- ปริมาณไขมัน โดยวิธี Gerber method (Marshall, 1993)
- ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบแห้ง (Marshall, 1993)
- ปริมาณเถ้า โดยวิธีเผา (Marshall, 1993)
- วัด pH โดยใช้ pH meter
- วัดค่าสี L, a, b โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter

3.2.2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมลิมนม

3.2.2.1. ศึกษาหาอุณหภูมิ ชนิดของกรด และ pH ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิมนม

เตรียมลิมนมตามขั้นตอนที่แสดงในแผนภาพที่ 1 แล้วศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

3.2.2.1.1. หาอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสมกับกรดแต่ละชนิด คือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และ กรดแลคติก

โดยเติม calcium chloride 0.08 กรัมลงในนมยูเอชที 400 กรัม ให้ความร้อนแก่นมใน water bath โดยแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส

คงอุณหภูมิ 5 นาที เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 10% w/v เพื่อปรับ pH โดยแปร pH เป็น 3 ระดับ คือ 4.7, 5.0 และ 5.3 กวนผสมให้เข้ากัน และปล่อยให้ลิมนม set ตัวใน water bath 15 นาที นำลิมนมที่ได้มาแยกเวย์ออกโดยเทลิมนมลงบนผ้าขาวบางที่มีกวยรองอีกชั้น ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำลิมนมที่ได้ไป ประเมินสมบัติของลิมนมโดยวิเคราะห์ ผลผลิตเป็นร้อยละ (% yield) ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และวัดค่าสี

วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Design 3X3 ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) (Cochran and Cox, 1992)

ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้แต่เปลี่ยนชนิดของกรดเป็น กรดซิตริก และกรดแลคติก

3.2.2.1.2. ทาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการทำให้เนยเยลที่เกิดลิมนม

โดยใช้สภาวะอุณหภูมิ และ pH ที่ดีที่สุดของกรดแต่ละชนิดที่ได้

จากการศึกษาในข้อ 3.2.2.1.1 นำมาเปรียบเทียบกัน ประเมินสมบัติของลิมนมโดยวิเคราะห์ ผลผลิตเป็นร้อยละ (% yield) ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และวัดค่าสี

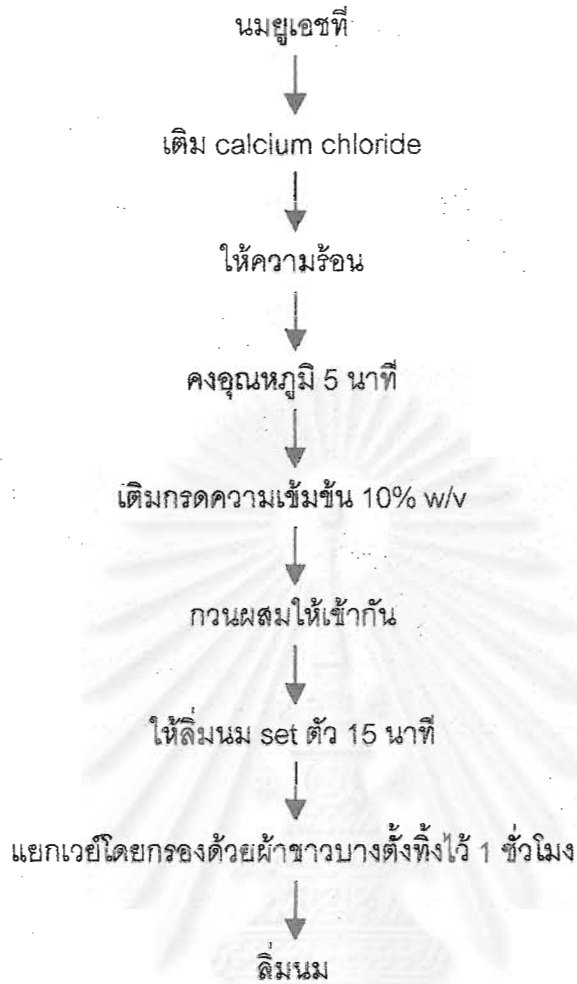
วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 4 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT

3.2.2.2. ศึกษาหาปริมาณ calcium chloride ที่เหมาะสมในการทำให้เนยเยลที่เกิดลิมนม

เตรียมลิมนมตามขั้นตอนในแผนภาพที่ 1 โดยแปรปริมาณ calcium chloride เป็น 3 ระดับ คือ 0.00%, 0.01% และ 0.02% ของน้ำหนักนํานมเริ่มต้น ให้ความร้อนและปรับ pH ด้วยกรด ตามระดับที่เลือกได้จากข้อ 3.2.2.1 ประเมินสมบัติของลิมนมโดยวิเคราะห์ ผลผลิตเป็น ร้อยละ (% yield) ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้น

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 4 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 1 กระบวนการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิมนม

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3. ศึกษาหาสัดส่วน และชนิดของ gelling agent ที่เหมาะสมในการผลิตโพรเซสชีสบล๊อค

โดยใช้ลิมินมที่ผลิตได้จากสภาวะที่เลือกจากข้อ 3.2.2.

3.2.3.1. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K- carrageenan ร่วมกับ locust bean gum

แปรสัดส่วนเป็นดังนี้คือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 โดย gelling agent ทั้งหมดจะใช้ในปริมาณ 1% ของน้ำหนักลิมินม ตามกระบวนการผลิตดังแผนภาพที่ 2 ทำการประเมินโพรเซสชีสบล๊อคที่ผลิตได้ด้าน

- ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยวัดค่า hardness chewiness adhesiveness springiness และ cohesiveness
- วัดสีด้วยเครื่อง Minolta Chroma Meter
- ปริมาณความชื้นด้วยวิธีอบแห้ง

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMRT

- ทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ quantitative descriptive analysis (QDA) with scaling ด้าน ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic

ให้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน (semi – trained) 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.3.2. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K- carrageenan ร่วมกับ xanthan gum

แปรสัดส่วนเป็นดังนี้คือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 โดย gelling agent ทั้งหมดจะใช้ในปริมาณ 1% ของน้ำหนักลิมินม ตามกระบวนการผลิตดังแผนภาพที่ 2 ทำการประเมินโพรเซสชีสบล๊อคที่ผลิตได้เช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.3.1

3.2.3.3 เลือกชนิดของ gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K- carrageenan ระหว่าง locust bean gum และ xanthan gum

โดยใช้สัดส่วนที่เลือกได้จากข้อ 3.2.3.1. และข้อ 3.2.3.2. วิธีการผลิตตั้งแผน

ภาพที่ 2 ทำการประเมินโพรเซสซีสบล๊อคที่ผลิตได้เช่นเดียวกับ ข้อ 3.2.3.1

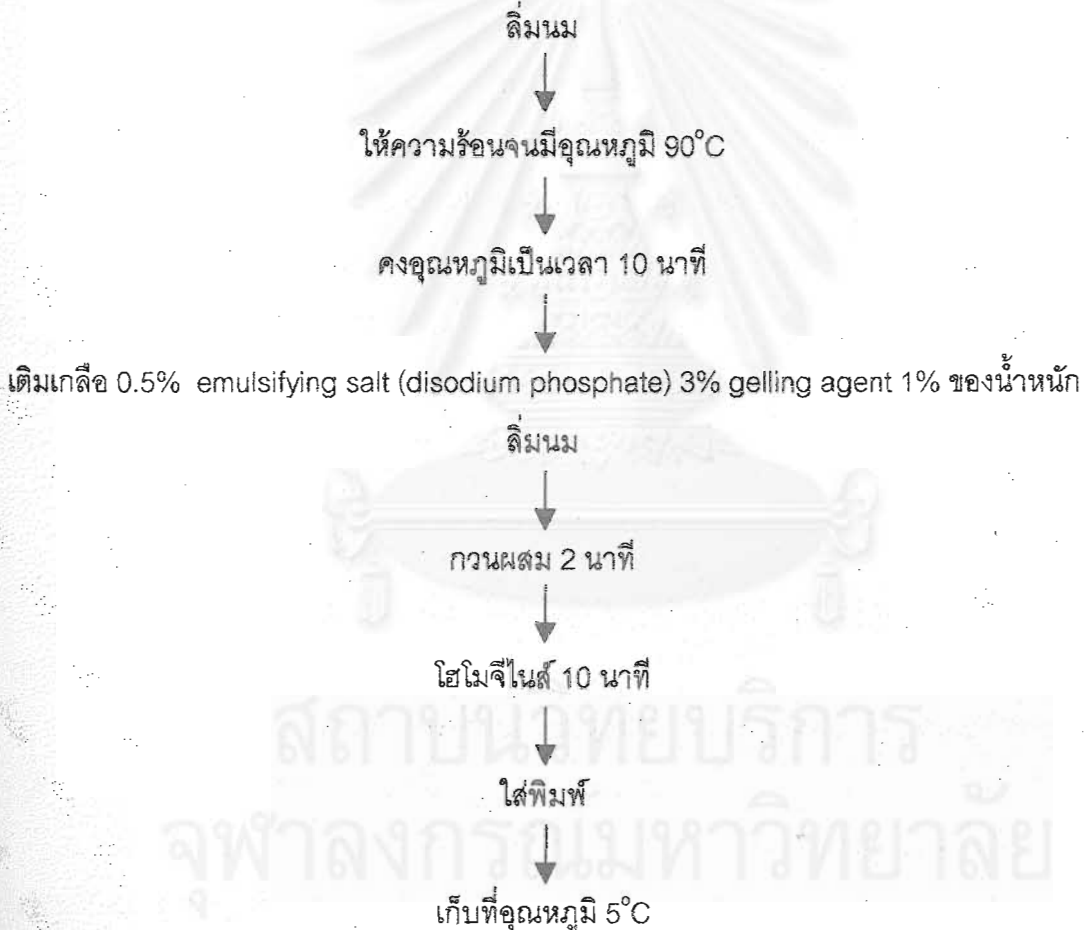
วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 6 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย

วิธี DNMRT ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ QDA with scaling ด้าน ลักษณะปรากฏ สี

เนื้อสัมผัส และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic ใช้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน

(semi – trained) 20 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า-

เฉลี่ยโดยวิธี DNMRT ทดลอง 2 ซ้ำ.



แผนภาพที่ 2 กระบวนการผลิตโพรเซสซีสบล๊อค

3.2.4. ศึกษาการปรับปรุงรสชาติ

3.2.4.1. ศึกษาปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมในการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ปรับปรุงรสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมรสช็อคโกแลตโดยใช้กระบวนการผลิตดังแผนภาพที่ 3

3.2.4.1.1. หาสัดส่วนระหว่างแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

โดยแปรสัดส่วนเป็น 1:2, 1:1 และ 2:1 โดยให้ปริมาณรวมเป็น 10 %

ของน้ำหนักลิมนม การประเมินโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA with scaling ด้าน

ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic

ให้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน (semi – trained) 12 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.4.1.2. หาปริมาณการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

โดยใช้สัดส่วนที่เลือกได้จากข้อ 2.2.4.1.1. และแปรปริมาณเป็น 5%, 10% และ 15% ของน้ำหนักลิมนม โดยใช้กระบวนการผลิตดังแผนภาพที่ 3

การประเมินโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA with scaling ด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic

ให้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน (semi – trained) 12 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.4.2. ศึกษาหาปริมาณเกลือที่เหมาะสม

โดยแปรปริมาณการใช้เป็น 0.25%, 0.50% และ 0.75% ของน้ำหนักลิมนม ใช้กระบวนการผลิตดังแผนภาพที่ 3

การประเมินโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ QDA with scaling ด้าน เนื้อสัมผัส รสชาติ และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic

ให้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน (semi – trained) 20 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMRT ทดลอง 2 ซ้ำ

3.2.5. ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ประชาสัมพันธ์ จุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อก

นำโพรเซสชีสบล็อกที่ผลิตตามแผนภาพที่ 2 โดยใช้ปริมาณเกลือ ปริมาณและสัดส่วนผักที่เลือกได้จากข้อ 3.2.4 และเติม potassium sorbate 0.1% ของน้ำหนักลิมนม โดยเติมในช่วงการเติมเกลือ emulsifying salt และ gelling agent นำออกจากพิมพ์แล้วบรรจุลงในถุง PET / PE / Al / PE / LLDPE ปิดผนึกในภาวะสุญญากาศ (0.95 บาร์) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน ประเมินผลโดย

- วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี (L, a, b) และลักษณะเนื้อสัมผัสจากการวัดด้วยเครื่อง texture analyzer

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DNMR

- ทดสอบทางประชาสัมพันธ์แบบ QDA with scaling ด้าน สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และทดสอบความชอบรวมโดยใช้วิธี 9 – point hedonic

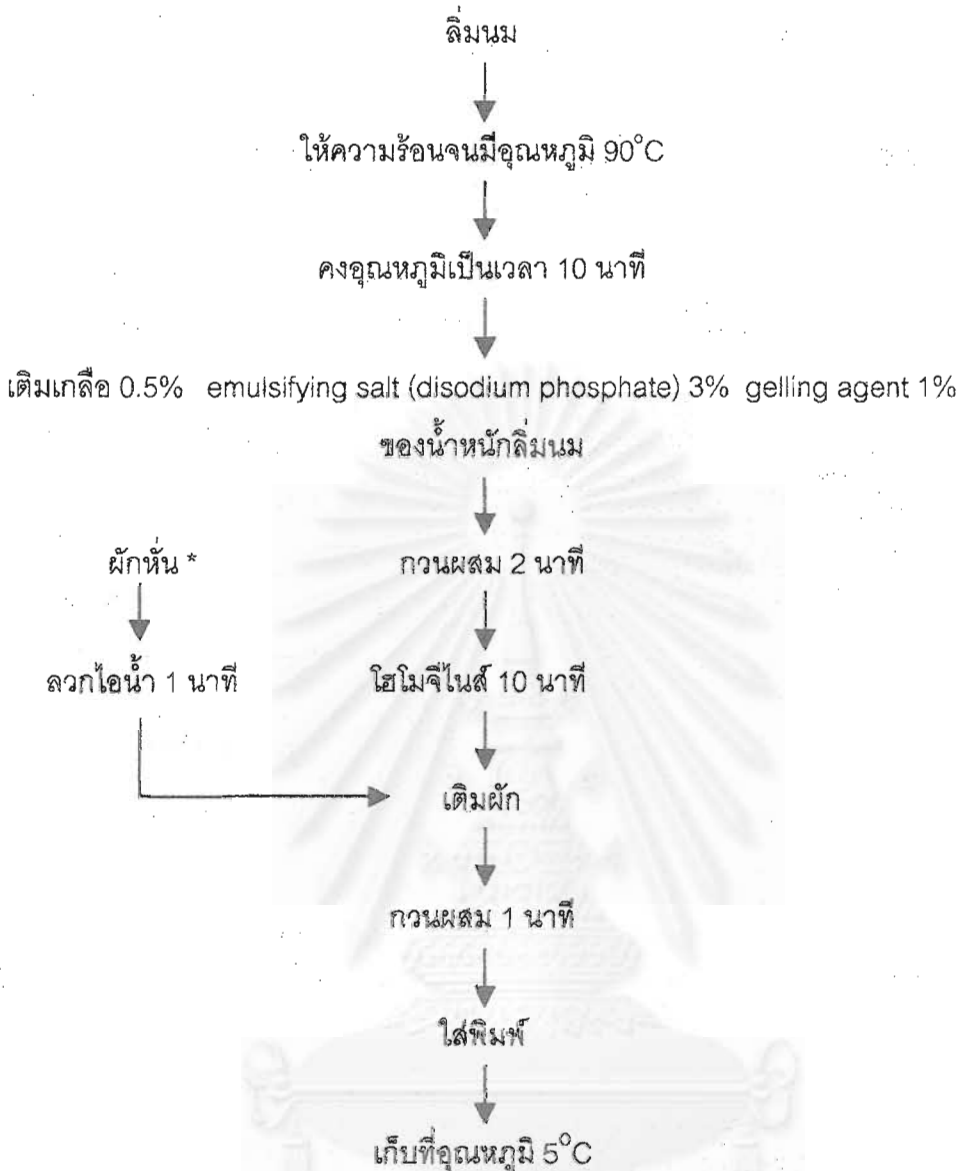
โดยใช้ผู้ทดสอบแบบกึ่งฝึกฝน (semi – trained) 12 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DNMR ทดลอง 2 ซ้ำ

- ทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้ Standard Plate Count Method และตรวจหาปริมาณยีสต์และราโดยใช้ Yeast and Mold Count Method และตรวจหาปริมาณยีสต์

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ

3.2.5. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate composition) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อก

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้มาวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต



* แครอท และ หอมหัวใหญ่ หั่นให้มีขนาด 3×3×1 (มิลลิเมตร) น้ำหนักรวม 30 กรัม

แผนภาพที่ 3 กระบวนการผลิตโพรเซสชีสบล็อกชั้นตอนปรับปรุงรสชาติ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของนมยูเอชทีที่เป็น วัตถุตีบ

4.1.1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของนมยูเอชที

โดยการตรวจพินิจด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น การเกิดเจล และการแยกชั้นของ
ไขมันได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของนมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุตีบ

สมบัติที่พิจารณา	ลักษณะที่พบ
ลักษณะปรากฏ	เป็นเนื้อเดียวกัน มีลิ้นนมเล็กน้อย
สี	ขาวครีม
กลิ่น	กลิ่นหอมนมปกติ
การเกิดเจล	ไม่เกิดเจล
การแยกชั้นของไขมัน	ไม่เกิดการแยกชั้น

4.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบของนมยูเอชที

ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า วัด pH วัดสี
ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์นมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุตีบ

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย ¹ ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น (%)	88.67±0.56
ไขมัน (%)	2.87±0.05
โปรตีน (%)	3.03±0.09
เถ้า (%)	0.72±0.004
คาร์โบไฮเดรต ² (%)	4.71±0.23
pH	6.45±0.07
ค่าสี L	81.82±0.13
ค่าสี a	-2.35±0.41
ค่าสี b	+7.82±0.25

1 ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

2 หาโดยผลต่างจาก 100%

4.2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมลิมนม

4.2.1. ศึกษาอุณหภูมิ ชนิดของกรด และ pH ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชที เกิดลิมนม

เตรียมลิมนมตามขั้นตอนที่แสดงในแผนภาพที่ 1

4.2.1.1. หาอุณหภูมิและpH ที่เหมาะสมกับกรดแต่ละชนิด คือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

โดยเติม calcium chloride 0.08 กรัมลงในนมยูเอชที 400 กรัม ให้ความร้อนแก่นมใน water bath โดยแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับ คือ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมิ 5 นาที เติมกรดอะซิติกความเข้มข้น 10% w/v เพื่อปรับ pH โดยแปร pH เป็น 3 ระดับ คือ 4.7, 5.0 และ 5.3 คนผสมให้เข้ากัน และปล่อยให้ลิมนม set ตัวใน water bath 15 นาที นำลิมนมที่ได้มาแยก เวย์ออกโดยเทลิมนมลงบนผ้าขาวบางที่มีกรวยรองอีกชั้น ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง นำลิมนมที่ได้มา ประเมินสมบัติของลิมนมโดยวิเคราะห์ ผลผลิตเป็นร้อยละ(%yield) ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และวัดค่าสี ผลที่ได้แสดงใน ตารางที่ 4.3-4.16

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูประดับ pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		% ผลผลิต	ปริมาณโปรตีน (% dry basis)	ปริมาณไขมัน ^{ns} (% dry basis)	% ความชื้น
4.7	70	7.41 ^a \pm 0.36	42.16 ^b \pm 0.72	20.48 \pm 0.82	64.02 ^{cd} \pm 2.70
	80	7.23 ^a \pm 0.11	44.70 ^a \pm 0.09	20.03 \pm 1.13	64.11 ^{bcd} \pm 5.15
	90	7.42 ^a \pm 0.22	40.98 ^{bc} \pm 0.73	20.03 \pm 1.09	60.61 ^d \pm 0.74
5.0	70	7.63 ^a \pm 0.33	39.47 ^c \pm 1.06	20.89 \pm 0.59	65.59 ^{bcd} \pm 4.10
	80	7.36 ^a \pm 0.06	41.28 ^{bc} \pm 1.02	20.03 \pm 1.13	66.11 ^{bcd} \pm 1.98
	90	7.31 ^a \pm 0.01	42.42 ^b \pm 1.41	20.03 \pm 1.09	63.82 ^{bcd} \pm 2.71
5.3	70	4.90 ^b \pm 0.07	29.03 ^d \pm 1.83	19.04 \pm 1.38	85.85 ^a \pm 1.76
	80	7.49 ^a \pm 0.18	40.00 ^{bc} \pm 0.40	20.22 \pm 0.03	68.35 ^{bc} \pm 3.55
	90	7.52 ^a \pm 0.08	41.51 ^{bc} \pm 0.20	19.19 \pm 0.49	69.93 ^b \pm 2.00

a,b,...ตัวอักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูปที่ระดับ pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
4.7	70	89.96 \pm 0.12	-0.93 \pm 1.3	+14.59 \pm 0.28
	80	86.00 \pm 1.06	-1.05 \pm 0.29	+15.14 \pm 1.31
	90	86.43 \pm 0.94	-0.82 \pm 0.47	+15.79 \pm 0.82
5.0	70	87.31 \pm 1.87	-1.01 \pm 0.31	+14.44 \pm 2.21
	80	87.64 \pm 0.21	-0.92 \pm 0.08	+13.75 \pm 0.17
	90	86.20 \pm 1.44	-0.75 \pm 0.01	+14.95 \pm 1.20
5.3	70	88.79 \pm 0.11	-1.01 \pm 0.01	+12.55 \pm 0.23
	80	88.14 \pm 0.88	-0.92 \pm 0.06	+12.77 \pm 0.39
	90	88.87 \pm 0.69	-1.02 \pm 0.20	+12.21 \pm 0.70

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกที่แปรรูปที่ระดับ pH และระดับอุณหภูมิ

SOV	df	MS						
		%ผลผลิต	ปริมาณ โปรตีน (% dry basis)	ปริมาณ ไขมัน (% dry basis)	%ความชื้น	L	a	b
pH(A)	2	1.151*	53.418*	1.205	254.795*	7.297*	0.012	11.159*
temp(B)	2	1.103*	48.792*	0.269	67.215*	0.462	0.026	0.383
pH \times temp	4	1.765*	27.883*	0.591	64.685*	0.732	0.022	0.613
Error	9	0.039	0.975	0.896	9.132	0.986	0.052	0.995

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

pH	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	L	b
4.7	86.46 ^b \pm 0.76	+15.17 ^a \pm 0.82
5.0	87.05 ^b \pm 1.26	+14.38 ^a \pm 1.25
5.3	88.60 ^a \pm 0.62	+12.52 ^b \pm 0.45

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3×3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน และค่าสีของลิมนม ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ %ความชื้นของลิมนม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่น้ำนมจุนอุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 5.3 จะให้ %ผลผลิตต่ำที่สุด แต่มี %ความชื้นสูงที่สุด แต่ที่สภาวะอื่น ๆ การทำให้เกิดลิมนมไม่มีความแตกต่างของ %ผลผลิต ($p > 0.05$) ส่วนสภาวะในการเกิดลิมนมที่อุณหภูมิ 80°C และปรับ pH 4.7 ให้ลิมนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH (A) พบว่ามีผลต่อ ค่าความสว่าง(L) และค่าสีเหลือง(b) ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจากการพิจารณาสมบัติของลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่น้ำนมที่อุณหภูมิ 80°C และปรับ pH 4.7 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง และ %ความชื้นต่ำ จึงเลือกสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะในการทำให้เกิดลิมนมด้วยกรดอะซิติก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		% ผลผลิต	ปริมาณโปรตีน (% dry basis)	ปริมาณไขมัน ^{ns} (% dry basis)	% ความชื้น
4.7	70	7.61 ^a \pm 0.10	41.96 ^a \pm 0.38	21.14 \pm 0.13	64.89 ^{cde} \pm 0.62
	80	7.32 ^a \pm 0.17	41.78 ^{ab} \pm 0.36	21.14 \pm 0.04	61.45 ^{cd} \pm 0.27
	90	7.32 ^a \pm 0.44	41.88 ^{ab} \pm 0.56	20.81 \pm 0.62	59.96 ^c \pm 1.70
5.0	70	7.78 ^a \pm 0.17	39.58 ^c \pm 0.29	20.66 \pm 0.69	70.05 ^b \pm 3.45
	80	7.50 ^a \pm 0.05	40.61 ^{abc} \pm 0.27	21.03 \pm 0.34	63.03 ^{cde} \pm 0.27
	90	7.33 ^a \pm 0.22	40.71 ^{abc} \pm 0.52	20.38 \pm 0.78	62.47 ^{cde} \pm 0.30
5.3	70	2.60 ^b \pm 0.06	24.18 ^d \pm 0.81	19.63 \pm 0.02	87.44 ^a \pm 0.03
	80	7.61 ^a \pm 0.48	39.31 ^c \pm 0.81	21.28 \pm 0.24	68.84 ^{bc} \pm 6.19
	90	7.72 ^a \pm 0.04	39.94 ^{bc} \pm 1.88	20.89 \pm 0.66	66.77 ^{bcd} \pm 2.67

a,b,...ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป
pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
4.7	70	87.23 \pm 0.19	-0.90 \pm 0.14	+14.16 \pm 0.21
	80	86.62 \pm 0.08	-0.94 \pm 0.04	+14.89 \pm 0.08
	90	85.50 \pm 1.63	-0.66 \pm 0.40	+15.75 \pm 1.32
5.0	70	88.02 \pm 0.16	-1.05 \pm 0.01	+13.68 \pm 0.04
	80	87.04 \pm 0.54	-1.02 \pm 0.32	+14.23 \pm 0.08
	90	86.05 \pm 0.26	-0.71 \pm 0.03	+15.78 \pm 0.75
5.3	70	89.15 \pm 0.07	-1.53 \pm 0.03	+11.92 \pm 0.08
	80	89.34 \pm 0.66	-0.82 \pm 0.47	+13.05 \pm 1.02
	90	87.08 \pm 0.63	-0.67 \pm 0.18	+14.13 \pm 0.80

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น
และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกที่แปรรูป
ระดับ pH และระดับอุณหภูมิ

SOV	df	MS						
		%ผลผลิต	ปริมาณ โปรตีน (% dry basis)	ปริมาณ ไขมัน (% dry basis)	%ความชื้น	L	a	b
pH(A)	2	4.514*	91.076*	0.312	243.525*	6.868*	0.045	6.080*
temp(B)	2	4.309*	59.933*	0.703	218.059*	6.050*	0.348*	5.848*
pH \times temp	4	6.467*	50.039*	0.536	44.786*	0.294	0.096	0.109
Error	9	0.060	0.654	0.232	6.756	0.437	0.059	0.450

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง และค่าสีเหลือง ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

pH	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	L	b
4.7	86.45 ^b \pm 1.08	+14.93 ^a \pm 0.93
5.0	87.04 ^b \pm 0.92	+14.56 ^a \pm 1.03
5.3	88.52 ^a \pm 1.20	+13.03 ^b \pm 1.14

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
70	88.13 ^a \pm 0.87	-1.16 ^b \pm 0.30	+13.25 ^b \pm 1.06
80	87.67 ^a \pm 1.37	-0.92 ^b \pm 0.27	+14.05 ^b \pm 0.95
90	86.21 ^b \pm 1.07	-0.68 ^a \pm 0.20	+15.22 ^a \pm 1.14

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3×3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน และค่าสีของลิมนม ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ %ความชื้นของลิมนม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่า ลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่น้ำนมจนอุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 5.3 จะให้ %ผลผลิตต่ำที่สุด แต่มี %ความชื้นสูงที่สุด แต่ที่สภาวะอื่น ๆ การทำให้เกิดลิมนมไม่มีความแตกต่างของ %ผลผลิต ($p > 0.05$) ส่วนสภาวะในการเกิดลิมนมที่อุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 4.7 ให้ลิมนมที่มีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH (A) พบว่ามีผลต่อ ค่าความสว่าง(L) และค่าสีเหลือง(b) ($p \leq 0.05$) และอิทธิพลของอุณหภูมิ (B) มีผลต่อค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง(b) ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจากการพิจารณาสมบัติของลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 4.7 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง และ %ความชื้นต่ำจึงเลือกสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะในการทำให้เกิดลิมนมด้วยกรดซิตริก

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้น ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		% ผลผลิต	ปริมาณโปรตีน (% dry basis)	ปริมาณไขมัน ^{ns} (% dry basis)	% ความชื้น
4.7	70	7.46 ^a \pm 0.68	40.11 ^c \pm 0.19	21.08 \pm 0.42	61.95 ^{cd} \pm 1.76
	80	7.60 ^a \pm 0.39	41.87 ^{bc} \pm 0.39	20.98 \pm 0.08	62.11 ^{cd} \pm 0.19
	90	7.15 ^a \pm 0.60	42.68 ^b \pm 0.74	20.12 \pm 1.07	63.45 ^{bcd} \pm 0.53
5.0	70	7.53 ^a \pm 0.46	45.27 ^a \pm 1.46	20.41 \pm 2.28	66.85 ^b \pm 3.70
	80	7.31 ^a \pm 0.04	40.92 ^{bc} \pm 0.64	20.90 \pm 0.44	64.48 ^{bcd} \pm 0.24
	90	7.38 ^a \pm 0.61	41.87 ^{bc} \pm 0.70	19.86 \pm 1.41	60.41 ^d \pm 1.64
5.3	70	5.82 ^b \pm 0.10	27.83 ^d \pm 1.64	18.12 \pm 0.60	85.21 ^a \pm 2.46
	80	7.66 ^a \pm 0.17	40.13 ^c \pm 0.13	19.30 \pm 0.82	64.72 ^{bcd} \pm 1.86
	90	7.41 ^a \pm 0.34	40.28 ^c \pm 0.05	18.39 \pm 1.51	65.74 ^{bc} \pm 1.51

a,b,...ตัวอักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่
แปรรูป pH และระดับอุณหภูมิ

pH	อุณหภูมิ (°C)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
4.7	70	87.10 \pm 0.10	-0.95 \pm 0.03	+14.66 \pm 0.70
	80	86.61 \pm 0.18	-0.85 \pm 0.04	+14.69 \pm 0.60
	90	85.60 \pm 0.51	-0.82 \pm 0.06	+15.99 \pm 0.47
5.0	70	87.68 \pm 0.66	-0.92 \pm 0.84	+13.49 \pm 0.40
	80	87.29 \pm 0.42	-1.01 \pm 0.12	+14.12 \pm 0.14
	90	87.03 \pm 1.87	-0.37 \pm 0.06	+18.01 \pm 3.25
5.3	70	89.71 \pm 0.04	-1.10 \pm 0.06	+11.73 \pm 0.09
	80	88.25 \pm 0.55	-0.92 \pm 0.06	+12.78 \pm 0.97
	90	87.35 \pm 1.34	-0.75 \pm 0.23	+14.25 \pm 0.32

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น
และค่าเฉลี่ยค่าสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกที่แปรรูป
ระดับ pH และระดับอุณหภูมิ

SOV	df	MS						
		%ผลผลิต	ปริมาณ โปรตีน (% dry basis)	ปริมาณ ไขมัน (% dry basis)	%ความชื้น	L	a	b
pH(A)	2	0.394	74.895*	7.808*	153.788*	6.002*	0.037	10.072*
Temp(B)	2	0.537	25.835*	1.320	123.698*	3.384*	0.199*	13.037*
pH \times temp	4	0.796*	45.035*	0.271	82.679*	0.416	0.055	1.653
Error	9	0.192	0.722	1.336	3.514	0.721	0.042	1.431

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH

pH	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ปริมาณไขมัน (% dry basis)	L	b
4.7	20.73 ^a \pm 0.70	86.44 ^b \pm 0.73	+15.11 ^a \pm 0.82
5.0	20.39 ^a \pm 1.30	87.33 ^{ab} \pm 0.95	+15.21 ^a \pm 2.64
5.3	18.60 ^b \pm 0.98	88.43 ^a \pm 1.25	+12.92 ^b \pm 1.22

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
70	88.16 ^a \pm 1.26	-0.99 ^b \pm 0.26	+13.29 ^b \pm 1.37
80	87.38 ^{ab} \pm 0.80	-0.92 ^b \pm 0.10	+13.86 ^b \pm 1.02
90	86.66 ^b \pm 1.34	-0.65 ^a \pm 0.24	+16.08 ^a \pm 2.24

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Symmetric Factorial Experiment ขนาด 3×3 พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน และค่าสีของลิมนม ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ %ความชื้นของลิมนม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่น้ำนมจนอุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 5.3 จะให้ %ผลผลิตต่ำที่สุด แต่มี %ความชื้นสูงที่สุด แต่ที่สภาวะอื่น ๆ การทำให้เกิดลิมนมไม่มีความแตกต่างของ %ผลผลิต ($p > 0.05$) ส่วนสภาวะในการเกิดลิมนมที่อุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 5.0 ให้ลิมนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH (A) พบว่ามีผลต่อ ปริมาณไขมัน ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$) และอิทธิพลของอุณหภูมิ (B) มีผลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นจากการพิจารณาสมบัติของลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 70°C และปรับ pH 5.0 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง และ %ความชื้นต่ำจึงเลือกสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะในการทำให้เกิดลิมนมด้วยกรดแลคติก

4.2.1.2. หาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิมนม

ใช้สภาวะอุณหภูมิและ pH ที่ดีที่สุดของกรดแต่ละชนิดที่ได้เลือกจากข้อ 4.2.1.1 นำมาเปรียบเทียบกันโดยประเมินสมบัติของลิมนมจาก เปอร์เซ็นต์ผลผลิต(%yield) โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าสี ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.17-4.19

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรชนิดกรด

ชนิดกรด	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	% ผลผลิต ^{ns}	ปริมาณโปรตีน (%dry basis)	ปริมาณไขมัน ^{ns} (%dry basis)	% ความชื้น
อะซิติก	7.19 \pm 0.53	43.61 ^a \pm 1.10	20.71 \pm 1.27	63.08 ^c \pm 2.08
ซิตริก	7.43 \pm 0.32	41.74 ^b \pm 0.34	20.86 \pm 0.67	64.55 ^b \pm 0.50
แลคติก	7.55 \pm 0.32	44.73 ^a \pm 1.47	19.83 \pm 1.61	69.07 ^a \pm 1.11

a,b,...ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการแปรชนิดกรด

ชนิดกรด	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a ^{ns}	b
อะซิติก	86.81 ^b \pm 0.31	+0.86 \pm 0.05	+14.44 ^a \pm 0.53
ซิตริก	86.83 ^b \pm 0.47	+0.79 \pm 0.09	+14.78 ^a \pm 0.82
แลคติก	88.24 ^a \pm 1.05	+0.80 \pm 0.24	+12.98 ^b \pm 0.81

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของลิมนมที่ได้จากการแปรรูปกรด

SOV	df	MS						
		ผลผลิต	ปริมาณโปรตีน (%dry basis)	ปริมาณไขมัน (%dry basis)	%ความชื้น	L	a	b
Treatment	2	0.134	9.101*	1.245	38.961*	2.684*	0.006	3.662*
Error	9	0.162	1.168	1.551	1.936	0.475	0.023	0.539

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่าชนิดกรดมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปริมาณโปรตีน ความชื้น ค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณไขมัน และค่าสีแดง (a) ($p > 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างลิมนมที่ปรับ pH ด้วยกรดอะซิติกและกรดแลคติกมีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน ไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกมีค่าสูงที่สุดแต่กรดอะซิติกมีค่าต่ำที่สุด ส่วนลิมนมที่ได้จากการใช้กรดแลคติกในการปรับ pH จะมีค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด และมีค่าสีเหลือง (b) ต่ำที่สุด แต่ลิมนมที่ได้จากการใช้กรดอะซิติกและกรดซิตริกมีค่าสีไม่แตกต่างกันแต่มีค่าความสว่างต่ำกว่า และมีค่าสีเหลืองสูงกว่าลิมนมที่ได้จากกรดแลคติก

ดังนั้นจึงเลือกใช้กรดอะซิติกเป็นกรดที่เหมาะสมในการ recover โปรตีนจากนมยูเอชที ตามเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินคือ ปริมาณโปรตีน เปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าสี อีกทั้งเห็นว่าราคาของอะซิติกเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอีก 2 ชนิดมีราคาที่ย่อมเยามากด้วย

4.2.2. ศึกษาหาปริมาณ CaCl_2 ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิมนม

โดยแปรปริมาณ CaCl_2 เป็น 3 ระดับคือ 0%, 0.01% และ 0.02% ของน้ำหนักนํ้านม ให้ ความร้อนและปรับ pH ด้วยกรดตามที่เลือกได้จากข้อ 4.2.1. นำลิมนมที่ได้มาประเมินผลโดยหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ปริมาณโปรตีน ไขมัน และ ความชื้นผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.20-4.21

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรปริมาณ CaCl_2

ปริมาณ CaCl_2 (%/น้ำหนักน้ำนม)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	%ผลผลิต ^{ns}	ปริมาณโปรตีน (%dry basis)	ปริมาณไขมัน ^{ns} (%dry basis)	% ความชื้น
0.00	8.17 \pm 0.14	40.66 ^b \pm 0.77	21.23 \pm 0.56	62.09 ^b \pm 0.70
0.01	8.04 \pm 0.30	40.91 ^b \pm 1.11	20.87 \pm 0.47	62.90 ^b \pm 0.79
0.02	8.11 \pm 0.13	43.35 ^a \pm 1.41	21.15 \pm 0.51	64.21 ^a \pm 0.80

a,b. ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โปรตีน ไขมัน และความชื้นของลิมนมที่ได้จากการแปรปริมาณ CaCl_2

SOV	df	MS			
		% ผลผลิต	ปริมาณโปรตีน (%dry basis)	ปริมาณไขมัน (%dry basis)	% ความชื้น
Treatment	2	0.015	8.811*	0.144	4.591*
Error	9	0.041	1.247	0.267	0.586

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ CRD พบว่าปริมาณ CaCl_2 มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ปริมาณโปรตีน ความชื้น ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ผลผลิต และปริมาณไขมันของลิมนม ($p > 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างลิมนมที่ได้จากการเติม CaCl_2 0.02% ของน้ำหนักน้ำนม มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนที่สูงที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุดด้วยเช่นกัน

ดังนั้นจึงเลือกเติมปริมาณ CaCl_2 0.02% ของน้ำหนักน้ำนมเป็นสถานะในการเตรียมลิมนมเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4.3. ศึกษาหาสัดส่วน และชนิดของ gelling agent ที่เหมาะสมในการผลิต โพรเซสซีสบล๊อค

โดยใช้ลิมนมที่ผลิตได้จากสภาวะที่เลือกจากข้อ 4.2

4.3.1. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K-carrageenan (CGN) ร่วมกับ locust bean gum (LBG)

โดยแปรสัดส่วนเป็นดังนี้คือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 โดย gelling agent ทั้งหมดจะใช้ปริมาณ 1% ของน้ำหนักลิมนม เตรียมโพรเซสซีสบล๊อคตามแผนภาพที่ 2 ผลผลิตก้อนที่ได้นำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.22-4.25 และรูปที่ 4.1 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.26-4.27

ตารางที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์ โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

สัดส่วน CGN:LBG	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	%ความชื้น	L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
0.4:0.6	59.18 ^a \pm 1.30	79.52 \pm 1.55	-0.017 \pm 0.25	+19.13 \pm 0.77
0.5:0.5	58.13 ^{ab} \pm 0.99	78.44 \pm 0.35	+0.307 \pm 0.20	+20.00 \pm 0.29
0.6:0.4	56.68 ^b \pm 0.41	78.22 \pm 1.24	+0.130 \pm 0.21	+20.31 \pm 0.20
0.7:0.3	57.65 ^{ab} \pm 0.66	78.74 \pm 0.61	-0.003 \pm 0.32	+19.66 \pm 0.61
0.8:0.2	59.25 ^a \pm 0.71	79.38 \pm 1.09	-0.247 \pm 0.40	+18.73 \pm 1.22

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยดี (L, a; b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของCGN ร่วมกับ LBG

SOV	df	MS			
		%ความชื้น	L	a	b
Treatment	4	3.499*	0.982 ^c	0.125	1.227
Error	10	0.755	1.126	0.082	0.519

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

สัดส่วน CGN:LBG	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Hardness (g)	Chewiness	Adhesiveness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}
0.4:0.6	575.53 ^a \pm 19.62	156.38 ^c \pm 45.49	-11.26 \pm 3.44	0.44 \pm 0.16	0.90 \pm 0.03
0.5:0.5	712.72 ^b \pm 47.99	204.77 ^b \pm 14.98	-8.64 \pm 1.73	0.32 \pm 0.02	0.89 \pm 0.02
0.6:0.4	847.59 ^a \pm 26.93	244.88 ^a \pm 17.28	-8.25 \pm 2.56	0.31 \pm 0.19	0.90 \pm 0.01
0.7:0.3	727.34 ^b \pm 32.40	197.77 ^b \pm 6.67	-7.96 \pm 0.85	0.30 \pm 0.01	0.90 \pm 0.01
0.8:0.2	516.09 ^d \pm 10.09	118.35 ^c \pm 12.56	-8.74 \pm 2.01	0.26 \pm 0.03	0.90 \pm 0.02

a,b,... ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

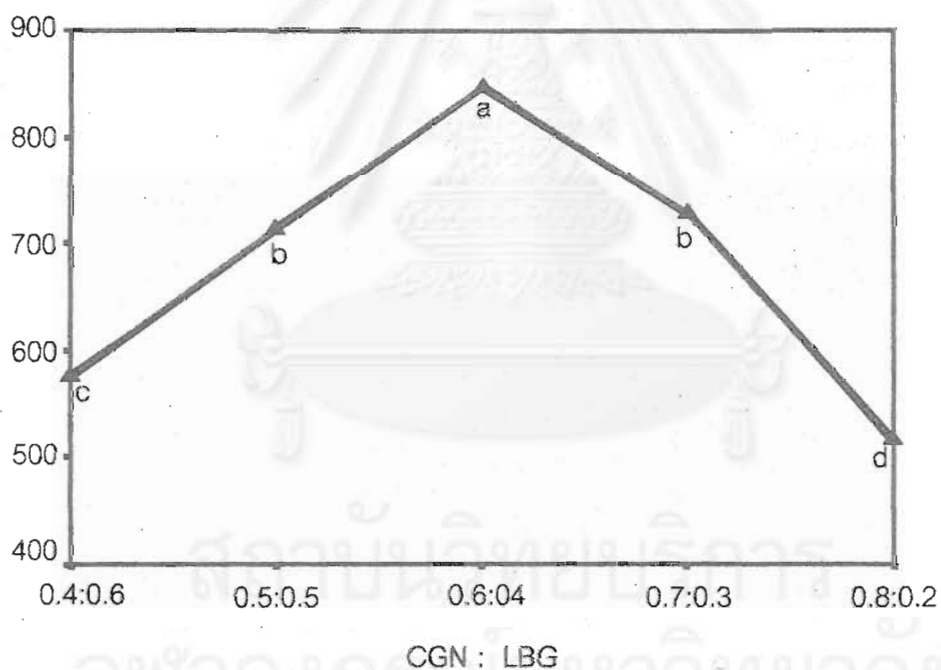
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

SOV	df	MS				
		Hardness (g)	Chewiness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
Treatment	4	51819.710*	7049.498*	5.211	0.014	0.00006
Error	10	912.981	558.835	5.232	0.005	0.0004

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

HARDNESS (g)



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย hardness ของโพรเซสชีสบล็อกที่แปรสัดส่วนของ CGN : LBG

ตารางที่ 4.26 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศ^{ns} สี^{ns} และความชอบรวม^{ns} ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

สัดส่วน CGN:LBG	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ฟองอากาศ ^{ns}	สี ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
0.4:0.6	5.38 \pm 1.85	4.89 \pm 1.98	5.96 \pm 1.43
0.5:0.5	5.24 \pm 1.99	4.97 \pm 1.85	5.83 \pm 1.34
0.6:0.4	5.02 \pm 2.18	5.49 \pm 2.15	5.37 \pm 1.56
0.7:0.3	5.59 \pm 2.00	5.58 \pm 2.12	6.33 \pm 1.88
0.8:0.2	5.39 \pm 2.04	5.34 \pm 2.12	6.08 \pm 1.72

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 1)

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านฟองอากาศ สี และความชอบรวม ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

SOV	df	MS		
		ฟองอากาศ	สี	ความชอบรวม
Treatment	4	1.055	2.407	3.021
Panelist	11	17.341*	31.896*	7.415*
Error	104	2.643	1.267	2.034

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อก ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

สัดส่วน CGN:LBG	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	Hardness ^{ns}	Chewiness ^{ns}	Adhesiveness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}	Lumpiness ^{ns}
0.4:0.6	5.70 \pm 2.14	5.78 \pm 1.28	5.15 \pm 1.77	4.88 \pm 1.42	5.14 \pm 1.58	6.86 \pm 1.65
0.5:0.5	6.06 \pm 1.53	5.64 \pm 1.24	5.10 \pm 1.50	4.88 \pm 1.24	4.80 \pm 1.39	7.03 \pm 1.68
0.6:0.4	6.13 \pm 1.34	5.75 \pm 1.16	4.98 \pm 1.31	4.79 \pm 1.47	4.78 \pm 1.50	6.59 \pm 1.78
0.7:0.3	5.16 \pm 1.69	5.30 \pm 1.21	4.92 \pm 1.66	4.61 \pm 1.69	4.46 \pm 1.93	7.18 \pm 1.59
0.8:0.2	5.84 \pm 1.68	5.83 \pm 1.40	4.97 \pm 1.76	4.91 \pm 1.29	5.01 \pm 1.53	7.09 \pm 1.46

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล็อกด้านเนื้อสัมผัส ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

SOV	df	MS					
		Hardness	Chewiness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Lumpiness
Treatment	4	3.571	1.095	0.226	0.350	1.592	1.306
Panelist	11	14.658*	7.906*	12.592*	9.287*	12.236*	17.696*
Error	104	1.635	0.926	1.525	1.284	1.525	1.088

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าสัดส่วนการใช้ K-carrageenan (CGN) ร่วมกับ locust bean gum (LBG) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่า hardness และ chewiness ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเนยแข็งที่ได้จากการใช้สัดส่วน CGN:LBG เป็น 0.8:0.2 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่สัดส่วน 0.4:0.6, 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 ซึ่งสัดส่วน 0.6:0.4 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสัดส่วน 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าการใช้สัดส่วนของ CGN:LBG มีผลต่อค่า hardness คือ ที่สัดส่วน 0.6:0.4 มีค่าสูงที่สุด ที่สัดส่วน 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 มีค่ารองลงมาและไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่สัดส่วน 0.4:0.6 มีค่าต่ำกว่า และที่สัดส่วน 0.8:0.2 มีค่า hardness ต่ำที่สุด ในด้านค่า chewiness นั้นที่สัดส่วน 0.6:0.4 มีค่า chewiness สูงที่สุด ตามมาด้วยที่ สัดส่วน 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 ซึ่งไม่แตกต่างกัน โดยที่สัดส่วน 0.4:0.6 และ 0.8:0.2 มีค่าต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD พบว่าสัดส่วน CGN:LBG ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน สี ฟองอากาศ ความชอบรวมและเนื้อสัมผัส แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบรวมจะเห็นว่าที่สัดส่วน CGN:LBG เป็น 0.7:0.3 มีคะแนน 6.33 และที่สัดส่วน 0.8:0.2 มีคะแนน 6.08 ซึ่งมากกว่าที่สัดส่วนอื่น ๆ จึงได้พิจารณานำ 2 สัดส่วนนี้มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบแบบ Difference test โดยวิธี Triangle test ต่อไป โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle test ของ ผลิตภัณฑ์

โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ LBG

ครั้งที่ทดสอบ	จำนวนผู้ทดสอบ (คน)	จำนวนผู้ตอบถูก (คน)
1	12	4
2	12	5
3	12	5

จากตารางที่ 4.30 (ภาคผนวก) ถ้าผู้ทดสอบตอบถูก 8 คนจากผู้ทดสอบ 12 คน แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 95% แต่จากตารางที่ 4.30 การทดสอบทั้ง 3 ครั้ง มีผู้ทดสอบตอบถูกเพียง 4, 5 และ 5 คนซึ่งน้อยกว่า 8 คน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างที่ตรวจพบได้จากทั้งตัวอย่างโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN:LBG เป็น 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 แต่จากค่าเฉลี่ยความชอบรวมในตารางที่ 4.21 สัดส่วน CGN:LBG ที่ 0.7:0.3 มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าดังนั้นจึงเลือกการใช้ CGN:LBG ที่สัดส่วน 0.7:0.3 เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

4.3.2. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K-carrageenan (CGN) ร่วมกับ xanthan gum (XAN)

แปรสัดส่วนเป็นดังนี้คือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 โดย gelling agent ทั้งหมดจะใช้ปริมาณ 1% ของน้ำหนักลิมนม เตรียมโพรเซสซีสบล๊อคตามแผนภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.31-4.34 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.35-4.38

ตารางที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์ โพรเซสซีสบล็อก ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

สัดส่วน CGN:XAN	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	%ความชื้น ^{ns}	L	a ^{ns}	b ^{ns}
0.4:0.6	57.61 \pm 0.27	78.99 ^{ab} \pm 0.09	-0.087 \pm 0.14	+18.29 \pm 0.86
0.5:0.5	57.70 \pm 0.34	79.33 ^a \pm 0.47	-0.287 \pm 0.09	+18.12 \pm 0.62
0.6:0.4	58.13 \pm 0.68	79.01 ^{ab} \pm 0.09	-0.133 \pm 0.07	+18.70 \pm 0.45
0.7:0.3	57.52 \pm 0.55	78.55 ^{bc} \pm 0.42	-0.364 \pm 0.09	+18.08 \pm 0.57
0.8:0.2	57.43 \pm 0.08	78.13 ^c \pm 0.31	-0.197 \pm 0.21	+18.74 \pm 0.82

a,b,... ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

SOV	df	MS			
		%ความชื้น	L	a	b
Treatment	4	0.223	0.656*	0.038	0.236
Error	10	0.191	0.102	0.017	0.465

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 ค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

สัดส่วน CGN:XAN	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Hardness (g)	Chewiness ^{ns}	Adhesiveness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness
0.4:0.6	711.62 ^b \pm 71.28	186.57 \pm 27.47	-22.16 \pm 20.81	0.29 \pm 0.01	0.91 ^a \pm 0.01
0.5:0.5	726.89 ^b \pm 20.92	203.86 \pm 31.96	-17.25 \pm 15.25	0.31 \pm 0.04	0.90 ^{ab} \pm 0.01
0.6:0.4	796.35 ^{ab} \pm 25.19	228.08 \pm 12.21	-9.44 \pm 1.03	0.32 \pm 0.03	0.89 ^{bc} \pm 0.01
0.7:0.3	808.61 ^{ab} \pm 34.18	213.55 \pm 19.22	-8.35 \pm 0.89	0.29 \pm 0.02	0.90 ^{abc} \pm 0.01
0.8:0.2	901.32 ^a \pm 90.52	253.46 \pm 43.29	-9.31 \pm 2.63	0.32 \pm 0.02	0.88 ^c \pm 0.02

a,b,...ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, adhesiveness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

SOV	df	MS				
		Hardness (g)	Chewiness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness
Treatment	4	17175.083*	1922.015	112.125	0.0007	0.0005*
Error	10	3103.186	833.642	134.894	0.0007	0.00008

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.35 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศⁿ สีⁿ และความชอบรวมⁿ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

สัดส่วน (CGN:XAN)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ฟองอากาศ ^{ns}	สี ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
0.4:0.6	5.82 \pm 2.10	6.03 \pm 1.62	5.50 \pm 1.59
0.5:0.5	5.88 \pm 1.92	5.93 \pm 1.45	6.17 \pm 1.49
0.6:0.4	5.87 \pm 2.23	5.78 \pm 1.70	6.42 \pm 1.47
0.7:0.3	5.81 \pm 2.15	6.05 \pm 1.58	6.46 \pm 1.28
0.8:0.2	5.66 \pm 2.02	5.69 \pm 1.84	6.04 \pm 1.92

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 1)

ตารางที่ 4.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคด้านฟองอากาศ สี และความชอบรวม ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ (XAN)

SOV	df	MS		
		ฟองอากาศ	สี	ความชอบรวม
Treatment	4	0.192	0.587	3.571
Panelist	11	19.238*	15.829*	8.124*
Error	104	2.783	1.315	1.853

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.37 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

สัดส่วน CGN:XAN	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน					
	Hardness	Chewiness ^{ns}	Adhesiveness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}	Lumpiness ^{ns}
0.4:0.6	6.76 ^a \pm 1.57	5.66 \pm 1.86	5.26 \pm 1.61	5.04 \pm 1.91	4.52 \pm 1.86	7.22 \pm 1.52
0.5:0.5	5.55 ^b \pm 1.75	5.23 \pm 1.61	5.05 \pm 1.47	5.33 \pm 1.44	4.28 \pm 1.67	7.28 \pm 1.39
0.6:0.4	5.91 ^b \pm 1.42	4.85 \pm 1.97	4.85 \pm 1.62	5.16 \pm 1.65	4.08 \pm 1.99	7.12 \pm 1.56
0.7:0.3	6.17 ^{ab} \pm 1.89	5.48 \pm 1.80	5.24 \pm 1.84	4.95 \pm 1.63	4.47 \pm 1.88	7.29 \pm 1.45
0.8:0.2	5.95 ^b \pm 1.27	5.19 \pm 1.63	5.76 \pm 1.70	5.24 \pm 1.73	4.19 \pm 1.95	7.42 \pm 1.41

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกด้านเนื้อสัมผัส ที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

SOV	df	MS					
		Hardness	Chewiness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Lumpiness
Treatment	4	4.788*	2.297	2.776	0.541	0.837	0.288
Panelist	11	14.402*	19.488*	13.467*	16.035*	17.926*	15.008*
Error	104	1.297	1.439	1.588	1.416	1.984	0.794

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าสัดส่วนการใช้ K-carrageenan (CGN) ร่วมกับ xanthan gum (XAN) มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ค่า hardness และ cohesiveness ของ โพรเซสซีสบล็อก ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเนยแข็งที่ได้จากการใช้สัดส่วน CGN:XAN เป็น 0.5:0.5 มีค่าเฉลี่ยความสว่างสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่สัดส่วน 0.4:0.6 และ 0.5:0.5 ส่วนที่สัดส่วน 0.8:0.2 มีค่าเฉลี่ยความสว่างต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่สัดส่วน 0.7:0.3

ด้านเนื้อสัมผัสพบว่าสัดส่วนการใช้ CGN:XAN มีผลต่อค่า hardness ของโพรเซสซีสบล็อก คือ ที่สัดส่วน 0.8:0.2 มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่สัดส่วน 0.6:0.4 และ 0.7:0.3 ส่วนที่สัดส่วน 0.4:0.6 มีค่าต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับที่สัดส่วน 0.5:0.5, 0.6:0.4 และ 0.7:0.3 ในด้านค่า

cohesiveness นั้นที่สัดส่วน 0.4:0.6 มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับที่สัดส่วน 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 โดยที่สัดส่วน 0.8:0.2 มีค่าต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับที่สัดส่วน 0.6:0.4 และ 0.7:0.3

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD พบว่าสัดส่วน CGN:XAN ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน สี ฟองอากาศ ความชอบรวมและเนื้อสัมผัสยกเว้นด้าน hardness โดยที่สัดส่วน CGN:XAN เป็น 0.4:0.6 มีค่าสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับที่สัดส่วน 0.7:0.3 ส่วนที่สัดส่วน 0.5:0.5 มีค่า hardness ต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับที่สัดส่วน 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบรวมจะเห็นว่าที่สัดส่วน CGN:XAN เป็น 0.7:0.3 มีคะแนน 6.46 และที่สัดส่วน 0.6:0.4 มีคะแนน 6.42 ซึ่งมากกว่าที่สัดส่วนอื่น ๆ จึงได้พิจารณานำ 2 สัดส่วนนี้มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบแบบ Difference test โดยวิธี Triangle test ต่อไป โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle test ของผลิตภัณฑ์

โพรเซสซีบล็อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนของ CGN ร่วมกับ XAN

ครั้งที่ทดสอบ	จำนวนผู้ทดสอบ (คน)	จำนวนผู้ตอบถูก (คน)
1	12	4
2	12	5
3	12	7

จากตาราง ง.1(ภาคผนวก) ถ้าผู้ทดสอบตอบถูก 8 คนจากผู้ทดสอบ 12 คน แสดงว่าตัวอย่างมีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 95% แต่จากตารางที่ 4.39 การทดสอบทั้ง 3 ครั้ง มีผู้ทดสอบถูกเพียง 4, 5 และ 7 คนซึ่งน้อยกว่า 8 คนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างที่ตรวจพบได้จากทั้งตัวอย่างที่ใช้สัดส่วน CGN:XAN เป็น 0.7:0.3 และ 0.6:0.4 และเมื่อพิจารณาราคาของ K-carrageenan ซึ่งมีราคาต่ำกว่า xanthan gum จึงเห็นว่าสมควรเลือกสัดส่วน 0.7:0.3 ในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

4.3.3. เลือกชนิดของ gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan ระหว่าง locust bean gum และ xanthan gum

เตรียมโพรเซสซีบล็อคตามแผนภาพที่ 2 โดยแปร gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan เป็น locust bean gum (LBG) ซึ่งใช้สัดส่วนตามที่เลือกจากข้อ 4.3.1. และ xanthan gum (XAN) ซึ่งใช้สัดส่วนที่เลือกจากข้อ 4.3.2. ประเมินผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสีและวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง texture analyzer ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.40-4.43 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.44-4.47

ตารางที่ 4.40 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีส บล็อกที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

ชนิด gelling agent	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	% ความชื้น ^{ns}	L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
LBG	58.19 \pm 0.49	79.19 \pm 0.34	+0.03 \pm 0.06	+18.99 \pm 0.36
XAN	58.16 \pm 0.72	79.32 \pm 0.39	-0.04 \pm 0.10	+19.35 \pm 0.26

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

SOV	df	MS			
		% ความชื้น	L	a	b
Treatment	1	0.002	0.05	0.01	0.389
Error	10	0.380	0.132	0.007	0.10

ตารางที่ 4.42 ค่าเฉลี่ยค่า hardness, chewiness, springiness และ cohesiveness ของ ผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อกที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

ชนิด gelling agent	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	Hardness (g)	Chewiness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}
LBG	680.68 ^a \pm 54.33	179.04 \pm 42.06	0.30 \pm 0.04	0.90 \pm 0.02
XAN	589.96 ^b \pm 14.87	162.93 \pm 10.77	0.31 \pm 0.02	0.90 \pm 0.01

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวตั้งเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยค่า hardness, chewiness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

SOV	df	MS			
		Hardness	Chewiness	Springiness	Cohesiveness
Treatment	1	24690.264*	778.274	0.0003	0.000008
Error	10	15863.216	942.317	0.0008	0.0002

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.44 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านฟองอากาศ^ก สี^ข และความชอบรวม^ค ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

ชนิด gelling agent	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ฟองอากาศ ^{ns}	สี ^{ns}	ความชอบรวม
LBG	4.89 \pm 2.27	6.30 \pm 1.73	6.93 ^b \pm 1.12
XAN	5.36 \pm 2.03	6.51 \pm 1.76	7.38 ^a \pm 1.10

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 1)

ตารางที่ 4.45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ฟองอากาศ สี และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

SOV	df	MS		
		ฟองอากาศ	สี	ความชอบรวม
Treatment	1	4.560	0.834	4.050*
Panelist	19	13.057*	7.934*	2.589*
Error	59	1.945	1.468	0.796

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.46 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส (คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

ชนิด gelling agent	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Hardness	Chewiness ^{ns}	Springiness ^{ns}	Cohesiveness ^{ns}	Lumpiness ^{ns}
LBG	6.00 ^a \pm 1.70	5.60 \pm 1.67	5.14 \pm 1.97	4.82 \pm 2.29	7.81 \pm 1.56
XAN	5.18 ^b \pm 1.93	5.27 \pm 1.65	5.14 \pm 2.13	4.93 \pm 2.22	8.04 \pm 1.44

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan

SOV	df	MS				
		Hardness	Chewiness	Springiness	Cohesiveness	Lumpiness
Treatment	1	13.530*	2.211	0.0008	0.219	1.058
Panelist	19	6.359*	6.311*	10.5500*	16.093*	6.788*
Error	59	2.327	1.608	2.1760	1.543	0.779

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าชนิดของ gelling agent มีผลต่อค่า hardness แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และค่าเฉลี่ยทางเนื้อสัมผัสด้านอื่นโดยถ้าใช้ K-carrageenan ร่วมกับ locust bean gum จะทำให้โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้มีค่า hardness ที่สูงกว่าการใช้ K-carrageenan ร่วมกับ xanthan gum ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD พบว่าค่าเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส คะแนนค่า Hardness ก็ให้ค่าที่สอดคล้องกันคือโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้ K-carrageenan ร่วมกับ xanthan gum เป็น gelling agent มีค่า hardness ที่ต่ำกว่าโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้ K-carrageenan ร่วมกับ locust bean gum เป็น gelling agent ส่วนคะแนนเฉลี่ยทางด้านความชอบรวม โพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้ K-carrageenan ร่วมกับ xanthan gum เป็น gelling agent มีค่าเฉลี่ยทางความชอบรวมที่สูงกว่า

ดังนั้นจากการพิจารณาทางความชอบรวมของผู้ทดสอบชิมจึงเลือก xanthan gum เป็น gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan สำหรับศึกษาในขั้นต่อไป

4.4. ศึกษาการปรับปรุงรสชาติ

4.4.1. ศึกษาปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมในการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่

4.4.1.1. หาสัดส่วนระหว่างแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

นำ gelling agent ที่เลือกได้จากข้อ 4.3 มาผลิตโพรเซสซีสบล๊อคตามแผนภาพที่ 3 โดยแปรสัดส่วน แครอท : หอมหัวใหญ่ เป็น 1:2, 1:1 และ 2:1 โดยให้ปริมาณรวมเป็น 10% ของน้ำหนักลิมนม การประเมินผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้าน สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.48-4.50

ตารางที่ 4.48 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ^a กลิ่น^b และ กลิ่นรส^c และความชอบรวม^d ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่

ลักษณะการประเมิน	สัดส่วนของ แครอท : หอมหัวใหญ่		
	1:2	1:1	2:1
สี ^{ns}	7.02±1.12	6.71±1.33	6.48±1.58
การกระจายตัวของแครอท	5.87 ^b ±2.10	7.37 ^a ±1.65	7.68 ^a ±1.36
การกระจายตัวของหอมหัวใหญ่ ^{ns}	6.34±2.32	6.42±2.20	6.55±2.14
ปริมาณแครอท	3.79 ^c ±1.49	6.09 ^b ±1.33	8.38 ^a ±0.75
ปริมาณหอมหัวใหญ่ ^{ns}	4.21±2.26	4.57±2.38	5.27±2.44
กลิ่นแครอท ^{ns}	1.63±1.22	1.77±1.56	2.04±1.63
กลิ่นหอมหัวใหญ่ ^{ns}	2.79±1.90	2.58±1.74	2.65±1.88
กลิ่นรสแครอท ^{ns}	1.84±1.44	1.93±1.82	2.49±1.90
กลิ่นรสหอมหัวใหญ่ ^{ns}	3.12±2.19	3.20±2.12	3.59±2.43
ความชอบรวม	7.13 ^b ±1.03	7.08 ^b ±1.10	7.75 ^a ±0.85

a,b... ตัวอักษรต่างกันในแถวอนเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 3)

ตารางที่ 4.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ และสี ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วน แครอทและหอมหัวใหญ่

SOV	df	MS				
		สี	การกระจายตัว ของแครอท	การกระจายตัว ของหอมหัวใหญ่	ปริมาณ แครอท	ปริมาณ หอมหัวใหญ่
Treatment	2	1.812	22.586*	0.270	126.501*	6.960
Panelist	11	6.475*	7.444*	18.010	3.248*	9.445
Error	58	0.967	2.148	2.444	1.188	4.835

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปร สัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่

SOV	df	MS				
		กลิ่นแครอท	กลิ่น หอมหัวใหญ่	กลิ่นรส แครอท	กลิ่นรส หอมหัวใหญ่	ความชอบรวม
Treatment	2	1.039	0.285	3.044	1.529	3.347*
Panelist	11	5.675*	11.112*	8.562*	18.558*	3.468*
Error	58	1.536	1.927	1.941	2.512	0.531

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่าสัดส่วนของแครอทและหอมหัวใหญ่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน การกระจายตัวของแครอท ปริมาณแครอท และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่เติมสัดส่วนแครอท : หอมหัวใหญ่เป็น 2:1 มีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมสูงที่สุด มีการกระจายตัวของแครอทสูงที่สุดแต่ไม่ต่างจากที่สัดส่วน 1:1 และมีปริมาณแครอทสูงที่สุดด้วยเช่นกัน

ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่ได้จากการเติมสัดส่วนแครอทกับหอมหัวใหญ่เป็น 2:1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความชอบรวมสูงที่สุด สำหรับการศึกษานี้ต่อไป

4.4.1.2. หาปริมาณการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

โดยใช้สัดส่วนแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เลือกได้จากข้อ 4.4.1.1 มาผลิตไพโรเซลซีสบล็อกตามแผนภาพที่ 3 และแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่รวมกันเป็น 5%, 10% และ 15% ของน้ำหนักลิ้นนมเริ่มต้น การประเมินผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.51-4.53

ตารางที่ 4.51 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ¹ สี¹ กลิ่น¹ กลิ่นรส¹ และความชอบรวม¹ ของผลิตภัณฑ์ไพโรเซลซีสบล็อกที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่

ลักษณะการประเมิน	ปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่		
	5%	10%	15%
สี ^{ns}	6.67±1.71	7.11±1.47	6.73±1.65
การกระจายตัวของแครอท	5.45 ^b ±2.05	6.93 ^a ±1.37	7.58 ^a ±1.14
การกระจายตัวของหอมหัวใหญ่ ^{ns}	5.38±2.67	5.86±2.41	6.17±2.38
ปริมาณแครอท	3.83 ^c ±1.52	6.57 ^b ±1.04	8.06 ^a ±0.94
ปริมาณหอมหัวใหญ่	2.79 ^b ±1.88	4.98 ^a ±2.40	5.23 ^a ±2.37
กลิ่นแครอท ^{ns}	2.03±1.88	2.49±2.30	6.09±2.66
กลิ่นหอมหัวใหญ่	2.46 ^b ±1.90	3.64 ^a ±2.54	3.91 ^a ±2.65
กลิ่นรสแครอท	2.28 ^b ±1.76	3.14 ^a ±2.17	3.72 ^a ±2.50
กลิ่นรสหอมหัวใหญ่	3.31 ^b ±2.04	4.36 ^a ±2.24	4.91 ^a ±2.17
ความชอบรวม	6.38 ^b ±1.17	7.54 ^a ±1.10	7.63 ^a ±1.17

a,b...ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 3)

ตารางที่ 4.52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ และสี ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่

SOV	df	MS				
		สี	การกระจายตัวของแครอท	การกระจายตัวของหอมหัวใหญ่	ปริมาณแครอท	ปริมาณหอมหัวใหญ่
Treatment	2	1.406	28.696*	3.828	110.655*	43.022*
Panelist	11	11.190*	3.573	23.002*	4.424*	22.666*
Error	58	0.982	2.459	3.020	0.859	1.606

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น กลิ่นรสและความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่

SOV	df	MS				
		กลิ่นแครอท	กลิ่นหอมหัวใหญ่	กลิ่นรสแครอท	กลิ่นรสมหอมหัวใหญ่	ความชอบรวม
Treatment	2	6.809	14.174*	12.554*	15.879*	11.722*
Panelist	11	20.252*	25.101*	20.585*	21.709*	3.771*
Error	58	2.461	2.006	1.683	1.389	0.857

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่าปริมาณของแครอทและหอมหัวใหญ่ ไม่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวของหอมหัวใหญ่ และกลิ่นแครอท แต่มีผลต่อการกระจายตัวของแครอทโดยที่ปริมาณแครอทและหอมหัวใหญ่ที่ 15 % มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากที่ 10% และมีผลต่อปริมาณแครอทโดยที่ 15 % มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด และมีผลต่อปริมาณหอมหัวใหญ่ กลิ่นหอมหัวใหญ่ กลิ่นรสแครอท กลิ่นรสมหอมหัวใหญ่ และความชอบรวมคือที่ 15 % มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่ 10%

ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่ได้จากการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ 15% ของน้ำหนักลิมนม ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูง สำหรับการศึกษาระดับต่อไป

4.4.2. ศึกษาหาปริมาณเกลือที่เหมาะสม

เตรียมโพรเซสซีสบล๊อคตามแผนภาพที่ 3 โดยใช้ปริมาณและสัดส่วนของแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เลือกจากข้อ 4.4.1 มาแปรปริมาณเกลือเป็น 3 ระดับคือ 0.25%, 0.50% และ 0.75% ของน้ำหนักลิมนม ประเมินผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.54-4.55

ตารางที่ 4.54 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ^a เนื้อสัมผัส^a และความชอบรวม^a ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรปริมาณเกลือ

ปริมาณเกลือ (% ของน้ำหนักลิมนม)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความเค็ม	Hardness ^{ns}	ความชอบรวม
0.25	4.08 ^b \pm 1.73	5.67 \pm 1.94	7.46 ^b \pm 0.78
0.50	4.93 ^a \pm 1.86	5.76 \pm 1.98	8.00 ^a \pm 0.66
0.75	5.45 ^a \pm 1.80	5.54 \pm 1.75	7.38 ^b \pm 1.38

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 4)

ตารางที่ 4.55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรปริมาณเกลือ

SOV	df	MS		
		ความเค็ม	Hardness	ความชอบรวม
Treatment	2	11.455*	0.296	2.764*
Panelist	11	12.804*	12.480*	1.737*
Error	58	1.420	1.893	0.836

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ RCBD พบว่าปริมาณเกลือไม่มีผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน hardness แต่มีผลต่อความเค็มโดยที่ปริมาณ 0.75% มีความเค็มสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับที่ 0.50% ส่วนความชอบรวมนั้นที่ปริมาณเกลือ 0.50% มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างที่เติมเกลือ 0.50% ของน้ำหนักลิมนมซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงที่สุด สำหรับการศึกษานี้ต่อไป

4.5. ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไอพรเซสชีสบล๊อค

นำไอพรเซสชีสบล๊อคที่ผลิตตามแผนภาพที่ 3 โดยใช้ปริมาณเกลือ ปริมาณและสัดส่วนผักที่เลือกได้จากข้อ 4.4 และเติม potassium sorbate 0.1% (ของน้ำหนักลิมนม) ในระหว่างการเติมเกลือ แล้วบรรจุลงในถุง PET / PE / Al / PE / LLDPE ปิดผนึกในภาวะสุญญากาศ (0.95 บาร์) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 เดือน

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง %ความชื้น ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสจากการวัดด้วยเครื่อง texture Analyzer ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.56-4.59 และรูปที่ 4.2-4.3 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.60-4.63 และผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) แสดงในตารางที่ 4.64

ตารางที่ 4.56 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น และค่าเฉลี่ยสี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์ไอพรเซสชีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	% ความชื้น ^{ns}	L ^{ns}	a ^{ns}	b ^{ns}
0	62.48 \pm 0.32	83.36 \pm 0.61	-0.17 \pm 0.22	+14.12 \pm 0.17
2	62.47 \pm 0.42	83.31 \pm 0.50	+0.20 \pm 0.98	+14.38 \pm 0.21
4	62.70 \pm 0.41	83.50 \pm 0.66	+0.14 \pm 0.39	+14.53 \pm 0.19
6	62.68 \pm 0.19	83.88 \pm 0.24	-0.53 \pm 0.36	+14.40 \pm 0.26
8	63.14 \pm 0.17	83.44 \pm 0.72	+0.007 \pm 0.46	+14.34 \pm 0.85

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าเฉลี่ยดี (L, a, b) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		% ความชื้น	L	a	b
Treatment	4	0.218	0.157	0.259	0.065
Error	10	0.103	0.327	0.303	0.181

ตารางที่ 4.58 ค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	Hardness (g)	Chewiness ^{ns}	Springiness	Cohesiveness ^{ns}
0	625.02 ^a \pm 20.06	166.03 \pm 18.38	0.31 ^c \pm 0.03	0.85 \pm 0.005
2	533.89 ^b \pm 17.36	136.46 \pm 14.27	0.33 ^{bc} \pm 0.02	0.78 \pm 0.09
4	538.87 ^b \pm 40.79	188.56 \pm 30.99	0.42 ^{ab} \pm 0.07	0.83 \pm 0.03
6	479.67 ^b \pm 62.27	176.28 \pm 39.13	0.44 ^a \pm 0.02	0.79 \pm 0.01
8	360.29 ^c \pm 47.98	118.95 \pm 31.24	0.39 ^{abc} \pm 0.07	0.83 \pm 0.03

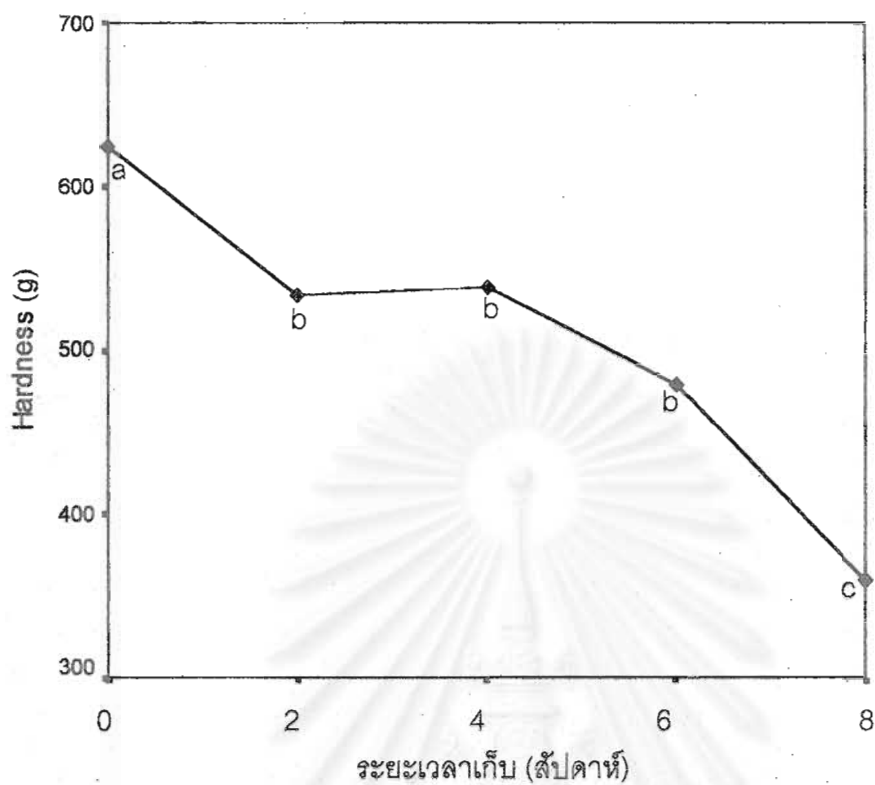
a,b,... ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

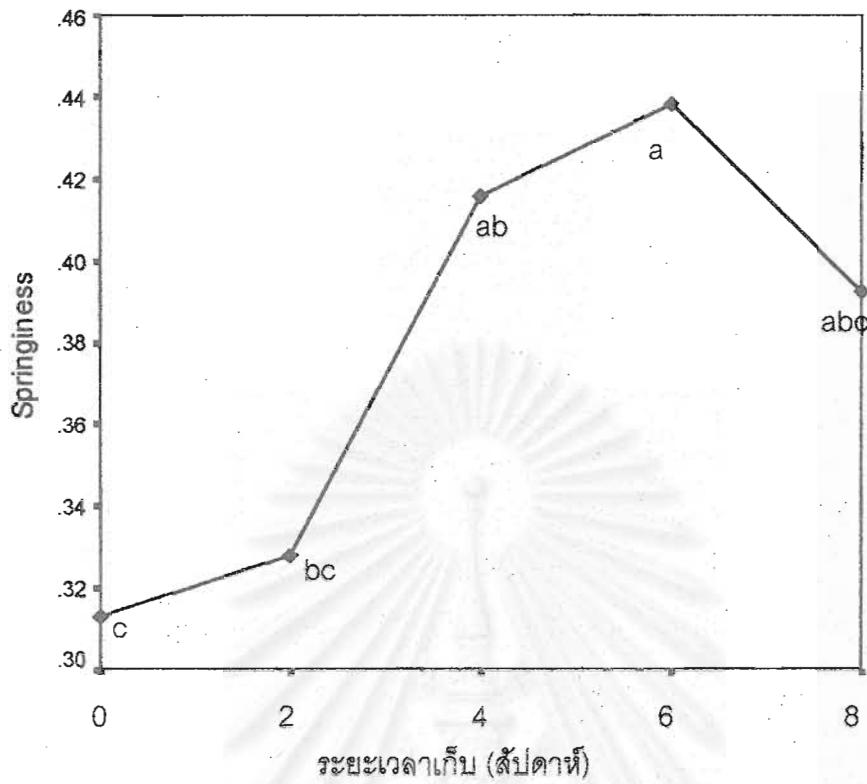
ตารางที่ 4.59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย hardness, chewiness, springiness และ cohesiveness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		Hardness (g)	Chewiness	Springiness	Cohesiveness
Treatment	4	28453.945*	2488.973	0.009*	0.002
Error	10	1709.456	801.751	0.002	0.002

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย hardness ของผลิตภัณฑ์โพรเซสที่สับล็คคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย springiness ของผลิตภัณฑ์ไพโรเซสที่สับลือคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ตารางที่ 4.60 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี¹ กลิ่นรส¹ และความชอบรวม¹ ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี ^{ns}	กลิ่นรสเนยแข็ง ^{ns}	กลิ่นรสแปลกปลอม ^{ns}	ความชอบรวม
0	8.35 \pm 0.87	5.09 \pm 2.70	9.61 \pm 0.58	8.29 ^a \pm 0.69
2	8.15 \pm 1.01	5.05 \pm 2.55	9.51 \pm 0.66	8.00 ^{ab} \pm 0.72
4	8.05 \pm 1.02	4.92 \pm 2.56	9.37 \pm 0.69	7.63 ^{bc} \pm 1.10
6	8.00 \pm 1.02	4.87 \pm 2.56	9.35 \pm 0.74	7.50 ^c \pm 1.06

a,b,... ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ก,ข คะแนนเฉลี่ยของลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ทั้ง 2 ประเภทมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแตกต่างกัน (ดูจากภาคผนวก ข 5)

ตารางที่ 4.61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		สี	กลิ่นรสเนยแข็ง	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความชอบรวม
Treatment	3	0.580	0.270	0.359	3.125*
Panelist	11	5.613*	43.811*	2.583*	3.087*
Error	81	0.340	1.697	0.160	0.526

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.62 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ไอพรเซด ซีสบล็อค ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	Hardness	Chewiness	Springiness	Cohesiveness ^{ns}
0	6.70 ^a \pm 1.92	5.97 ^a \pm 1.69	5.60 ^a \pm 1.71	5.21 \pm 2.18
2	6.14 ^{ab} \pm 1.77	5.91 ^a \pm 1.66	5.29 ^{ab} \pm 1.65	4.87 \pm 2.08
4	5.71 ^b \pm 1.97	5.26 ^b \pm 1.91	4.59 ^b \pm 1.86	4.51 \pm 2.12
6	5.71 ^b \pm 1.95	5.26 ^b \pm 1.91	4.57 ^b \pm 1.86	4.50 \pm 2.13

a,b ตัวอักษรต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์ไอพรเซดซีสบล็อคด้านเนื้อสัมผัส ที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

SOV	df	MS			
		Hardness	Chewiness	Springiness	Cohesiveness
Treatment	3	5.374*	3.764*	6.429*	2.727
Panelist	11	17.677*	18.350*	14.091*	19.629*
Error	81	1.721	1.169	1.653	2.477

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ CRD พบว่าระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่า hardness และ springiness แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และค่าเฉลี่ยทางเนื้อสัมผัสด้านอื่น ๆ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า hardness จะลดลงแต่ค่า springiness จะเพิ่มขึ้น

วิเคราะห์ข้อมูลแบบ RCBD พบว่าระยะเวลาการเก็บไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้าน สี กลิ่นรส แต่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมและคะแนนเฉลี่ยทางด้านเนื้อสัมผัสยกเว้นด้าน cohesiveness โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม จะลดลง

ตารางที่ 4.64 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อคที่ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนี/กรัม)
0	<300	ไม่พบ
2	<300	ไม่พบ
4	<300	ไม่พบ
6	<300	ไม่พบ
8	520	ไม่พบ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บมากขึ้น โดยตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี/กรัม ที่ระยะเวลาเก็บ 8 สัปดาห์ ส่วนปริมาณยีสต์และราตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาเก็บ 8 สัปดาห์

4.6. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate composition) ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.65

ตารางที่ 4.65 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย ¹ (%) ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	60.02±0.44
โปรตีน	13.18±0.15
ไขมัน	8.80±0.14
เถ้า	4.54±0.004
คาร์โบไฮเดรต ²	13.46±0.18

1 ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

2 หาโดยผลต่างจาก 100%

5.1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและเคมีที่สำคัญของนมยูเอชทีที่เป็นวัตุดิบ

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของนมยูเอชทีรสจืดที่มีอายุอยู่ในช่วง 1-3 เดือนก่อนหมดอายุตามที่ระบุไว้บนกล่องพบว่า มีลักษณะทางกายภาพคือเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีลิ่มนม มีสีขาวครีม กลิ่นหอมนมปกติ ไม่เกิดเจล และไม่เกิดการแยกชั้นของไขมัน และเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณความชื้น 88.67% โปรตีน 3.03% ไขมัน 2.87% เถ้า 0.72% คาร์โบไฮเดรต 4.71% มี pH 6.45 และมีค่าความสว่าง (L) 81.82 ค่าสีแดง (a) -2.35 ค่าสีเหลือง (b) +7.82

5.2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมลิ่มนม

5.2.1. ศึกษาหาอุณหภูมิ ชนิดของกรดและ pH ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิ่มนม

5.2.1.1. หาอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสมในการใช้กรดอะซิติก

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ โดยแปร pH เป็น 3 ระดับคือ 4.7, 5.0 และ 5.3 และแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับคือ 70, 80 และ 90 °C (ตารางที่ 4.3-4.5) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อ ปริมาณไขมันในลิ่มนม และค่าสีของลิ่มนม แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ%ความชื้น ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าลิ่มนมที่ได้จากการให้อุณหภูมิน้ำนม 70 °C และปรับ pH เป็น 5.3 จะให้ %ผลผลิตต่ำที่สุด เนื่องจากการปรับ pH เป็น 5.3 นั้นไกลจากจุด pI ของนมซึ่งเท่ากับ 4.6 มาก อีกทั้งการให้อุณหภูมิ 70 °C ก็ต่ำเกินไปที่จะทำให้เกิด gel ของโปรตีนในนมได้ โดยน้ำนมที่ให้ความร้อน 90 °C จะปรากฏการเกิด gel ครั้งแรกที่ pH 5.36 และจะสมบูรณ์ที่ pH 5.17 (Fox and Mulvihill, 1990) ซึ่งการให้ความร้อนแก่นม 70 °C และปรับให้มี pH 5.3 นั้นจะทำให้ น้ำนมเกิดเป็นลักษณะของ flocculation คือการรวมตัวกันของเวย์โปรตีนและการรวมกันของเคซีนเพียงเล็กน้อย (ทองยศ อเนกะเวียง, 2524) ดังนั้นเมื่อทำการกรองแยกน้ำเวย์ผ่านผ้าขาวบางจึงทำให้มีลิ่มนมติดอยู่บนผ้าน้อยมาก %ผลผลิตที่ได้จึงต่ำ แต่ในสภาวะการเกิดลิ่มนมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันใน %ผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนของลิ่มนมที่ให้ความร้อนแก่น้ำนมจนอุณหภูมิ 80 °C และปรับ pH 4.7 นั้นให้ปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เนื่องจากที่ pH นี้เป็น pH ที่ใกล้จุด pI จึงทำให้การจัดโครงสร้างของเคซีนไมเซลล์ เกิดเป็นลิ่มนมและตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ และการให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 80 °C นั้น

ก็ทำให้การเกิด β -lactoglobulin - K-casein complex มากขึ้นและสมบูรณ์แต่เมื่อให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเกิด β -lactoglobulin - K-casein complex ที่มากขึ้นอาจทำให้เกิดการขัดขวางการรวมกันระหว่างเคซีนไมเซลล์ได้ (Harwalkar and Kaláb, 1981) จึงทำให้ลิมนมที่ได้จากการให้อุณหภูมิแก่น้ำนม 90°C และปรับ pH เป็น 4.7 มีปริมาณโปรตีนที่ลดลงกว่าการให้อุณหภูมิแก่น้ำนม 80°C และปรับ pH 4.7 ส่วน %ความชื้นของลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อน 90°C และปรับ pH เป็น 4.7 นั้นต่ำที่สุดเนื่องจากที่ pH 4.7 ลิมนมมีลักษณะเป็น hydrophobic อยู่สูงและเมื่อได้รับความร้อน 90°C ยิ่งทำให้ส่งเสริมการจับเวย์และเกิด syneresis (Fox and Mulvihill, 1990) ส่วนลิมนมที่ได้จากการปรับ pH เป็น 5.0 และ 5.3 ปริมาณโปรตีนในลิมนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วยเหตุผลเช่นเดียวกัน

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อสีของลิมนมแต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH (A) (ตารางที่ 4.6) นั้นมีผลต่อค่าความสว่างและค่าสีเหลือง โดยลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ให้ใกล้จุด pI กว่าจะมีค่าความสว่างต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นผลจากลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ให้ใกล้จุด pI จะมีปริมาณความชื้นต่ำจึงส่งผลให้สะท้อนแสง (reflection) ได้น้อยแล้วทำให้ค่าความสว่างต่ำด้วย ส่วนค่าสีเหลืองของลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ให้ใกล้จุด pI จะมีค่าสีเหลืองที่สูงกว่าอาจเป็นผลมาจากปริมาณแคโรทีนที่มีอยู่ในลิมนม ซึ่งแคโรทีนเป็นรงควัตถุที่มีสีเหลืองและอยู่ในกลุ่มวิตามินที่ละลายในไขมัน (นิธิยา รัตนพานนท์, 2527) นั่นคือแคโรทีนมีลักษณะของ hydrophobic จึงสามารถกระจายตัวได้ดีและคงอยู่ในลิมนมที่มีลักษณะเป็น hydrophobic สูงมากกว่าลิมนมที่มีลักษณะเป็น hydrophobic ต่ำกว่า ดังนั้นลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ให้ใกล้จุด pI ซึ่งจะมีความเป็น hydrophobic สูง (Fox and Mulvihill, 1990) จึงยังคงมีแคโรทีนอยู่มากกว่าลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ที่สูงกว่าทำให้มีสีเหลืองมากกว่า

ดังนั้นจากสมบัติของลิมนมที่เกิดจากการให้ความร้อนแก่น้ำนม 80°C และปรับ pH 4.7 มีปริมาณโปรตีนที่สูงที่สุด และมีปริมาณความชื้นที่ค่อนข้างต่ำ จึงเลือกสภาวะการทำให้เกิดลิมนมด้วยกรดอะซิติกที่อุณหภูมิ 80°C และปรับ pH 4.7 เพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

5.2.1.2. หาอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสมในการใช้กรดซิตริก

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ โดยแปร pH เป็น 3 ระดับคือ 4.7, 5.0 และ 5.3 และแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับคือ 70, 80 และ 90°C (ตารางที่ 4.7-4.9) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อ ปริมาณไขมันในลิมนม และค่าสีของลิมนม แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ %ความชื้น ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าลิมนมที่ได้จากการให้อุณหภูมิแก่น้ำนม 70°C และปรับ pH เป็น 5.3 จะให้ %ผลผลิตต่ำที่สุด เนื่องจากเหตุผลเดียวกับในกรณีของกรดอะซิติก ส่วนปริมาณโปรตีนของลิมนมที่ได้จากการให้อุณหภูมิแก่น้ำนม 70°C และปรับ

pH เป็น 4.7 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการปรับอุณหภูมิที่ 80°C และ 90°C นั้นเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิที่มากกว่า 70°C ก็ทำให้เกิด β -lactoglobulin - K-casein complex ได้แล้วแต่การที่กรดอะมิโนซึ่งเป็น tricarboxylic acid นั้นสามารถเกิดการแตกตัวของ H^+ และเกิด COO^- มากขึ้นซึ่งอาจไปขัดขวางการเกิด β -lactoglobulin - K-casein complex เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นลิมนมที่ได้จึงมีปริมาณโปรตีนลดลง ส่วน %ความชื้นของลิมนมนั้นจะเห็นได้ว่า ลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ที่ห่างจากจุด pI มากคือ การปรับเป็น pH ที่สูงก็จะมี %ความชื้นสูง และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นก็จะมี %ความชื้นที่ต่ำลง ซึ่งให้เหตุผลได้ว่าการที่ลิมนมเกิดที่ pH ไกลจากจุด pI จะทำให้มีส่วนที่เป็น hydrophilic อยู่มากกว่าลิมนมเกิดที่ pH ใกล้จุด pI และลิมนมที่เกิดจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ลิมนมมีส่วนที่เป็น hydrophobic ที่สูงขึ้น (Fox and Mulvihill, 1990)

การศึกษานิติสัมพันธ์ระหว่าง pH และอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อค่าสีของลิมนม แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลของ pH(A) (ตารางที่ 4.10) พบว่ามีผลต่อค่าความสว่างและค่าสีเหลืองโดยลิมนมที่เกิดจากการปรับ pH ที่ต่ำจะให้ค่าความสว่างที่ต่ำ และค่าสีเหลืองที่สูงซึ่งมีเหตุผลเช่นเดียวกับกรรมของลิมนมที่ได้จากการใช้กรดอะมิโนปรับ pH และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ (B) (ตารางที่ 4.11) พบว่ามีผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลือง โดยลิมนมที่เกิดจากการใช้อุณหภูมิสูงจะให้ค่าความสว่างต่ำทั้งนี้เนื่องจากลิมนมจะมีความชื้นต่ำ เป็นผลมาจากอุณหภูมิที่สูงทำให้ลิมนมมีความเป็น hydrophobic สูง และมีการแยกเวย์ได้ดีจึงทำให้มีความสว่างต่ำ แต่จะทำให้มีปริมาณแคโรทีนอยู่สูงด้วยเหตุผลเช่นเดียวกันจึงทำให้มีค่าสีเหลืองสูง ส่วนอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าสีแดงคือลิมนมที่เกิดจากการทำให้เกิดลิมนมที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าสีแดงมากกว่าทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) ที่จะเกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Gordon and Kalan, 1974)

จากสมบัติลิมนมที่ได้จากการให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 70 °C และปรับ pH 4.7 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง และ%ความชื้นค่อนข้างต่ำ อีกทั้งการให้ความร้อนแก่นมในระดับ 70 °C เป็นการประหยัดพลังงาน ดังนั้นในการทำให้เกิดลิมนมกรดอะมิโนจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 70 °C และปรับ pH เป็น 4.7 เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.2.1.3. หาอุณหภูมิและ pH ที่เหมาะสมในการใช้กรดแลคติก

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ โดยแปร pH เป็น 3 ระดับคือ 4.7, 5.0 และ 5.3 และแปรอุณหภูมิเป็น 3 ระดับคือ 70, 80 และ 90°C (ตารางที่ 4.12-4.14) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และอุณหภูมิ (AB) ไม่มีผลต่อ ปริมาณไขมันในลิมนม และค่าสีของลิมนม แต่มีผลต่อ %ผลผลิต ปริมาณโปรตีน และ%ความชื้น ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าลิมนมที่ได้จาก

pKa ของกรดซิติริกนั้นสูงกว่าค่า pKa ของกรดอะซิติกและแลคติก (Doores, 1990) ซึ่งการมีค่า pKa ที่สูงกว่าทำให้การปลดปล่อยโปรตรอน (H^+) เกิดได้ดีและมากกว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลง pH เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าการลดลงของ pH เป็นไปแบบช้า ๆ จะเป็นการส่งเสริมการรวมตัวกันของลิมนมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะเพิ่มการเกิด protein - protein interaction ทำให้มวลโปรตีนรวมตัวกันได้มากขึ้น (Parnell-Clunies et al., 1985) ส่วนปริมาณโปรตีนของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติก มีปริมาณสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก ($p > 0.05$) ส่วนค่าปริมาณความชื้นของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติก มีปริมาณสูงที่สุดเนื่องจากสภาวะในการเกิดลิมนมโดยใช้กรดแลคติกนั้นปรับ pH เป็น 5.0 ซึ่งห่างจากจุด pI ทำให้การเกิด gel ของโปรตีนที่ยังมีส่วนที่เป็น hydrophilic อยู่มากดังนั้นจึงจับกับโมเลกุลของน้ำไว้มากกว่า ลิมนมที่ปรับ pH 4.7 ของกรดอะซิติกและกรดซิติริก ส่วนลิมนมที่ปรับ pH 4.7 ของกรดอะซิติก และให้อุณหภูมิแก่ลิมนมเป็น $80^{\circ}C$ ซึ่งสูงกว่าสภาวะการเกิดลิมนมของกรดแลคติกและกรดซิติริก ทำให้เกิดการ syneresis ของลิมนมดีกว่าการเกิดลิมนมที่อุณหภูมิต่ำ (Fox and Mulvihill, 1990) ส่วนค่าความสว่างนั้นลิมนมที่ปรับ pH ด้วยกรดแลคติกซึ่งมีความชื้นสูงที่สุดจึงมีค่าความสว่างที่สูงที่สุดเช่นกัน ส่วนค่าสีเหลืองต่ำที่สุดนั้นอาจเนื่องมาจากรงควัตถุที่ให้สีเหลืองในน้ำนม นั่นคือแคโรทีนซึ่งละลายในไขมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2527) แต่ลิมนมที่ใช้กรดแลคติกปรับ pH นั้นมีปริมาณไขมันที่มีแนวโน้มต่ำกว่าจึงทำให้มีค่าสีเหลืองต่ำ ส่วนลิมนมที่ปรับ pH ด้วยกรดซิติริกและกรดอะซิติกนั้นค่าสีไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันต่างกันไม่มาก

จากสมบัติของลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก ซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่สูงใกล้เคียงกับลิมนมที่ปรับ pH ด้วยกรดแลคติก แต่มี % ความชื้นต่ำกว่า ส่วนค่าสีก็ไม่แตกต่างกันมากนักและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ อีกทั้งราคาของกรดอะซิติกต่ำกว่าราคาของกรดแลคติกมากจึงเลือกกรดอะซิติกในการทำให้เกิดลิมนมเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

5.2.2. หาปริมาณ $CaCl_2$ ที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิมนม

โดยแปรปริมาณ $CaCl_2$ เป็น 3 ระดับ คือ 0.00%, 0.01% และ 0.02% ของน้ำหนักน้ำนม พบว่าปริมาณ $CaCl_2$ (ตารางที่ 4.20-4.21) มีผลต่อปริมาณโปรตีน และ % ความชื้นของลิมนม ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ % ผลผลิต และ ปริมาณไขมันในลิมนม ($p > 0.05$) โดยปริมาณ $CaCl_2$ 0.02% ของน้ำหนักน้ำนมที่เติมลงในน้ำนมทำให้ได้ลิมนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด เนื่องจากการเติม $CaCl_2$ ลงไปเป็นการเพิ่ม Ca^{2+} ให้แก่น้ำนม ซึ่งในการทำให้ pH ของน้ำนมลดลงนั้น colloidal calcium phosphate ในเคซีนไมเซลล์จะละลายออกจากเคซีนไมเซลล์ทำให้โครงสร้างของไมเซลล์ยึดเกาะกันอย่างหลวม ดังนั้นเมื่อมีการเติม Ca^{2+} ลงไป ทำให้ปริมาณ Ca^{2+} ใน serum phase

เพิ่มขึ้นดังนั้นจึงลดการแตกตัวของ colloidal calcium phosphate ทำให้การแยกตัวของไมเซลล์ ย่อยเกิดขึ้นน้อยลง ทำให้ไม่สูญเสียโปรตีนออกไปจากไมเซลล์ อีกทั้งการเติม CaCl_2 จะทำให้โครงข่ายสุดท้ายของเจลมีขนาดใหญ่ และหยابซึ่งจะดูดซับน้ำไว้ได้ดีจึงทำให้ลิมมมมี %ความชื้นสูงที่สุดด้วยเช่นกัน (Fox and Mulvihill, 1990)

จากสมบัติลิมมมที่ได้จากการเติม CaCl_2 0.02% ของน้ำหนักน้ำนมที่เติมลงในน้ำนม ทำให้ได้ลิมมมที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด จึงเลือกระดับการเติม CaCl_2 0.02% ของน้ำหนักน้ำนม ในการเตรียมลิมมมเพื่อศึกษาในขั้นต่อไป

5.3. ศึกษาหาสัดส่วนและชนิดของ gelling agent ที่เหมาะสมในการผลิต โพรเซสชีสบล๊อค

5.3.1. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K-carrageenan ร่วมกับ locust bean gum

จากการศึกษาการผลิตโพรเซสชีสบล๊อคจากลิมมมที่แยกได้พบว่า การให้ความร้อนแก่ลิมมม ในการผลิต $80-85^{\circ}\text{C}$ ก็เพียงพอ (Meyer, 1973) แต่เนื่องจากในขั้นตอนต่อไปมีการเติม locust bean gum ซึ่งจะละลายได้สมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 90°C ดังนั้นการศึกษาในขั้นตอนนี้จึงให้ความร้อน แก่ลิมมมเป็น 90°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วเติมเกลือ 0.5% emulsifying salt 3% โดยใช้ disodium phosphate และ gelling agent 1% ของน้ำหนักลิมมมซึ่งจะนำส่วนผสมทั้ง 3 นี้มา ผสมกันก่อนที่จะเติมลงไป ในลิมมมเพื่อให้กระจายตัว และละลายได้อย่างสมบูรณ์ gelling agent ที่ใช้มีสัดส่วนของ K-carrageenan (CGN) : locust bean gum (LBG) ต่างกันคือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 พบว่า สัดส่วนของ CGN : LBG มีผลต่อ %ความชื้น hardness และ chewiness ของโพรเซสชีสบล๊อค ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.22-4.25) แต่ไม่มีผลต่อ adhesiveness cohesiveness และ springiness ของโพรเซสชีสบล๊อค ($p > 0.05$) ดังนั้นจะเห็นว่าค่า chewiness มีแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกับค่า hardness เพราะค่า chewiness เป็นผลคูณของ hardness \times cohesiveness \times springiness ส่วนค่า %ความชื้นนั้นก็มีความสัมพันธ์กันคือ ที่ สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.6:0.4 โพรเซสชีสบล๊อคมีค่า hardness และค่า chewiness สูงที่สุด แต่มี %ความชื้นต่ำที่สุด ส่วนโพรเซสชีสบล๊อคที่มี สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.5:0.5 และ 0.7:0.3 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่า hardness และค่า chewiness รองลงมา และมีค่า %ความชื้นสูงกว่าที่ สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.6:0.4 และโพรเซสชีสบล๊อคที่มีสัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.6:0.4 และ 0.8:0.2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่า hardness และค่า chewiness ต่ำที่สุด และมีค่า %ความชื้นสูงที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบรูปค่า hardness ของ โพรเซสชีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วน CGN : LBG (รูปที่ 4.1) กับรูป K-carrageenan

/locust bean gum synergism (รูปที่ 2.14) CGN : LBG จะมีจุดที่เกิด gel strength สูงที่สุด ที่ประมาณ 0.6 : 0.4 ซึ่งโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้ CGN : LBG เป็น 0.6 : 0.4 ก็ให้ค่า hardness สูงเช่นเดียวกัน

พิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.26-4.29) สัดส่วนของ gelling agent ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งลักษณะเนื้อสัมผัส สี ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมของโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 ซึ่งมีแนวโน้มว่าคะแนนความชอบรวมสูงกว่าโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วนของ CGN : LBG อื่น ๆ จึงเลือกมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Difference test โดยวิธี Triangle test และจากผลการทดสอบ (ตารางที่ 4.30) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 แต่จากคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมผู้ทดสอบให้คะแนนโพรเซสซีสบล๊อคที่มีสัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.7:0.3 มีคะแนนที่ค่อนข้างสูงกว่าโพรเซสซีสบล๊อคที่มีสัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.8:0.2 อีกทั้งที่สัดส่วนนี้มีค่า hardness สูงกว่า โพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.8:0.2 ซึ่งจะทำให้โพรเซสซีสบล๊อคมีความคงรูปได้ดีกว่า อีกทั้งมี %ความชื้นต่ำกว่าจึงเลือกสัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.7:0.3 เพื่อใช้ในศึกษาขั้นตอนต่อไป

5.3.2. หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ K-carrageenan (CGN) ร่วมกับ xanthan gum (XAN)

โดยแปรสัดส่วนเป็น 5 สัดส่วนคือ 0.4:0.6, 0.5:0.5, 0.6:0.4, 0.7:0.3 และ 0.8:0.2 พบว่าสัดส่วนของ CGN : XAN มีผลต่อค่า hardness และค่า cohesiveness และค่าความสว่าง ของโพรเซสซีสบล๊อค ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.31-4.34) โดย hardness ที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อสัดส่วนของ K-carrageenan เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิด K-carrageenan - casein complex (Stanley, 1990) ส่งผลให้เกิด gel เป็นโครงข่าย 3 มิติเมื่อปริมาณ K-carrageenan เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ ค่า hardness เพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนค่า cohesiveness หรือค่าการยึดเกาะกันของตัวอย่าง มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ xanthan gum ลดลง อาจเนื่องจาก xanthan gum มีโครงสร้างที่ใหญ่คือมีน้ำหนักโมเลกุลถึง 2,500,000 (Urlacher and Noble, 1997) เมื่อเกิด gel network จึงทำให้มีการยึดเกาะกันภายในตัวอย่างมาก เมื่อ xanthan gum ลดจึงทำให้ค่ายึดเกาะกันลดตามลงไปด้วย ส่วนค่าความสว่างที่ลดลงเมื่อสัดส่วนของ K-carrageenan เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากการเกิด K-carrageenan - casein complex ที่มากขึ้นส่งผลให้สะท้อนแสง (reflection) ได้น้อยแล้วทำให้ค่าความสว่างต่ำด้วย

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.35-4.38) พบว่าสัดส่วน CGN : XAN ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ ดี ความชอบรวม และด้านเนื้อสัมผัส ($p > 0.05$) ยกเว้นด้าน hardness ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.4 : 0.6 มีค่า hardness สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.7 : 0.3 ซึ่งต่างจากค่า hardness ที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer โดยเมื่อดูจากคะแนนเฉลี่ยที่ผู้ทดสอบให้นั้นเห็นว่ามีค่า hardness แตกต่างกันไม่เกิน 1 คะแนน ซึ่งแสดงว่าผู้ทดสอบอาจไม่รู้สึกรู้ว่ามีความแตกต่างทางด้าน hardness ของโพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการแปรสัดส่วน CGN : XAN ก็ได้ แต่เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมของโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : LBG เป็น 0.6:0.4 และ 0.7:0.3 ซึ่งมีแนวโน้มว่าคะแนนความชอบรวมสูงกว่าโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วนของ CGN : LBG อื่น ๆ จึงเลือกมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Difference test โดยวิธี Triangle test และผลการทดสอบ (ตารางที่ 4.39) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.6:0.4 และ 0.7:0.3 แต่จากคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมผู้ทดสอบให้คะแนนโพรเซสซีสบล๊อคที่มีสัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.7:0.3 มีแนวโน้มของคะแนนสูงกว่าโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.6:0.4 เล็กน้อย อีกทั้งที่สัดส่วนนี้มีแนวโน้มของค่า hardness สูงกว่า โพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้สัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.6:0.4 ซึ่งจะทำให้โพรเซสซีสบล๊อคมีความคงรูปได้ดีกว่า และเมื่อพิจารณาราคาของ K-carrageenan ซึ่งมีราคาถูกกว่า xanthan gum จึงเลือกสัดส่วน CGN : XAN เป็น 0.7:0.3 เพื่อใช้ผลิตโพรเซสซีสบล๊อคในการศึกษาขั้นต่อไป

5.3.3. เลือกชนิดของ gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan ระหว่าง locust bean gum และ xanthan gum

โดยแปรชนิด gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan (CGN) เป็น locust bean gum (LBG) และ xanthan gum (XAN) โดยใช้สัดส่วน 0.7:0.3 พบว่าชนิดของ gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ K-carrageenan มีผลต่อค่า hardness ของโพรเซสซีสบล๊อค ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.40-4.43) โดยโพรเซสซีสบล๊อคที่ใช้ CGN : LBG เป็น gelling agent จะให้ค่า hardness สูงกว่าที่ใช้ CGN : XAN ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดเจลของ CGN ร่วมกับ LBG นั้นเกิดในลักษณะที่มี interaction กันดังเห็นได้จากรูปที่ 2.16 ส่วนการเกิดเจลของ CGN : XAN นั้นค่า hardness จะขึ้นอยู่กับกาเกิดเจลของ CGN เพียงอย่างเดียวซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า hardness จะเพิ่มขึ้นเมื่อ CGN เพิ่มขึ้นโดยไม่ปรากฏผลของการเสริมอิทธิพล (synergistic effect) จึงทำให้โพรเซสซีสบล๊อคที่ได้จากการใช้ CGN ร่วมกับ XAN เป็น gelling agent มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.44-4.47) พบว่าชนิดของ gelling agent ที่ใช้ร่วมกับ CGN มีผลต่อค่า hardness และคะแนนความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยค่า hardness กับโพรเซสซีสบล็อกที่ใช้ CGN ร่วมกับ LBG เป็น gelling agent สูงกว่าที่ใช้ CGN ร่วมกับ XAN เป็น gelling agent ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง texture analyzer ส่วนคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมผู้ทดสอบให้โพรเซสซีสบล็อกที่ใช้ CGN ร่วมกับ XAN เป็น gelling agent สูงกว่าที่ใช้ CGN ร่วมกับ LBG เป็น gelling agent ซึ่งผู้ทดสอบชิมอาจประเมินจากลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเป็นสำคัญ และอาจไม่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์นี้มี hardness ที่สูงมากเกินไป ดังนั้นจึงเลือกใช้ CGN ร่วมกับ XAN เป็น gelling agent ในโพรเซสซีสบล็อกเพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

5.4. ศึกษาการปรับปรุงรสชาติ

5.4.1. ศึกษาปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสมในการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่

5.4.1.1. หาสัดส่วนระหว่างแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

โดยแปรสัดส่วนแครอท : หอมหัวใหญ่ ที่เติมลงในโพรเซสซีสบล็อกเป็น 1:2, 1:1 และ 2:1 (ตารางที่ 4.48-4.50) พบว่าสัดส่วนแครอท : หอมหัวใหญ่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการกระจายตัวของแครอท ปริมาณแครอท และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณแครอทเพิ่มขึ้นการกระจายตัวของแครอทก็เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความชอบรวม อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบชิมใช้ปริมาณแครอทที่มีอยู่ในโพรเซสซีสบล็อกเป็นตัวตัดสิน คือถ้ามีปริมาณมากก็จะส่งผลให้การกระจายตัวดีสม่ำเสมอ และให้ความชอบรวมมากไปด้วย ส่วนการกระจายตัวและปริมาณหอมหัวใหญ่นั้นไม่มีความแตกต่างกันในทุก ๆ สัดส่วน ($p > 0.05$) เนื่องจากหอมหัวใหญ่ที่มีอยู่ในโพรเซสซีสบล็อกมีขนาดชิ้นที่บางและใสมองได้ลำบาก ส่วนกลิ่นและกลิ่นรสของทั้งแครอทและหอมหัวใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในทุก ๆ สัดส่วนเนื่องจากมีกลิ่นอ่อนมากในทุก ๆ สัดส่วนนั้นอาจเป็นเพราะการเติมผัก 10% ของน้ำหนักลิมนมน้อยเกินกว่าที่ผู้ทดสอบจะบอกความแตกต่างได้

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนกับโพรเซสซีสบล็อกที่เติม แครอท : หอมหัวใหญ่ เป็น 2:1 มากที่สุดจึงเลือกการเติมแครอท : หอมหัวใหญ่ ที่สัดส่วนนี้เพื่อใช้ศึกษาในขั้นต่อไป

5.4.1.2. หาปริมาณการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่ที่เหมาะสม

โดยแปรปริมาณการเติมเป็น 3 ระดับคือ 5%, 10% และ 15% ของน้ำหนักลิมนม พบว่า ปริมาณการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ โพรเซสชีสบล็อกด้าน การกระจายตัวแครอท ปริมาณแครอท ปริมาณหอมหัวใหญ่ กลิ่นและกลิ่นรสของหอมหัวใหญ่และกลิ่นรสของแครอท และคะแนนความชอบรวม โดยคะแนนเฉลี่ยในทุก ๆ ด้านจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่มากขึ้น ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.51-4.53) แต่การเติมปริมาณ 10% และ 15% นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ยกเว้นคะแนนเฉลี่ยปริมาณแครอทที่ผู้ทดสอบให้คะแนนเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเติมเพิ่มขึ้นใน ทุกๆ ระดับการเติม จากคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมผู้ทดสอบให้คะแนนโพรเซสชีสบล็อกที่มีการเติม แครอทและหอมหัวใหญ่ 15% สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากที่สัดส่วน 10% ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบอาจพิจารณาจากการกระจายตัว ปริมาณ กลิ่นรสของแครอท และ ปริมาณ กลิ่น และกลิ่นรสของหอมหัวใหญ่ที่มากกว่า

ดังนั้นในการเติมแครอทและหอมหัวใหญ่จึงเลือกเติม 15% ของน้ำหนักลิมนม เพื่อใช้ผลิต โพรเซสชีสบล็อกในการศึกษาขั้นต่อไป เนื่องจากหากเพิ่มปริมาณการเติมก็ย่อมทำให้ปริมาณของ ผักในผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะแครอท ซึ่งเป็นแหล่งที่ดีของเบตา-แคโรทีน เพิ่มสูงขึ้น และยังทำให้ ผลิตภัณฑ์มีสีส้มของแครอทมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ดึงดูดใจผู้บริโภคได้ดี

5.4.2. ศึกษาหาปริมาณเกลือที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณเกลือที่เติมในโพรเซสชีสบล็อก โดยแปรปริมาณเป็น 0.25%, 0.50% และ 0.75% พบว่ามีผลต่อคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความเค็ม และ ความชอบรวมของโพรเซสชีสบล็อก ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.54-4.55) โดยโพรเซสชีสบล็อกที่เติม เกลือ 0.75% ได้คะแนนด้านความเค็มสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่เติม เกลือ 0.50% ($p > 0.05$) และความชอบรวมนั้นโพรเซสชีสบล็อกที่เติมเกลือ 0.50% มีคะแนนเฉลี่ย สูงที่สุด

ดังนั้นจึงเลือกเติมเกลือระดับ 0.50% ของน้ำหนักลิมนมในการผลิตโพรเซสชีสบล็อก เพื่อใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.5. ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยา ของผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล๊อค

นำตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นได้จากข้อ 5.4 มาเติม potassium sorbate 0.1% ของน้ำหนักลิ้นม โดยเติมในช่วงการเติมเกลือ emulsifying salt และ gelling agent นำออกจากพิมพ์แล้วบรรจุลงในถุง PET / PE / Al / PE / LLDPE ปิดผนึกในภาวะสุญญากาศ (0.95 บาร์) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ โดยตรวจคุณภาพดังนี้

● ผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นและค่าเฉลี่ยสี (L, a, b)

ผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.56-4.57) พบว่าระยะเวลาการเก็บไม่มีอิทธิพลต่อค่า %ความชื้น และค่าสี (L, a, b) ($p > 0.05$) คือเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น %ความชื้นและค่าสีเหลืองของโพรเซสซีสบล๊อคไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งอาจเป็นเพราะวัสดุของถุงที่ใช้มีส่วนประกอบของ PE (polyethylene) ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ (moisture barrier) ที่ดี และมี PET (polyethylene terephthalate) ที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมาก (Konda, 1990) มี Al (aluminum foil) สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และป้องกันแสงได้ดี (Sacharow and Griffin, 1980) จึงทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อความชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้การสะท้อนแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นค่าความสว่างจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ส่วนค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นเพราะรังควัตถุที่มีอยู่ใน ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรังควัตถุมักเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาที่มีแสงและออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อภาชนะบรรจุที่ใช้สามารถป้องกันแสงและการซึมผ่านของก๊าซได้ดีจึงทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของรังควัตถุ ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย

● ผลต่อการวัดเนื้อสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์การวัดเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.58-4.59 และรูปที่ 4.2-4.3) พบว่าระยะเวลาการเก็บมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ย hardness และ springiness ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ย chewiness และ cohesiveness ($p > 0.05$) โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า hardness มีแนวโน้มลดลง แต่ค่า springiness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะสุญญากาศซึ่งภายในถุงจะมีความดันต่ำกว่าภายนอก ดังนั้นจึงมีแรงอัดจากภายนอกส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่เคยเกาะติดกันอย่างแข็งแรงเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเกิดแรงกดนี้สังเกตได้หลังจากการบรรจุจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะการยุบตัวลงไป และอาจเป็นเพราะจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นผลิต proteolytic enzymes ที่ไปย่อยสายโปรตีน

จึงทำให้โครงข่ายของโปรตีนถูกตัดขาดด้วย ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นค่า hardness จึงลดลง

● ผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม (ตารางที่ 4.60-4.63) พบว่าระยะเวลาเก็บไม่มีอิทธิพลต่อคะแนนด้านสี กลิ่นรส และค่า cohesivness ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนเนื้อสัมผัสด้านอื่น และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าคะแนนความชอบรวม และคะแนนของเนื้อสัมผัสในทุก ๆ ลักษณะลดลงยกเว้นค่า cohesivness เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นนั้นแสดงว่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่มี ค่า hardness ต่ำลงซึ่งสอดคล้องกับค่า hardness ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง texture analyzer ส่งผลให้คะแนนความชอบรวมลดลง โดยคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ เมื่อระยะเวลาการเก็บเป็น 6 สัปดาห์คือ 7.50 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบมีความชอบอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง หลังจากสัปดาห์ที่ 6 ไม่ได้มีการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี/กรัม ซึ่งมาตรฐานปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไพโรเซสชีสไม่มีการกำหนดไว้แน่นอน แต่ใช้การอ้างอิงจากมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ pasteurized soft cheese ที่กำหนดไว้ คือ ปริมาณ coliform bacteria ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (ผลการทดสอบเอนไซม์ phosphatase เป็นลบ) น้อยกว่า 100 โคโลนี / กรัม (Goursand, 1996) ดังนั้นถ้ามีปริมาณจุลินทรีย์สูงโอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการเสื่อมเสียหรือปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ก็มีมากด้วย

● ผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ไพโรเซสชีส-บัลลอค ที่เตรียมโดยการเติม potassium sorbate (0.1% ของน้ำหนักลิมนม) เป็นสารกันเสียซึ่ง FAO/WHO กำหนดให้ใช้เกลือของกรด sorbic (potassium sorbate) 1000 ppm. สำหรับเป็นสารกันเสียในเนยแข็ง (Scott, 1981) และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิประมาณ $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.64) เมื่ออายุการเก็บมากขึ้น โดยเริ่มตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์มากกว่า 300 โคโลนี/กรัม เมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บเป็น 8 สัปดาห์ ซึ่งการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นั้นอาจเป็นผลจากการบรรจุที่ไม่ดีพอคือควรจะทำกรบรรจุในสภาวะปลอดเชื้อ ส่วนปริมาณยีสต์และราตรวจไม่พบตลอดการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ เนื่องจาก potassium sorbate สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะยีสต์และราได้ดี ซึ่งจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ dehydrogenase ทำให้สามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ นอกจากนี้ในการเติมเกลือของ

ไปด้วยนั้นยังเป็นการเสริมประสิทธิภาพในลักษณะที่เป็น synergistic ซึ่งกันและกันจึงช่วยให้ผลการยับยั้งจุลินทรีย์ของ potassium sorbate เพิ่มขึ้น (Sofos and Busta, 1981)

5.6. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์พรเซสชีสบล็อก

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ผลจากการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.65 พบว่ามีปริมาณ ความชื้น 60.02% โปรตีน 13.18% ไขมัน 8.80% เถ้า 4.54% และคาร์โบไฮเดรต 13.46% เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของน้ำนมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งมีความชื้น 88.67% โปรตีน 3.03% ไขมัน 2.87% เถ้า 0.72% คาร์โบไฮเดรต 4.71% พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้นั้นมีปริมาณ โปรตีนเพิ่มขึ้น 4.34 เท่า ไขมันเพิ่มขึ้น 3.07 เท่า เถ้าเพิ่มขึ้น 6.31 เท่า คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น 2.85 เท่า และความชื้นลดลงไป 1.34 เท่า ของวัตถุดิบที่ใช้ โดยผลผลิตของผลิตภัณฑ์พรเซสชีสบล็อกที่พัฒนาขึ้นได้เป็น 22.65 กรัม จากนมยูเอชที 100 กรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ soft cheese (ความชื้น 55-80%) ที่มีผลผลิตเป็น 13 กรัม จากน้ำนม 100 กรัม (Olson, 1950) เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีผลผลิตที่สูงและสามารถ recover protein ได้ 92.19 %

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

- นมยูเอชทีที่ใช้เป็นวัตถุดิบ มีลักษณะทางกายภาพคือมีสีขาวครีม กลิ่นหอมปกติ เป็นเนื้อเดียวกันไม่มีลิ้มรส ไม่เกิดเจลและไม่มีการแยกชั้นของไขมัน องค์ประกอบทางเคมีเป็นดังนี้ คือ ความชื้น 88.67% โปรตีน 3.03% ไขมัน 2.87% เกล็ด 0.72% คาร์โบไฮเดรต 4.71% มี pH 6.45 ค่าความสว่าง(L) 81.82 ค่าสีแดง(a) -2.35 ค่าสีเหลือง(b) +7.82

- สภาพที่เหมาะสมในการทำให้นมยูเอชทีเกิดลิ้มรสโดยใช้ความร้อนร่วมกับกรดคือ ใช้กรดอะซิติกปรับน้ำนมให้มี pH 4.7 และใช้ความร้อนอุณหภูมิ 80°C

- ใช้ K-carrageenan ร่วมกับ xanthan gum ในสัดส่วน 0.7:0.3 เป็น gelling agent โดยใช้ปริมาณรวมเป็น 1% ของน้ำหนักลิ้มรสในการผลิตไพเรสเซชีสบล็อก

- ปรับปรุงรสชาติไพเรสเซชีสบล็อกโดยเติมเกลือ 0.50% ของน้ำหนักลิ้มรส และเติมแครอทกับหอมหัวใหญ่ ในสัดส่วน 2 : 1 ปริมาณ 15% ของน้ำหนักลิ้มรส โดยแครอทและหอมหัวใหญ่ผ่านกระบวนการลวกด้วยไอน้ำก่อนที่จะนำมาผสมกับลิ้มรส

- องค์ประกอบทางเคมีของไพเรสเซชีสบล็อกที่ผลิตได้มี ปริมาณความชื้น 60.02% โปรตีน 13.18% ไขมัน 8.80% คาร์โบไฮเดรต 13.46% และเถ้า 4.54% มีลักษณะทางกายภาพคือมีค่าความสว่าง(L) 83.36 ค่าสีแดง(a) -0.71 ค่าสีเหลือง(b)+14.12 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้สามารถนำมาตัดเป็นแผ่นบางรับประทานคู่กับขนมปังจืดโดยจะรับประทานทันทีหรือจะนำไปอบก่อนรับประทานเพื่อให้ไพเรสเซชีสมีการหลอมก็ได้

- การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไพเรสเซชีสบล็อกที่เตรียมโดยการเติม potassium sorbate (0.1% ของน้ำหนักลิ้มรส) เป็นสารกันเสีย และเก็บที่อุณหภูมิ 5±2°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าเนื้อสัมผัสด้าน hardness ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวม เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านการเก็บมาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ยังคงมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยได้รับคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 8 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เกินมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ pasteurized soft cheese ที่ใช้อ้างอิง

ข้อเสนอแนะ

- ในขั้นตอนการเตรียมลิมนมถ้ามีการเพิ่มขั้นตอนการกดอัดจะทำให้สามารถควบคุมปริมาณความชื้นของลิมนมได้ดีขึ้น
- ควรมีการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในการปรับปรุงรสชาติ เช่น แฮม เบคอน หรือถั่ว เป็นต้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายมากขึ้น
- ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ควรบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาวะปลอดเชื้อ หรือศึกษากระบวนการในการบรรจุในลักษณะการบรรจุร้อนเพื่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จะมากขึ้น
- ในการบรรจุในภาชนะสุญญากาศจะมีผลต่อรูปทรงของผลิตภัณฑ์ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมของการบรรจุในภาชนะอื่น ๆ หรืออาจใช้ภาชนะบรรจุแบบ modified atmosphere package(MAP) หรือ แบบ controlled atmosphere package(CAP)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กระทรวงสาธารณสุข. 2521. ประกาศเรื่อง กำหนดผลิตภัณฑ์ของนม (other milk products) เป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่59.
- ทองยศ อเนกะเวียง. 2524. วิทยาศาสตร์น้ำนม. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นาตยา พุทธิพลโสธร. 2541. การผลิตโปรเซสชีสสเปรดจากนมยูเอชทีที่หมดอายุการจำหน่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นริยา รัตนাপนนท์. 2527. เคซีนและผลิตภัณฑ์นม. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บริษัทคู่แข่งจำกัด (มหาชน), ศูนย์วิจัยคู่แข่ง. 2538. คู่แข่งการตลาด, หน้า322-325. กรุงเทพมหานคร: บริษัทคู่แข่งจำกัด(มหาชน).
- พงษ์ วนานุวัธ. 2523. นมยูเอชที. วารสารวิทยาศาสตร์. 34(ตุลาคม): 782-793.
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิลละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2529. วัตถุดิบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด (มอก. 738-2530). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

- Aguilera, J.M. and Stanley, D.W. 1990. Microstructure principles of food processing & engineering. London: Elsevier Applied Science.
- Anonymous. 1989. Production of Dutch Farm Cheese (Gouda Type) Quark and Yoghurt. The Netherlands: Dairy Training Center Friesland.
- A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Brunner, S.R. 1977. Milk Protein. In J.R. Whitaker and S.R. Tannenbaum (eds.), Food protein. pp. 175-208. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, Inc.

- Burton, H. 1988. Ultra-high temperature processing of milk and milk product. London: Elsevier Applied Science.
- Bylund, G. 1995. The chemistry of milk. In Dairy processing hand book, pp. 13-38. Sweden: TetraPak Processing System AB.
- Caric, M. 1992. Processed cheese. Encyclopedia of Food Science and Technology 3: 2161-2174.
- Chandan, R.C. 1991. Cheese made by direct acidification. In R.K. Robinson, A.Y. Tamime (eds.), Feta and Related Cheese, pp. 229-252. New York: Ellis Horwood.
- Chandan, R.C., Marin, H., Nakrani, K.R. and Zehned, M.D. 1979. Production and consumer acceptance of Latin American White cheese. J. Dairy Sci. 62: 691-696.
- Cheeseman, G.C. 1975. Milk protein: Form and function of milk protein. J. Soc. of Dairy Technol. 28: 181-188.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1992. Experimental designs. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Dalgleish, D.G. 1982. Milk protein-chemistry and physics. In P.F. Fox and J.J. London (eds.), Food protein, pp. 155-178. London: Applied Science Publishers.
- Davidson, R.L. 1980. Hand book of soluble gums and resins. New York: McGraw-Hill Book.
- Dea, I.C.M., Mackinnon, A.A. and Rees, D.A. 1972. Tertiary and quaternary structure in aqueous polysaccharide systems which model cell wall cohesion : Reversible changes in conformation and association of agarose, carrageenan, and galactomannans. J. Molec. Biol. 68:153-172.
- Diliello, L.R. 1982. Methods in food and dairy microbiology. Westport, C.T.: The AVI Publishing Company.
- Donnelly, W.J., McNeill, G.P., Buchheim, W. and McGann, T.C.A. 1984. Comprehensive study of the relationship between size and protein composition in natural bovine casein micelles. Biochem. Biophys Acta. 184:136.
- Doores, R.L. 1990. pH control agent and acidulants. In A.L. Branen, P.M. Davidsen and S. Salminen (eds.), Food additives, pp. 462-523. New York: Marcel Dekker.
- Foltman, B. 1970. Method in enzymology. 19: 421-436.

- Ford, J.E., Porter, J.W.G., Thompson, S.Y., Toothill, J. and Edwards-Webb, J. 1969. Effect of ultra-high- temperature processing and of subsequent storage on the vitamin content of milk. J. Dairy Res. 36: 447-457.
- Ford, J.E. and Thompson, S.Y. 1981. New monograph on UHT milk. Brussels: International Dairy Federation.
- Fox, P.F. and Mulvihill, D.M. 1990. Casein. In P. Harris (ed.), Food gel, pp. 121-169. London: Applied Science Publishers.
- Glicksman, M. 1979. Gelling hydrocolloids in food product application. In J.M.V. Blanshard and J.R. Mitchell (eds.), Polysaccharides in food, pp. 185-204. London: Butterworths.
- Gordon, W.G. and Kalan, B.E. 1974. Protein of milk. In B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford (eds.), Fundamentals of dairy chemistry, 2nd ed., pp. 87-127. Westport, C.T.:The AVI Publishers. Co.
- Gouda, A. 1993. Processed cheese. Encyclopedia of Food Science and Food Technology and Nutrition 2: 846-852.
- Goursand, J. 1996. Packaging of milk products. In Food packaging technology volume 2, pp. 258-276. New York: VCH Publishers.
- Harwalkar, V.R. and Kaláb, M. 1981. Effect of acidulants and temperature on microstructure, firmness and susceptibility to syneresis of skim milk gels. Scanning electron microsc. 3: 503-513.
- Holt, C. 1985. The milk salt : Their secretion, concentrations and physical chemistry. In P.F. Fox (ed.), Developments in dairy chemistry 3: lactose and minor constituents, p. 143. London: Elsevier Applied Science Publishing.
- Home, D.S. 1989. Application of fractal concepts to the study of casein aggregation phenomena. J. Dairy Res. 56: 535.
- IDF. 1971. Cheese name. Brussels: Ann. Bull., International Dairy Federation.
- Jenness, R. and Patton, S. 1976. Principle of dairy chemistry, pp. 1-29. New York: Robert E. Krieger Publishing Company.
- Johnson, A.H. 1974. The composition of milk. In B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford (eds.), Fundamentals of dairy chemistry, 2nd ed., pp. 1-57. Westport, C.T.:The AVI Publishers. Co.

- Jolles, J., Alais, C. and Jolles, P. 1968. Biochem. Biophys. Acta. 168: 591.
- Klostermeyer, H. 1989. Processed cheese manufacture. BK. Ladenburg.
- Kohlhass, H. 1972 Processed Cheese-Consumption Habits and Trend in Three Continents. Milchwissenschaft 27: 545.
- Konda, K. 1990. Plastic containers. In T. Kadoya (ed.), Food packaging. pp. 117-145. San Diego, California: Academic Press, Inc.
- Kosikowski, F.V. 1966. Cheese and fermented milk foods. New York: Ithaca.
- Kosikowski, F. 1982. Cheese and fermented milk foods. 2nd ed. New York: Brooktondale.
- Larmond, E. 1982. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Publication 1637. Ottawa: Canada Department of Agriculture, Research Branch.
- Lazaridis, H.N. and Rosenau, J. R. 1980. Effect of emulsifying salt and carrageenan on rheological properties of cheese-like products prepared by direct acidification. J. Food Sci. 45: 595-597.
- Mackinlay, A.G. and Wake, R.G. 1971. Milk protein, Chemistry and molecular biology. New York: Academic Press.
- Marshall, R.T. 1993. Standard methods for the examination of dairy product. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Meyer, A. 1961. Treatments for the Achievement of Standard Quality in Processed Cheese Making. Deutsche Molkerei Zeitung. 82: 1649.
- Meyer, A. 1973. Processed cheese manufacture. London: Food Trade Press Ltd.
- Nath, K.R. 1992. Cheese. In Y.H. Hui (ed.), Dairy science and technology handbook volume 2: Product manufacturing, pp. 229-235. New York: VCH Publishers.
- Nielsen, E.W. and Ullum, J.A. 1989a. Dairy technology 1. Denmark: Danish Turnkey Dairy Ltd.
- Nielsen, E.W. and Ullum, J.A. 1989b. Dairy technology 2. Denmark: Danish Turnkey Dairy Ltd.
- Oakenfull, D. 1987. Gelling agent. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 26: 1-25.
- Olson, T.M. 1950. Cheese. In Elements of dairying. pp. 513-536. New York: The Macmillan Company.

- Ono, T. and Obata, T. 1989. A model for the assembly of bovine casein micelles from F2 and F3 subunit. J. Dairy Res. 56: 453.
- Ono, T., Odagiri, S. and Takagi, T. 1983. Separation of the submicelles from micellar casein by high performance gel chromatography on a TSK-Gel G4,000 SW column. J. Dairy Res. 50: 37-44.
- Parnell-Clunies, E.M., Irvine, D.M. and Bullock, D.H. 1985. Composition and yield studies for Queso Blanco made in pilot plant and commercial trials with dilute acidulant solutions. J. Dairy Sci. 68:3095-3100.
- Parry, R.M., JR. 1974. Milk coagulation and protein denaturation. In B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford (eds.), Fundamentals of dairy chemistry, 2nd ed., pp. 603-661. Westport, C.T.:The AVI Publishers, Co.
- Payens, T.A. 1966. Association of caseins and their possible relation to structure of casein micelle. J. Dairy Sci. 49: 1317-1324.
- Potter, N.N. 1968. Food science. Westport, C.T.:The AVI Publishers, Co.
- Ramsey, J.A. and Swartzel, K.R. 1984. Effect of ultra-high temperature processing and storage conditions on rate of sedimentation and fat separation of aseptically packaged milk. J. Food Sci. 49: 257-262.
- Rosenau, J.R., Calzada, J.F. and Peleg, M. 1978. Some rheological properties of a cheese-like product prepared by direct acidification. J. Food Sci. 43: 948-950,953.
- Sacharow, S. and Griffin, R.C. 1980. Food packaging-Its background. In Principles of food packaging, 2nd ed, pp. 1-71. Westport, C.T.:The AVI Publishers, Co.
- Schmidt, D.G. 1982. Association of caseins and casein micelle structure. In P.F. Fox (ed.), Developments in dairy chemistry-1, p. 61. London: Applied Science Publishers.
- Schimidt, R.H. and Morris, H.A. 1984. Gelation properties of milk proteins, soy proteins and blended protein systems. Food Technology. 38: 85-96.
- Scott, R. 1981. Cheese making practice. London: Applied Science Publishers.
- Sherbon, J.W. 1988. Physical properties of milk. In P.N. Wong (ed.), Fundamentals of dairy chemistry. 3rd ed., pp. 409-460. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Shimp, L.A. 1985. Process cheese principle. Food Technology. 5: 63-70.

- Siapantas, L.G. and Kosikowski, F.V. 1967. Properties of Latin American white cheese as influenced by glacial acetic acid. J. Dairy Sci. 50: 1589-1591.
- Sofos, L.A., and Busta, F.F. 1981. Antimicrobial activity of sorbate. J. Food Prot. 44: 614-622.
- Sone, T., Tanya, S. and Izutsu, T. 1970. Effect of rate of cooling after emulsifying on the texture of processed cheese. Sydney: XVIII International Dairy Congress.
- Stanley, N.F. 1990. Carrageenans. In P. Harris (ed.), Food gel, pp. 79-119. London: Applied Science Publishers.
- Swaisgood, H.E. 1996. Characteristics of milk. In O.R. Fennema (ed.), Food chemistry. 3rd ed., pp. 791-827. New York: Marcel Dekker.
- Thomas, M.A. 1977. The Processed cheese industry. New South Wales: Department of Agriculture.
- Thomas, W.R. 1997. Carrageenan. In A. Imerson (ed.), Thickening and gelling agent for food, pp. 45-59. London: Blackie Academic&Professional.
- Torres, N. and Chandan, R.C. 1981. Latin American White Cheese-A review. J. Dairy Sci. 64: 552-557.
- Urlacher, B. and Noble, O. 1997. Xanthan gum. In A. Imerson (ed.), Thickening and gelling agent for food, pp. 284-311. London: Blackie Academic&Professional.
- Walstra, P. 1990. On the stability of casein micelles. J. Dairy Sci. 73: 1965-1975.
- Walstra, P. and Jenness, R. 1984. Dairy chemistry and physics. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Wheelock, J.V. 1969. Action of rennin on whole milk. Neth. Milk Dairy J. 27: 274-277.
- Wong, N.P. 1974. Fundamentals of cheesemaking. In B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford (eds.), Fundamentals of dairy chemistry, pp. 719-771. Westport, C.T.: The AVI Publishers. Co.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์

ก.1. ความชื้น

ตามวิธีของ Marshall, 1993

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน ช่วงอุณหภูมิ 0-250°C

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 ± 0.5 กรัม ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมซึ่งอบแห้งและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนไว้แล้ว
2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ $100 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
3. นำตัวอย่างมาใส่ใน desiccator เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.2. โปรตีน

ตามวิธีของ Marshall, 1993

อุปกรณ์

Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit และ Gerhardt Vapodest

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 N.
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50% WW
4. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 4% WW
5. selenium mix เป็น indicator
6. modified methyl red indicator (methyl red 1.25 กรัม และ methylene blue 0.825 กรัม ละลายในเอทานอล 90% ปริมาตร 1 ลิตร)

วิธีทดลอง

1. preheat เครื่องย่อยก่อนใช้
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม กรณีเป็นของเหลวใช้ตัวอย่าง 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอด Kjeldahl ขนาด 300 มิลลิลิตร
3. เติม selenium mix 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร

4. ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่อง Kjeldatherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อยเป็น
 - ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250°C เป็นเวลา 15 – 20 นาที
 - ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 380°C เป็นเวลา 30 – 45 นาที
 - ช่วงที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 480°C เป็นเวลา 20 – 30 นาที
 การเพิ่มอุณหภูมิในการย่อยต้องค่อย ๆ เพิ่มเพื่อให้การย่อยเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ย่อยจนกระทั่งตัวอย่างเป็นสารละลายสีเขียวใสหรือไม่มีสี
5. ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิเมตร นำหลอด Kjeldahl ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น Vapodest
6. ตวงสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร ใส่ในพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร เติม modified methyl red indicator 3-4 หยด แล้วนำไปวางใต้ condenser ของเครื่องกลั่น โดยให้สายยางที่นำแอมโมเนียมาจุ่มอยู่ใต้สารละลายกรดบอริก
7. เติมด่างที่เครื่องกลั่น โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50-60 มิลลิลิตร ลงในหลอด Kjeldahl หรือจนกระทั่งสารละลายในหลอดเป็นสีดำหมด
8. รองรับแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในสารละลายกรดบอริกที่เตรียมไว้ในข้อ 6 ให้ได้ประมาณ 250 มิลลิลิตร นำพลาสติกที่รองรับแอมโมเนียออก ให้ปลายสายยางพ้นระดับของเหลวในพลาสติก แล้วล้างปลายสายยางด้วยน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยลงในพลาสติก
9. นำไปไตเตรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N. จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
10. คำนวณหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} = \frac{A \times B \times 1.4}{C}$$

(A=ความเข้มข้น (N.) ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต B=ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต
C=น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม))

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด} \times 6.38$$

ก.3. ไบมัน

ด้วยวิธี Gerber (Marshall, 1993)

อุปกรณ์

Gerber centrifuges และ Gerber tube

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก 90% W/W
2. เอมีลแอลกอฮอล์

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่าง 3 กรัม ถ้าเป็นน้ำมันบีเปิดมา 11.07 มิลลิลิตร ใส่ใน Gerber tube
2. บีเปิดสารละลายกรดซัลฟูริก 10 มิลลิลิตร (ตัวอย่างที่เป็นของแข็งให้เติมน้ำอุ่นให้มีความหนาของชั้นน้ำอุ่นประมาณ 6 มิลลิเมตรก่อน)
3. เติมเอมีลแอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร
4. ปิดจุก Gerber tube เขย่าจนตัวอย่างละลายเข้ากัน
5. กลับหลอด Gerber tube นำไปแช่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 65°C นานประมาณ 3 นาที
6. นำไปเหวี่ยงในเครื่อง Gerber centrifuges โดยใช้ความเร็ว 1100 รอบต่อนาที นาน 5 นาที
7. นำมาแช่ water bath ที่อุณหภูมิ 65°C อีกครั้ง อ่านค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากสเกลหลอด
8. อาจนำไปเหวี่ยงและนำมาอ่านค่าอีกครั้งจนได้ค่าที่คงที่

ด้วยวิธี Soxhlet (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

Soxhlet Apparatus

สารเคมี

Petroleum ether

วิธีทดลอง

1. อบขวดสกัดที่ 110°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator จึงชั่งน้ำหนักขวดสกัด
2. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม (ตัวอย่างที่ทำการอบแห้งแล้ว) ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1

3. ใส่ห่อตัวอย่างใน thimble
4. เติม petroleum ether ลงในขวดสกัด 80 มิลลิลิตร
5. สกัดไขมันเป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิประมาณ 150°C
6. เมื่อครบเวลาระเหย petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้
7. อบขวดสกัดที่ 110°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator จึงนำขวดสกัดไปชั่งน้ำหนัก นำไปอบอีกครั้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.4. เถ้า

ตามวิธีของ Marshall, 1993

อุปกรณ์

- muffle furnace
- crucible
- hot plate

วิธีทดลอง

1. เเผา crucible ใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำมาทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก
3. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
4. นำตัวอย่างไปเผาบน hot plate จนหมดควัน และตัวอย่างเป็นสีดำ
5. นำไปเผาต่อใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนได้เถ้าสีขาว หรือสีเทา
6. นำเถ้ามาใส่ desiccator เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.5. การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ตามวิธีของ Diliello, 1982

อุปกรณ์

จานเลี้ยงเชื้อ blender ตู้อบเชื้อ

สารเคมี

1. sodium citrate 2%
2. plate count agar (PCA)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างโพสเซียมคลอไรด์น้ำหนัก 11 กรัม ใส่ใน blender ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเติม sterile sodium citrate 2% ปริมาตร 99 มิลลิลิตร ผสมเป็นเวลา 1 นาที จะได้สารละลายที่เป็นอิมัลชัน ซึ่งถือเป็น dilution 10^{-1}
2. ปิเปิดสารละลายมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร เพื่อทำเป็น dilution 10^{-2}
3. ปิเปิดสารละลายเจือจางที่ระดับต่าง ๆ มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว dilution ละ 2 plate เท plate count agar (PCA) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45°C ลงในจานเพาะเชื้อจานละ 15-25 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเพื่อให้สารละลายเจือจางและอาหารเลี้ยงเชื้อผสมกัน ทิ้งให้แข็งตัว
4. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 32°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อที่มีปริมาณเชื้ออยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี
5. คำนวณผลออกมาเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

การคำนวณ

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด = จำนวนโคโลนี \times dilution factor

ก.6. การวิเคราะห์หาจำนวนยีสต์และรา

ตามวิธีของ Diliello, 1982

อุปกรณ์

จานเลี้ยงเชื้อ blender ตูบมเชื้อ

สารเคมี

1. sodium citrate 2%
2. potato dextrose agar (PDA)

วิธีทดลอง

ทำวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่เปลี่ยน PCA เป็น PDA และเติม tartaric acid 10% ลงไปในอัตรา 1 มิลลิลิตร ต่อ PDA 100 มิลลิลิตร ก่อนที่จะเท PDA ลงในจานเพาะเชื้อ



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ข.1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาสัดส่วนและชนิดของ gelling agent ที่เหมาะสมในการผลิตโพรเซสชีสบล๊อค

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่ทำการทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค โดยลากเส้นตั้งฉากบนเส้นสเกลเพื่อแสดงการประเมินที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน และเขียนเลขรหัสตัวอย่างกำกับที่เส้นตั้งฉากด้วย (แบบสอบถามมี 2 หน้า)

ลักษณะปรากฏ

สี

0-----10

ขาวคล้ำ

ขาวครีม

ฟองอากาศ

0-----10

มีมาก

ไม่มี

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง(hardness)

0-----10

นิ่ม(soft)

แน่น(firm)

ความบดเคี้ยว(chewiness)

0-----10

อ่อนนิ่ม(tender)

เหนียว(tough)

ความยึดเกาะ(adhesiveness)

0-----10

ลื่น(slippery)

เหนียว(sticky)

ความยืดหยุ่น/ความคืนตัว(springiness)

0-----10

ไม่ยืดหยุ่น(plastic)

ยืดหยุ่นมาก(elastic)

ความเหนียวยึด(cohesiveness)

0-----10

ไม่มีความเหนียวยึด

เหนียวยึดมาก

ความเนียน(lumpiness)

0-----10

เป็นเม็ดทราย(grainy)

เนียนมาก(smooth)

ความชอบรวม

ความชอบรวม	รหัสตัวอย่าง				
ไม่ชอบมากที่สุด					
ไม่ชอบมาก					
ไม่ชอบปานกลาง					
ไม่ชอบเล็กน้อย					
เฉย ๆ					
ชอบเล็กน้อย					
ชอบปานกลาง					
ชอบมาก					
ชอบมากที่สุด					

ข้อเสนอแนะ.....

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.2. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Triangle Test

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทำการทดสอบ.....

ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสบล๊อค

สองตัวอย่างในสามตัวอย่างนี้เหมือนกัน อีกตัวอย่างหนึ่งแตกต่างออกไป

- ชิมตัวอย่างตามลำดับที่ให้ แล้วเลือกว่าตัวอย่างไหนแตกต่างจากอีก 2 ตัวอย่าง

รหัส

ทำเครื่องหมายตัวอย่างที่ต่าง

- แสดงระดับของความแตกต่างระหว่างตัวอย่างคู่ที่เหมือนกันกับตัวอย่างเดี่ยวที่แตกต่างกัน

เล็กน้อย -----

ปานกลาง -----

มาก -----

มากพิเศษ -----

- แสดงความยอมรับ

ยอมรับตัวอย่างเดี่ยวมากกว่า -----

ยอมรับตัวอย่างคู่มากกว่า -----

- ข้อคิดเห็น

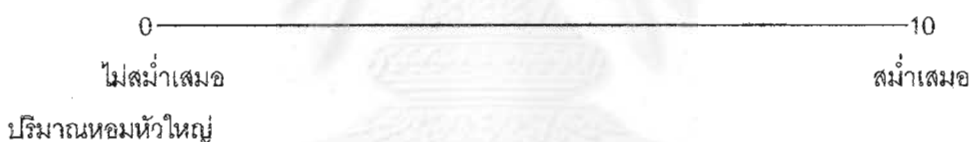
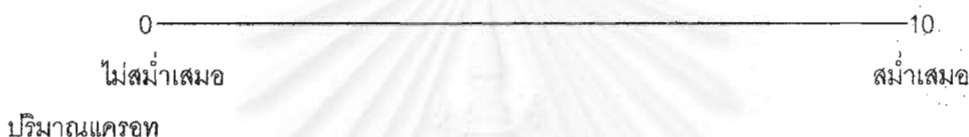
ข.3. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาปริมาณ และสัดส่วนที่เหมาะสมในการ
เติมแคโรทีนและหอมหัวใหญ่

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทำการทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์โพรเซสซีสบล็อก โดยลากเส้นตั้งจากบนเส้นสเกล เพื่อแสดงการ
ประเมินที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน และเขียนเลขรหัสตัวอย่างกำกับที่เส้นตั้งจากด้วย(แบบสอบถามมี 2 หน้า)

ลักษณะปรากฏ

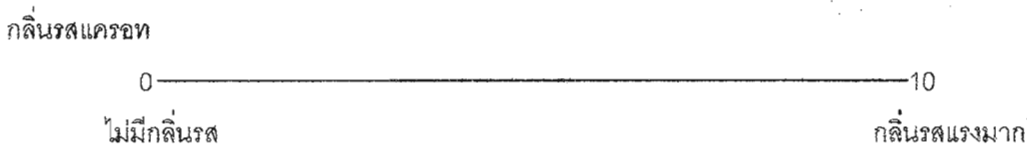
สี



กลิ่น



กลิ่นรส



กลิ่นรสมิ้นหัวใหญ่

0 ————— 10

ไม่มีกลิ่นรส กลิ่นแรงมาก

ความชอบรวม

ความชอบรวม	รหัสตัวอย่าง		
ไม่ชอบมากที่สุด			
ไม่ชอบมาก			
ไม่ชอบปานกลาง			
ไม่ชอบเล็กน้อย			
เฉย ๆ			
ชอบเล็กน้อย			
ชอบปานกลาง			
ชอบมาก			
ชอบมากที่สุด			

ข้อเสนอแนะ.....

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

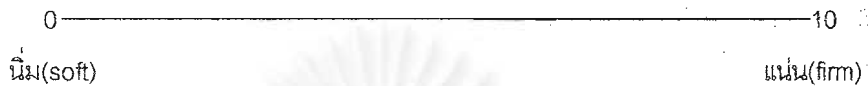
ข.4. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาหาปริมาณเกลือที่เหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่ทำการทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ไอพรเซตซีสบดเคี้ยว โดยลากเส้นตั้งจากบนเส้นสเกล เพื่อแสดงการประเมินที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน และเขียนเลขรหัสตัวอย่างกำกับที่เส้นตั้งจากด้วย

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง(hardness)



รสชาติ

ความเค็ม



ความชอบรวม

ความชอบรวม	รหัสตัวอย่าง		
ไม่ชอบมากที่สุด			
ไม่ชอบมาก			
ไม่ชอบปานกลาง			
ไม่ชอบเล็กน้อย			
เฉย ๆ			
ชอบเล็กน้อย			
ชอบปานกลาง			
ชอบมาก			
ชอบมากที่สุด			

ข้อเสนอแนะ.....

ข.5. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโพสเซสซีสบล๊อคเมื่อ
ระยะเวลาเก็บต่างกัน

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่ทำการทดสอบ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์โพสเซสซีสบล๊อค โดยลากเส้นตั้งจากบนเส้นสเกลเพื่อแสดงการประเมินที่
ตรงกับความรู้สึกของท่าน และเขียนเลขรหัสตัวอย่างกำกับที่เส้นตั้งฉากด้วย

ลักษณะปรากฏ

สี

0 ----- 10

ขาวคล้ำ

ขาวครีม

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแข็ง(hardness)

0 ----- 10

นิ่ม(soft)

แน่น(firm)

ความบดเคี้ยว(chewiness)

0 ----- 10

อ่อนนิ่ม(tender)

เหนียว(tough)

ความยืดหยุ่น/ความคืนตัว(springiness)

0 ----- 10

ไม่ยืดหยุ่น(plastic)

ยืดหยุ่นมาก(elastic)

ความเหนียวยึด(cohesiveness)

0 ----- 10

ไม่มีความเหนียวยึด

เหนียวยึดมาก

กลิ่นรสชาติ

กลิ่นรสเนยแข็ง

0 ----- 10

กลิ่นอ่อนมาก

กลิ่นแรงมาก

กลิ่นรสแปลกปลอม

0 ----- 10

มีกลิ่นรสแรงมาก

ไม่มีกลิ่น

ความชอบรวม

ความชอบรวม	รหัสตัวอย่าง				
ไม่ชอบมากที่สุด					
ไม่ชอบมาก					
ไม่ชอบปานกลาง					
ไม่ชอบเล็กน้อย					
เฉย ๆ					
ชอบเล็กน้อย					
ชอบปานกลาง					
ชอบมาก					
ชอบมากที่สุด					

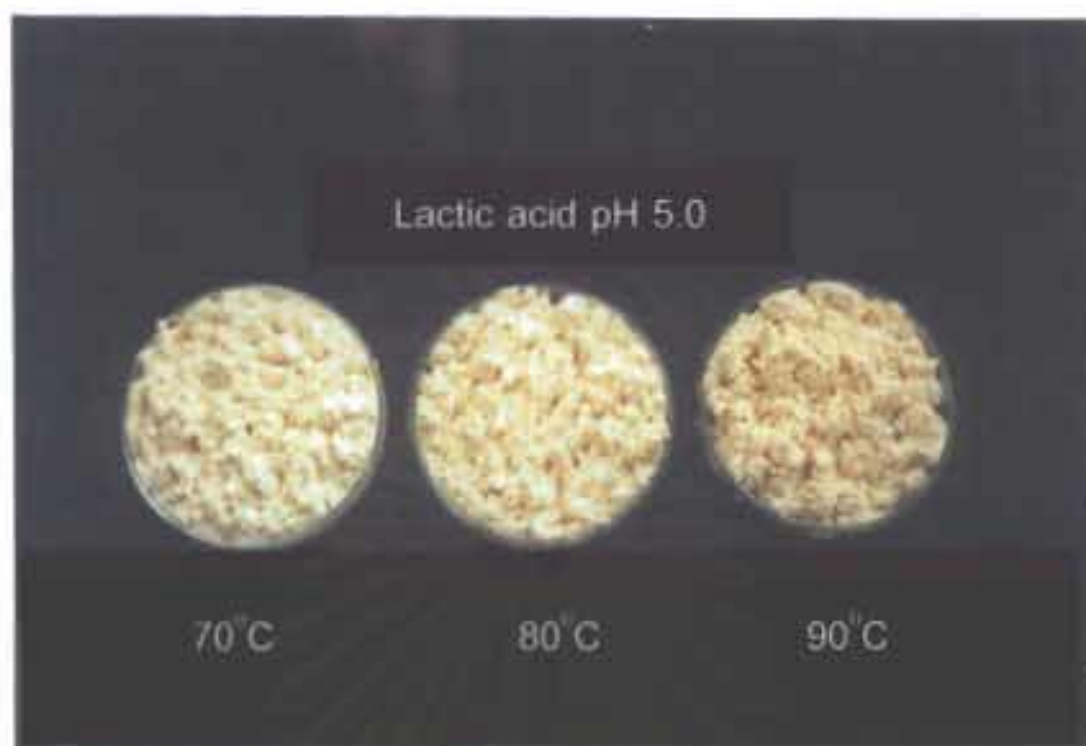
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค แสดงรูปลิมนม โพรเซสชีสบล็อก และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

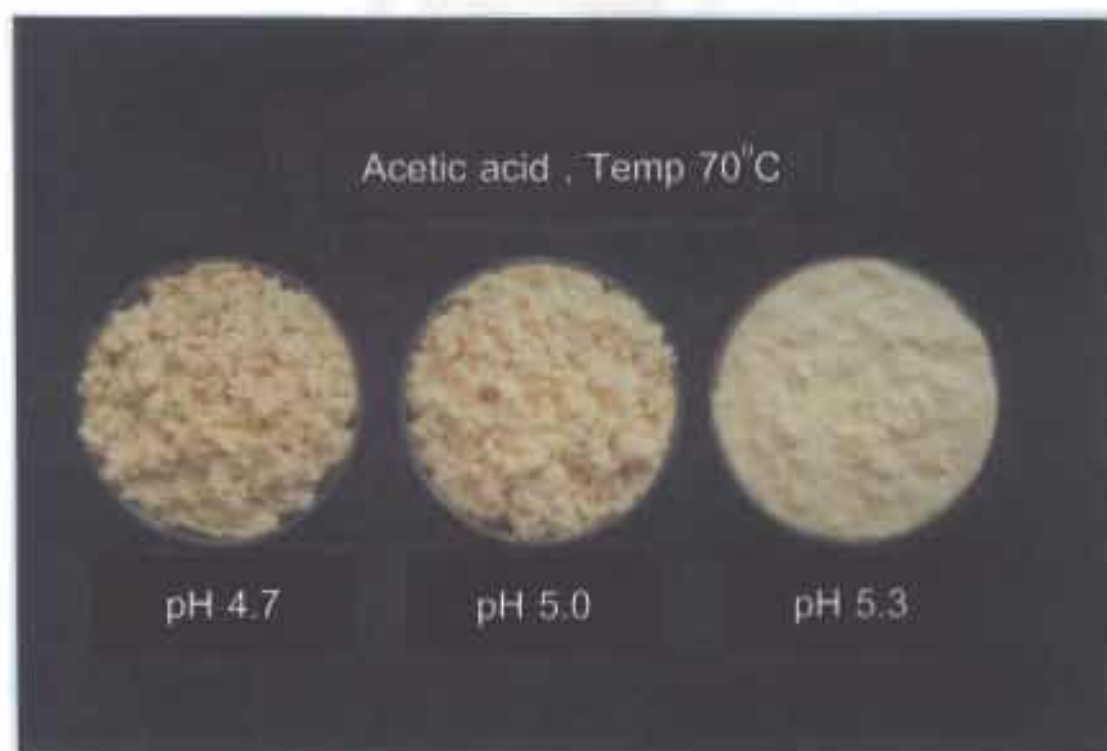


รูปที่ ค.1 ลิมนมที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดอะซิติก (pH 4.7 อุณหภูมิ 80°C) กรดซิตริก (pH 4.7 อุณหภูมิ 70°C) และกรดแลคติก (pH 5.0 อุณหภูมิ 70°C)

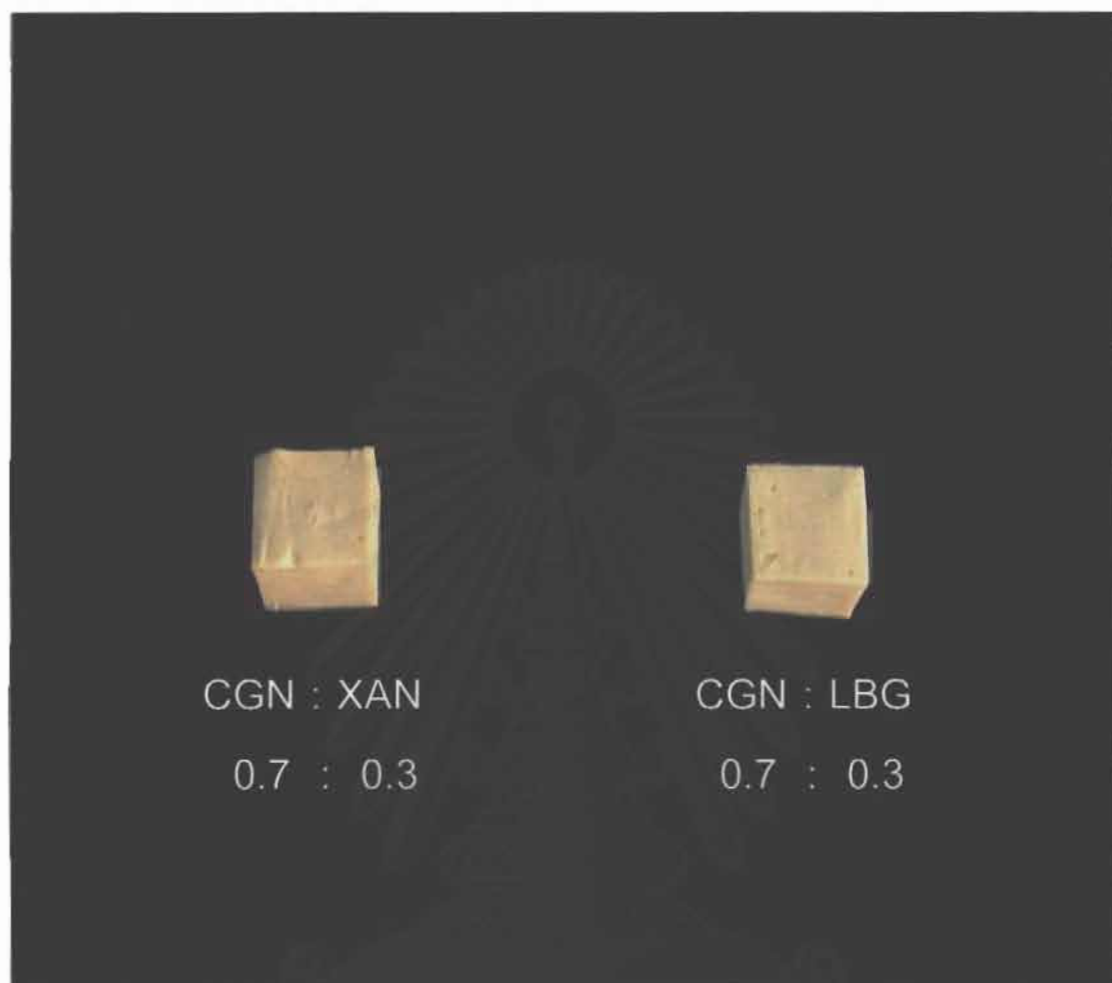
สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค. 2 ลิ้มหมกที่ได้จากการปรับ pH ด้วยกรดแลคติก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปที่ ค. 3 ลิ้มหมกที่ได้จากการใช้ความร้อนเป็น 70°C และใช้กรดอะซิติกปรับ pH ที่ระดับต่าง ๆ



รูปที่ ค.4 โพรเซสซีสบล็อกที่ใช้ carrageenan ร่วมกับ xanthan gum และ carrageenan ร่วมกับ locust bean gum เป็น gelling agent ที่สัดส่วน 0.7 : 0.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค. 5 โทเรเซสซีบลิคคที่พัฒนาขึ้นได้

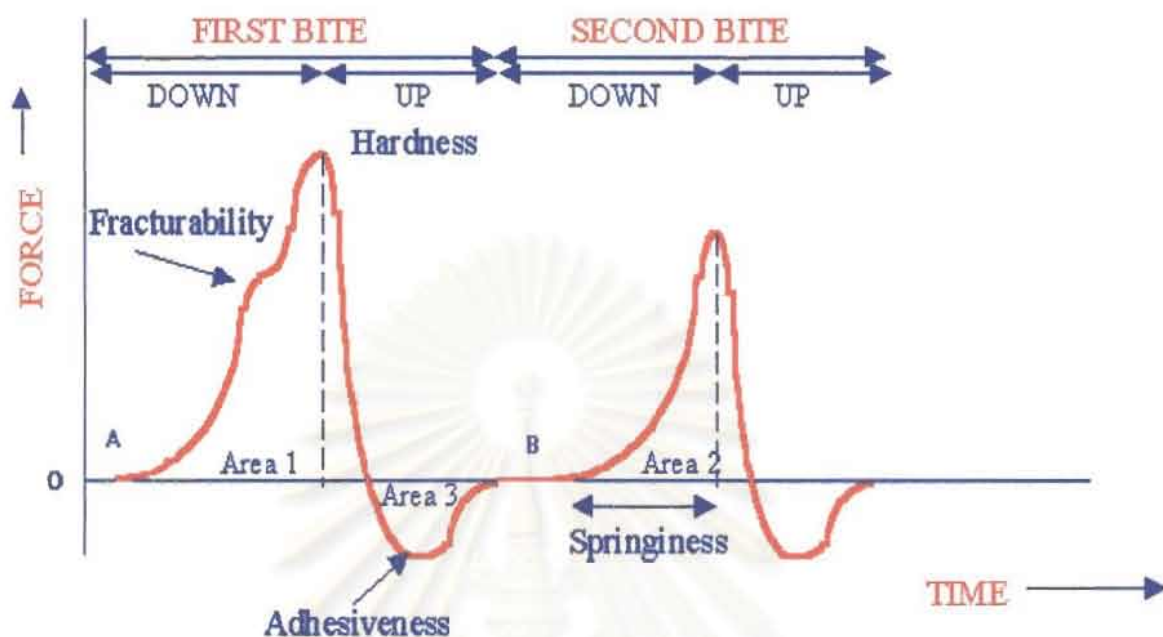
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค. 6 เครื่องวัดสี Minolta Chroma Meter



รูปที่ ค. 7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร (Texture Analyzer, TA-XT2)



รูปที่ ค.8 กราฟแสดงผลการวัดเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis

Texture profile analysis เป็นการทดสอบแบบกัดสองครั้ง

Hardness : แรงสูงสุดของการกัดครั้งแรก

Adhesiveness : งานที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดออกจากผิวหน้าของตัวอย่าง
จากกราฟคือ พื้นที่ใต้กราฟของการกัดครั้งแรก

Springiness : ความสูงของอาหารที่กลับคืนระหว่างสิ้นสุดการกัดครั้งแรกกับ
เริ่มการครั้งที่ 2 จากกราฟคือ $\text{Time diff } 4:5 / \text{Time diff } 1:2$

Cohesiveness : แรงยึดเกาะกันภายในของเนื้ออาหาร จากกราฟคือ $\text{Area } 2 / \text{Area } 1$

Gumminess : พลังงานที่ต้องใช้ในการบดเคี้ยวอาหารที่เป็น semi-solid ให้อยู่ใน
สภาพที่พร้อมจะกลืนได้ โดย = $\text{Hardness} \times \text{Cohesiveness}$

Chewiness : พลังงานที่ต้องใช้ในการบดเคี้ยวอาหารที่เป็น solid ให้อยู่ในสภาพที่
พร้อมจะกลืนได้ โดย = $\text{Hardness} \times \text{Cohesiveness} \times \text{Springiness}$



รูปที่ ค. 9 Hand Homogenizer

สถาบันวิทยบริการ
ศาลากลางกรมโยธาธิการ

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 Statistical Chart Triangle test, difference analysis

Number of tasters	Number of correct answers necessary to establish level of significance		
	95%	99%	99.9%
10	7	8	9
11	7	8	9
12	8	9	10
13	8	9	10
14	9	10	11
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14

ที่มา : Larmond, 1982

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภณิดา พัฒนธร เกิดวันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2518 ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร จากคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2540 และ เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541



สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย