การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้

The development of fruit acid supplementary mozzarella cheese products

นางสาวยุวลี สุราฤทธิ์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้

The development of fruit acid supplementary mozzarella cheese products

ผู้จัดทำ

นางสาวยุวลี สุราฤทธิ์

เสนอ

สาขาสัตวศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่...../.....
งานทะเบียนและประมวลผล

โครงงานพิเศษ ปีการศึกษา 2564

เรื่อง

การพัฒนาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้

The development of fruit acid supplementary mozzarella cheese products

ผู้จัดทำ

นางสาวยุวลี สุราฤทธิ์

นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เห็นชอบ/รับรอง

.....

(อาจารย์สมพร นพเกื้อ)

โครงงานพิเศษนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกรดจากส้มจี๊ดที่เหมาะสมในกระบวนการตกตะกอนโปรตีนของการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน รวมทั้งการประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดกับสูตรมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเสริมปริมาณส้มจี๊ดที่ระดับ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 1 มีปริมาณส้มจี๊ด 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิต พบว่า มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกระดับ คือ 13.70 แต่ต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน มีค่าความแน่นเนื้อ 50.85 ± 0.27 นิวตัน/มิลลิเมตร ค่าสี L* a* b* จะอยู่ที่ 81.49 ± 1.85, 1.54 ± 0.55 และ 21.59 ± 2.45 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Point hedonic scale ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่ามีคะแนน 7.50 ± 0.90, 5.94 ± 0.74, 7.00 ± 0.91, 7.10 ± 0.61 และ 6.97 ± 0.61 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับทุกสูตร เมื่อประเมินต้นทุนการผลิต พบว่า เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐานมีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 160 บาท ส่วนเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดมีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 190 บาท

คำสำคัญ

กรดซิตริก, ส้มจี๊ด, ผลิตภัณฑ์เนยแข็ง และมอสซาเรลล่าชีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

โครงงานพิเศษเรื่องนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ และอนุเคราะห์จากอาจารย์ สมพร นพเกื้อ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่เสียสละเวลาในการแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง และคอยให้คำปรึกษา ขอขอบคุณนางสาวอรสา ชูละเอียด และนาย ปฏิพัทธ์ ศรีสงคราม นักวิทยาศาสตร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และแนะนำการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำการทดลอง

นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู และให้กำลังใจเป็นอย่างสูง ตลอดจนการสนับสนุนด้านการศึกษา ที่สำคัญขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และบุคคลท่านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งไม่ได้กล่าวนาม รวมถึงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นสถานศึกษาที่ดีมีคุณภาพ ให้ความรู้ ส่งเสริมนักศึกษาด้านต่างๆ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณเจ้าของเอกสาร และงานวิจัยทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้นำมาอ้างอิง จนกระทั่งโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างดี จึงขอกราบขอบคุณไว้โอกาสนี้

ยุวลี สุราฤทธิ์

มิถุนายน 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
คำนิยม	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนยแข็ง	3
วิธีการผลิตเนยแข็ง	6
การเสื่อมเสียของเนยแข็ง	10
การเก็บรักษาเนยแข็ง	12
เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า	13
คุณค่าทางโภชนาการของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า	14
กรดซิตริก	14
แหล่งของกรดซิตริก	15
การผลิตกรดซิตริก	15
การใช้ประโยชน์	16
คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี	17
ความเป็นพิษของกรดซิตริกต่อมนุษย์	18
การจัดเก็บ	18
ส้มจี๊ด	19
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	20
การเก็บเกี่ยวผลผลิต	21
คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด	22
งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

วัตถุดิบ 30
สารเคมี 30
อุปกรณ์ 30
วิธีการทดลอง 30
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผล 35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 39
เอกสารอ้างอิง 40
ภาคผนวก 43
ภาคผนวก ก วิธีการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า 44
ภาคผนวก ข การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส 48
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี 50
ภาคผนวก ง การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการด้วยระบบ Turnitin 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	คุณค่าทางโภชนาการของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า ต่อปริมาณ 100 กรัม	14
2.	คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด ต่อปริมาณ 100 กรัม	22
3.	การศึกษาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน	30
4.	ปริมาณการใช้กรดจากส้มจี๊ดเสริมในเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า	32
5.	แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน และเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	35
6.	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพด้านการวัดค่าความแน่นเนื้อ และการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	36
7.	แสดงคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	37
8.	การประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด 0.5 เปอร์เซ็นต์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. การตกตะกอนเคซีนด้วยเอนไซม์	4
2. การย่อยของโปรตีนในเนยแข็ง	9
3. สูตรโครงสร้างของ citric acid monohydrate	15
4. ลักษณะของผลส้มจี๊ด	20

ภาพภาคผนวกที่

ก.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	44
ก.2 ผลส้มจี๊ด	44
ก.3 ขั้นตอนการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	47
ข.1 ผู้ทดสอบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส	48
ค.1 การวัดค่า pH ของน้ำส้มจี๊ดที่จะนำมาทดลอง	50
ค.2 การวัดค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	50
ค.3 การวัดค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด	51
ง. การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการด้วยระบบ Turnitin	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญ และความเป็นมา

สถานการณ์ผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยการขยายตัวของประชากรภายในประเทศ ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมผลิตน้ำนมดิบออกสู่ตลาดมากยิ่งขึ้น โดยประเทศไทยภาครัฐมีนโยบายพัฒนาคุณภาพน้ำนม เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคทั้งใน และต่างประเทศ เมื่อมีปริมาณน้ำนมเป็นจำนวนมาก จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นม เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มตัวเลือกให้แก่ผู้บริโภค เช่น นมพร้อมดื่มต่างๆ โยเกิร์ต ไอศกรีม และเนยแข็ง เป็นต้น โดยในน้ำนมจะมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีน ไขมันนม น้ำตาลนม วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ

เนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้รับความนิยมทั่วทุกภูมิภาค โดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรป โดยริเริ่มมาจากการแปรรูปน้ำนม เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เกิดจากการนำน้ำนมดิบมาตกตะกอนโปรตีน โดยการตกตะกอนโปรตีนสามารถใช้ได้ทั้งเอนไซม์ กรด และจุลินทรีย์ จนเกิดการรวมตัวเป็นก้อนแล้วนำมาบ่ม ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ภูมิอากาศ สายพันธุ์โค อาหารที่โคกิน สารตั้งต้นอย่างเช่นรสชาติของน้ำนม เนยแข็งมีมากกว่า 3,000 ชนิดทั่วโลก อาจแตกต่างกันตามชื่อเรียกของแต่ละท้องถิ่น หรืออาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ เพื่อแยกประเภท เช่น ชนิดของนมที่ใช้ ระยะเวลาในการบ่ม เชื้อราที่ใส่ลงไป เพื่อแยกไขมันออกจากน้ำนม อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักบ่ม พื้นผิว และความราบเรียบของเนยแข็ง (สมจิต, 2546)

มอสซาเรลล่าเป็นเนยแข็งชนิดหนึ่ง มีต้นกำเนิดมาจากภาคใต้ของประเทศอิตาลี มีเนื้อสัมผัสกึ่งนุ่ม มีความยืดหยุ่น ลักษณะทั่วไปจะมีสีขาว นิยมใช้เป็นส่วนประกอบในพิซซ่า หรืออาหารจากพาสตาต่างๆ ซึ่งกรดที่สามารถนำมาตกตะกอนโปรตีนในน้ำนมดิบได้ คือ กรดซิตริก เป็นกรดอินทรีย์ พบตามธรรมชาติได้ในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว แต่ในทางอุตสาหกรรมจะใช้กรดซิตริกสังเคราะห์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการนำเอากรดซิตริกจากผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวในท้องถิ่น โดยใช้ส้มจี๊ดแทนการใช้กรดซิตริกสังเคราะห์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์เนยแข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่ได้จะมีรสชาติ และกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ตามผลไม้ที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปริมาณกรดจากส้มจี๊ดที่เหมาะสมในกระบวนการตกตะกอนโปรตีนของการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน
3. เพื่อประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดกับสูตรมาตรฐาน

ขอบเขตของการศึกษา

พัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าที่เสริมกรดจากส้มจี๊ด และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ รวมถึงการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ตัวแปรต้น: 1. กรดในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว คือ ส้มจี๊ด
2. ปริมาณกรดจากส้มจี๊ดที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนโปรตีนในน้ำนมดิบของการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า

ตัวแปรตาม: 1. ผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมด้วยกรดจากส้มจี๊ดสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด
2. คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

สถานที่ในศึกษา: ห้องแปรรูปผลิตภัณฑ์นม สาขาสัตวศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าที่มีความหลากหลาย และมีคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผู้บริโภค
2. นำผลผลิตทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่า และพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น
3. เพิ่มความหลากหลายให้แก่ผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนยแข็ง

เนยแข็ง หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า “ชีส” (cheese) เป็นผลิตภัณฑ์นม สามารถผลิตได้จากนม โค กระบือ หรือแพะ เป็นต้น โดยนมจะผ่านกระบวนการคัดแยกโปรตีนเคซีน (casein) ซึ่งเป็นโปรตีนหลักในนม แล้วนำโปรตีนในนมผสมกับเอนไซม์ กรด แบคทีเรีย หรือสารอื่นๆ แตกต่างกันไปตามประเภทของเนยแข็ง เมื่อโปรตีนเคซีนสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) จะแยกเป็นตะกอนมีลักษณะเป็นลิ่มนม เรียกว่า เคิร์ด (curd) จากนั้นแยกส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า เวย์ (whey) ออก หลังจากที่ได้เคิร์ด (curd) แล้ว จะนำมาอัดเป็นก้อน แรงที่ใช้อัด และระยะเวลาที่อัด ทำให้เนยแข็งมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันออกไป เนยแข็งบางชนิดหลังอัดก้อนแล้วอาจเพาะสปอร์เชื้อราที่ผิวหน้า แล้วจึงนำไปบ่ม (ripen) เพื่อให้ได้รสชาติที่ต้องการ เรียกว่า การบ่มเนยแข็ง (ripen cheese)

ประเภทของเนยแข็ง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 209 พ.ศ. 2543 (กระทรวงสาธารณสุข , 2543ข) จำแนกประเภทเนยแข็งออกเป็น 5 ชนิด คือ

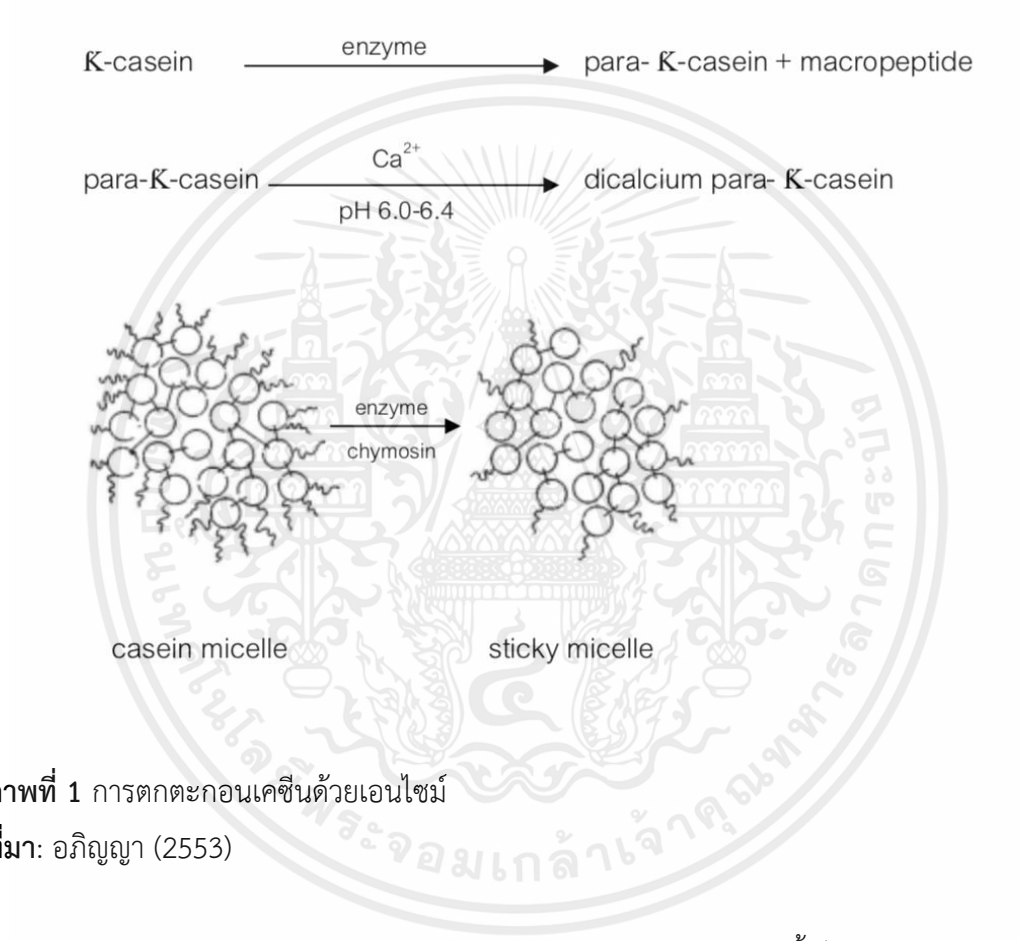
1. ครีมชีส (cream cheese) หมายถึง เนยแข็งที่ใช้ครีมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิต
2. โฮลมิลค์ชีส (whole milk cheese) หมายถึง เนยแข็งที่ใช้นมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิต
3. สกิมมิลค์ชีส (skim milk cheese) หมายถึง เนยแข็งที่ใช้นมพร่องมันเนย หรือนมขาดมันเนย หรือหางนม หรือเวย์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิต
4. โพรเซสชีส (processed cheese) หมายถึง เนยแข็งที่ผ่านกรรมวิธีทำให้เล็กลง เติมสารอิมัลซิไฟเออร์ และนำมาพาสเจอร์ไรซ์ อาจจะแต่งสี กลิ่น รส หรือไม่ก็ได้
5. เนมชีส (named cheese) หมายถึง เนยแข็งที่มีชื่อตามชนิดของเนยแข็ง หรือสถานที่ผลิต ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป และมีกรรมวิธีการผลิตเฉพาะตามชนิดของเนยแข็งนั้น (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

นอกจากนี้เนยแข็งยังสามารถจำแนกประเภทได้อีกหลายลักษณะ ได้แก่ การจำแนกประเภทตามการตกตะกอน ความแข็ง และวิธีการบ่ม ในแต่ละลักษณะจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การจำแนกประเภทเนยแข็งตามการตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การตกตะกอนด้วยเรนเนท (rennet coagulation) วิธีการนี้เป็นการตกตะกอนเคซีน (casein) โดยใช้เรนเนท (rennet) เรนเนทที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำนมเป็นเอนไซม์เรนนิน (rennin) หรือไคโมซิน (chymosin) ที่สกัดได้จากกระเพาะที่สี่ของลูกโค และทำงานได้ดีในสภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.8 โดยจะนำเรนเนทมาเจือจางด้วยน้ำก่อนเติมลงในน้ำนม ต่อมาจะจับตัวกันเป็น dicalcium para-K-casein และตกตะกอน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การตกตะกอนเคซีนด้วยเอนไซม์
ที่มา: อภิญญา (2553)

1.2 การตกตะกอนด้วยกรด (acid coagulation) วิธีการนี้เป็นการตกตะกอนโดยใช้กรด ซึ่งอาจได้จากการเติมกรดลงไปโดยตรง หรือเป็นกรดที่สร้างโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ซึ่งใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc และ Streptococcus นอกจากนี้ยังมีการใช้ Pediococcus ร่วมด้วย ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ homofermentative ซึ่งสร้างกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่เป็น heterofermentative ซึ่งสร้างกรดแลคติก คาร์บอนไดออกไซด์ และสารให้กลิ่น รส สภาวะความเป็นกรดของน้ำนมจะทำให้เคซีนเกิดการตกตะกอน เมื่อทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงจุด isoelectric point คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.6 ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันกับการผลิตโยเกิร์ต โดยอาจใช้ความร้อนร่วมด้วย

1.3 การตกตะกอนด้วยกรดร่วมกับเรนเนท วิธีการนี้เป็นการใช้การตกตะกอนด้วยกรดร่วมกับเรนเนท ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อลักษณะของตะกอน หรือเคิร์ดที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.15 จะเป็นลักษณะตะกอนที่ค่อนไปทางตะกอนที่เกิดจากกรดมากกว่า แต่มีลักษณะที่ดีกว่าการใช้กรดเพียงอย่างเดียว

2. การจำแนกประเภทเนยแข็งตามความแข็ง ซึ่งความแข็งเป็นผลมาจากความชื้นที่ต่างกัน

2.1 เนยแข็งชนิดแข็งมาก (very hard cheese) มีความชื้นต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ เช่น พาร์มีซานชีส และโรมาโนชีส เป็นต้น

2.2 เนยแข็งชนิดแข็ง (hard cheese) มีความชื้นประมาณ 20-42 เปอร์เซ็นต์ เช่น เชดดาร์ชีส สวิสชีส เอมเมนทัลชีส และกรูเยร์ชีส เป็นต้น

2.3 เนยแข็งชนิดกึ่งแข็ง (semi-hard cheese) มีความชื้นประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ เช่น อีดัมชีส และรอคฟอร์ตชีส เป็นต้น

2.4 เนยแข็งชนิดกึ่งนุ่ม (semi-soft cheese) มีความชื้นประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ เช่น บริกชีส ลิมเบอร์เกอร์ชีส กอร์กอนโซลาชีส และบลูชีส เป็นต้น

2.5 เนยแข็งชนิดนุ่ม (soft cheese) มีความชื้นประมาณ 45-80 เปอร์เซ็นต์ และมักเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย เช่น คอทเทจชีส ควาร์กชีส ครีมชีส บรีชีส และคาเมมเบอร์ทชีส เป็นต้น

3. การจำแนกประเภทเนยแข็งตามวิธีการบ่ม

3.1 เนยแข็งที่ไม่ผ่านการบ่ม (fresh cheese) เป็นเนยแข็งที่ผ่านการตกตะกอน แต่ไม่ผ่านการบ่ม มักเป็นเนยแข็งที่ตกตะกอนด้วยกรด ซึ่งกลิ่นรสของเนยแข็งจะได้มาจากกรด และสารให้กลิ่นรสต่างๆ ที่สร้างโดยจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อ เช่น คอทเทจชีส และริคอตตาชีส เป็นต้น

3.2 เนยแข็งที่ผ่านการบ่ม (ripening) มีทั้งแบบที่ไม่ใช้จุลินทรีย์ในการบ่ม และใช้จุลินทรีย์ในการบ่ม ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้สำหรับบ่มมีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก เช่น Lactobacillus และ Pediococcus เป็นต้น แบคทีเรียที่สร้างกรดโพรพิโอนิก (propionic bacteria) เช่น *Propionibacterium freudenreichii* ซึ่งสร้างกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งจุลินทรีย์อื่นๆ ได้แก่ รา เช่น *Penicillium roquefortii* ที่เติมพร้อมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตบลูชีส (blue cheese) และ *Penicillum camembertii* ซึ่งเป็น surface mold ที่ใช้ฉีดพ่นที่ผิวของเนยแข็งในการผลิตบรีชีส และคาเมมเบอร์ทชีส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการบ่มอาจเติมพร้อมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้สำหรับการผลิตเนยแข็ง ซึ่งเรียกว่าการบ่มภายใน หรือการบ่มบริเวณผิวเนยแข็ง ซึ่งเกิดจากการฉีดพ่นจุลินทรีย์บริเวณผิวหน้าเนยแข็งก่อนการบ่ม ทำให้ได้เนยแข็งที่แตกต่างกันไป และมีกลิ่นรสที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของโปรตีน และไขมันในเนยแข็ง (อภิญญา, 2553)

วิธีการผลิตเนยแข็ง

เนยแข็งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมมีหลายชนิด ซึ่งเนยแข็งแต่ละชนิดมีวิธีการผลิตแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนพื้นฐานสำหรับการผลิตเนยแข็งทุกชนิดประกอบด้วย การตกตะกอนโปรตีนนม (clotting of milk protein) การกำจัดเวย์ (removal of the whey) การผลิตกรด (acid production) การเติมเกลือ (salting) การอัดขึ้นรูป (mould หรือ hoop) และการบ่ม (ripening) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การตกตะกอนโปรตีนนม

การตกตะกอนโปรตีนนมสามารถทำได้ทั้งการใช้เอนไซม์ หรือกรด หรือใช้ทั้งเอนไซม์ และกรดร่วมกัน การใช้เอนไซม์ ทำให้เกิดการตัดเส้นเคซีโนมาโครเปปไทด์ (caseinomacropeptide hairs) ออกจากเคซีน ทำให้พาราเคซีนไมเซลล์ตกตะกอน ส่วนกรดซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแล็กโทสให้เป็นกรดแลคติก โดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกเป็นผลทำให้แคลเซียมฟอสเฟตเกิดการแยกตัวออกจากเคซีนไมเซลล์ ทำให้ประจุรวมของเคซีนไมเซลล์เป็นศูนย์ (isoelectric point) และเกิดการตกตะกอน ซึ่งตะกอนดังกล่าวมีลักษณะเป็นร่างแหของโปรตีน ซึ่งห่อหุ้ม milk serum และเม็ดไขมันไว้ภายใน

2. การกำจัดเวย์

ในขั้นตอนการตกตะกอนโปรตีนนม เมื่อเคิร์ดมีความแข็งเพิ่มขึ้นความสามารถในการอุ้มน้ำจะลดลง เคิร์ดจะเกิดการหดตัวพร้อมกับมีเวย์แยกออกมา เรียกว่า การเกิดซินเนอรีซีส (syneresis) การตัดเคิร์ดจะช่วยให้เคิร์ดหดตัวมากขึ้น และเพิ่มพื้นที่ผิวของเคิร์ด ช่วยในการกำจัดเวย์ ขนาดของการตัดเคิร์ดมีผลต่ออัตราการขับน้ำออกจากเคิร์ด โดยทั่วไปถ้าเคิร์ดที่ตัดมีขนาดเล็กละเอียดจะให้เนยแข็งที่มีปริมาณความชื้นต่ำ ได้แก่ เนยแข็งชนิดแข็ง แต่ถ้าขนาดของเคิร์ดใหญ่ หรือหยาบ จะให้เนยแข็งที่มีปริมาณความชื้นมากขึ้น ได้แก่ เนยแข็งชนิดกึ่งแข็ง การตัดเคิร์ดควรตัดด้วยความเร็วต่ำ เพื่อป้องกันการสูญเสียไขมัน และเคซีนไปกับเวย์ ซึ่งอาจมีผลต่อผลผลิตของเนยแข็งที่ได้ นอกจากนี้ระหว่างการตัดเคิร์ดอาจมีการให้ความร้อนกับส่วนผสมของเคิร์ด และเวย์ ซึ่งเรียกว่า scalding พร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการกวนอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นถังสำหรับตกตะกอนโปรตีนนม และกำจัดเวย์สำหรับการผลิตเนยแข็ง จึงต้องประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับการกวน การตัด การกำจัดเวย์ และการกด (press) ไล่เวย์ออกจากเคิร์ด โดยทั่วไปหลังจากการกดไล่น้ำเวย์ออกจากเคิร์ดแล้ว จะได้เคิร์ดที่มีปริมาตรเหลือประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำนมเริ่มต้น

3. การสร้างกรด

หลังจากตัดเคิร์ด และกำจัดเวย์ออกจากเคิร์ด จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อที่ยังคงอยู่ในเคิร์ดจะเปลี่ยนแล็กโทส ทำให้เกิดกรดแลคติก เมื่อความเข้มข้นของกรดแลคติกเพิ่มขึ้น กรดแลคติกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเคซีน และแคลเซียมฟอสเฟต ขณะเดียวกันสารต่างๆ ในเวย์ รวมทั้งแล็กโทสจะแพร่กลับเข้าไปในเคิร์ดแทนที่สารที่จุลินทรีย์ใช้ไป ทำให้กรดแลคติกเพิ่มขึ้นทั้งภายใน และรอบๆ เคิร์ด เป็นสาเหตุให้เคิร์ดหดตัวต่อไป และยิ่งจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นหัวเชื้อเจริญได้มากเท่าใดกรดก็จะยิ่งเกิดเร็วขึ้นเท่านั้น ทำให้เคิร์ดหดตัวได้เร็ว และกำจัดความชื้นออกได้เร็วยิ่งขึ้น

4. การเติมเกลือ

การเติมเกลือสำหรับการผลิตเนยแข็งมักใช้ในปริมาณ 1-4 เปอร์เซ็นต์ และมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

4.1 ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการ เช่น แบคทีเรียที่ผลิตกรดบิวทิริก (butyric acid bacteria) ซึ่งย่อยโปรตีนในเนยแข็ง ทำให้เกิดรสขมประกอบกับย่อยไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นหืน

4.2 เพิ่มกลิ่น รสให้กับเนยแข็ง

4.3 ลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นหัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

4.4 เกลือช่วยลดปริมาณความชื้นในเคิร์ด

การเติมเกลือลงในเนยแข็งทำได้ 2 วิธี คือ แช่เคิร์ดลงในน้ำเกลือ และผสมเกลือแห้งลงในเคิร์ดที่บด แล้วคลุกเคล้าให้ทั่ว ปริมาณเกลือในเนยแข็งจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเกลือ หรือปริมาณเกลือแห้งที่เติม ปริมาณความชื้นในเนยแข็ง ระยะเวลาที่แช่น้ำเกลือ อุณหภูมิขณะเติมเกลือ และอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเนยแข็ง

5. การอัดขึ้นรูป

หลังจากเติมเกลือจะนำเคิร์ดมาอัด เพื่อกำจัดเวย์ส่วนเกินออก และทำให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ ข้อควรทราบเกี่ยวกับการอัดขึ้นรูปเนยแข็งมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ระดับแรงอัดขึ้นรูปที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนยแข็ง สำหรับเนยแข็งที่มีความชื้นต่ำควรใช้แรงอัดมาก เพื่อให้ได้รูปร่างตามต้องการ

5.2 ในระหว่างการอัดเคิร์ดควรเพิ่มแรงอัดทีละน้อย มิฉะนั้นจะเกิดการสร้างเปลือกของเนยแข็งเร็วเกินไป ทำให้เนยแข็งที่ได้มีเวย์อยู่ภายในมาก ทำให้ปริมาณแล็กโทสสูง และค่าความเป็นกรด-ด่างของเนยแข็งต่ำกว่าปกติ

5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปเคิร์ดขึ้นอยู่กับชนิดของเนยแข็ง และเครื่องมือที่ใช้

5.4 การอัดเคิร์ด เพื่อขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้เกิดไขมันในรูปของเหลว ซึ่งจะขัดขวางการรวมตัวของเคิร์ดก้อนเล็กๆ

5.5 การเกิดลักษณะเนื้อที่เว้าเป็นโพลงในเนยแข็ง อาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดของเครื่องมือที่ใช้อัดขึ้นรูป หรืออาจเกิดจากการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

5.6 ก้อนเคิร์ดที่มีขนาดเล็กจะรวมตัวกันได้ดีระหว่างการอัดขึ้นรูป และเวย์จะถูกกำจัดออกได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนเคิร์ดที่มีขนาดใหญ่

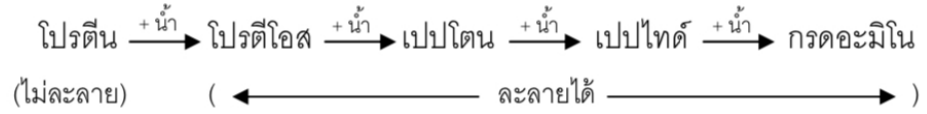
6. การบ่ม

เคิร์ดที่ยังไม่ผ่านการบ่มประกอบด้วยเคซีน ไขมัน และน้ำเป็นส่วนใหญ่ มีเกลือ กรดแลคติก เวย์ และเกลือแร่อีกเล็กน้อย ในระหว่างการบ่มเนยแข็งมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้น ได้แก่ การย่อยโปรตีน (proteolysis) การย่อยไขมัน (lipolysis) และการหมักแล็กโทส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.1 การย่อยโปรตีน เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในการบ่มเนยแข็ง เนื่องจากมีผลต่อกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนยแข็งที่ได้ในระหว่างบ่มเนยแข็งจะเกิดการย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์จากหลายแหล่ง คือ เอนไซม์เรนเนทที่ยังคงเหลืออยู่ในเคิร์ด เอนไซม์ย่อยโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เป็นหัวเชื้อเอนไซม์ภายนอกเซลล์ (exoenzymes) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีอยู่ในน้ำนมขณะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ และเอนไซม์โปรตีเนส (proteinase) ที่มีอยู่แล้วในน้ำนม ได้แก่ พลาสมิน (plasmin)

สารประกอบไนโตรเจนในเนยแข็งที่เริ่มบ่มส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพของโปรตีนที่ไม่ละลาย แต่เมื่อการบ่มดำเนินต่อไปเรื่อยๆ โปรตีนบางส่วน หรือทั้งหมดจะถูกกระทำโดยเอนไซม์ย่อยโปรตีน ทำให้เกิดสารประกอบที่มีโมเลกุลเล็กลง และละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 การย่อยของโปรตีนในเนยแข็ง
ที่มา: สุรีย์ (2539)

เมื่อเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้เป็นกรดอะมิโนแล้ว จุลินทรีย์จะรีดิวซ์กรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนีย และกรดอินทรีย์ หรือออกซิไดซ์ ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และเอมีน

การย่อยโปรตีนในขั้นแรกเกิดขึ้นโดยการกระทำของเอนไซม์เรนเนท ซึ่งเอนไซม์เรนเนทจะย่อยพาราเคซีนให้เป็นโปรตีโอส และเปปโตน ซึ่งจะถูกย่อยต่อไปโดยเอนไซม์ย่อยโปรตีนจากจุลินทรีย์ได้เป็นเปปไทด์ และกรดอะมิโน สำหรับในเนยแข็งชนิดแข็ง จุลินทรีย์ที่มีอยู่ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกรูปกลม และรูปท่อนที่สร้างกรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจุลินทรีย์จะกระจายอยู่ทั่วก้อนเนยแข็ง และผลิตเอนไซม์โปรตีเนสภายนอกเซลล์ออกมาย่อยโปรตีนในเนยแข็ง และเมื่อเซลล์ตายก็จะเกิดการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) ปล่อยเอนไซม์ย่อยโปรตีน (intracellular proteinase) ออกมาอีก ทำให้การบ่มดำเนินต่อไป ส่วนในเนยแข็งชนิดอ่อน การย่อยโปรตีนส่วนใหญ่เกิดขึ้นโดยเอนไซม์โปรตีเนสภายนอกเซลล์ที่สร้างขึ้นโดยจุลินทรีย์หลายชนิดที่เจริญบริเวณผิวของเนยแข็ง ซึ่งการย่อยโปรตีนในเนยแข็งชนิดอ่อนจะเกิดขึ้นมากกว่าในเนยแข็งชนิดแข็ง ทำให้เกิดสารประกอบที่ละลายได้ในสัดส่วนสูง ประกอบกับในเนยแข็งชนิดนี้มีปริมาณน้ำมาก ทำให้ได้ลักษณะที่อ่อนนุ่ม ส่วนในเนยแข็งบางชนิดเชื้อรามีบทบาทในการย่อยโปรตีนเช่นกัน

สำหรับเอนไซม์ที่มีอยู่ในน้ำนม คือ พลาสมิน มีบทบาทในการย่อยโปรตีน โดยเฉพาะในเนยแข็งที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง เช่น เอมเมนทัลชีส และเกาดาชีส เอนไซม์พลาสมินจะย่อยพาราเคซีนให้ได้โพลีเปปไทด์ และไฮโดรไลซ์ต่อไปให้ได้สารโมเลกุลเล็กลง อย่างไรก็ตามไม่ใช่ว่าสารประกอบที่เกิดขึ้นจะให้กลิ่นรสที่ดีทั้งหมด แต่พบว่าบางครั้งเปปไทด์ก็มีส่วนทำให้เกิดรสขมในเนยแข็งได้ โดยเฉพาะโพลีเปปไทด์ที่มีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) สูง

6.2 การย่อยไขมันที่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มเนยแข็ง เกิดจากการกระทำของเอนไซม์ไลเปสที่มีอยู่แล้วในน้ำนม เอนไซม์ไลเปสจากจุลินทรีย์ เอนไซม์เรนเนทที่เติม และเอนไซม์ในน้ำนม สำหรับเอนไซม์ไลเปสจากน้ำนมนั้น จะมีผลในการย่อยไขมันเฉพาะในเนยแข็งที่ทำจากน้ำนมดิบ และเนยแข็งที่ทำจากน้ำนมที่ได้รับความร้อนในการพาสเจอไรส์ไม่เพียงพอ ส่วนเอนไซม์ไลเปสจากจุลินทรีย์อาจมาจาก Lactobacilli บางสายพันธุ์ หรือแบคทีเรียชนิดอื่นที่เกิดการย่อยสลายตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วปล่อยเอนไซม์ไลเปสภายในเซลล์ออกมาย่อยไขมัน ได้แก่ ในเนยแข็งชนิดแข็ง เช่น เชดดาร์ชีส และเอมเมมทัลชีส นอกจากนี้เชื้อราที่เจริญบนผิวของเนยแข็งบางชนิด เช่น สทิลทัลชีส และคาร์เมมเบอร์ทชีสก็เป็นแหล่งของเอนไซม์ย่อยไขมันเช่นกัน ส่วนเอนไซม์เรนเนทมีกิจกรรมย่อยไขมันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สารที่เกิดขึ้นจากการย่อยไขมันมีผลต่อกลิ่นรสของเนยแข็ง โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดระเหยได้ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ได้แก่ กรดบิวทิริก (butyric) กรดคาโปรอิก (caproic) กรดคาปรีลิก (caprylic) และกรดคาปริก (capric)

6.3 การหมักแล็กโทสในเนยแข็งชนิดแข็ง แล็กโทสจะถูกใช้หมดไปในปฏิกิริยาการหมักโดยจุลินทรีย์ภายใน 2-3 วันแรกของการผลิตเนยแข็ง แต่ในกรณีของเนยแข็งชนิดอ่อนจะใช้เวลามากกว่า 3 วัน สำหรับการหมักแล็กโทสโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ใช้เป็นจุลินทรีย์หัวเชื้อ จะได้กรดแลคติกเป็นส่วนใหญ่ มีเอทานอล และสารประกอบชนิดอื่นเกิดขึ้นเล็กน้อย ในเนยแข็งบางชนิดกรดแลคติกอาจถูกหมักครั้งที่ 2 โดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดโพรพิโอนิก ทำให้เกิดกรดโพรพิโอนิก กรดอะซิติก และคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นอีกเล็กน้อย

การเสื่อมเสียของเนยแข็ง

การเสื่อมเสียของเนยแข็งชนิดแข็ง และการเสื่อมเสียของเนยแข็งชนิดนุ่มไว้ดังนี้

1. การเสื่อมเสียของเนยแข็งชนิดแข็ง

1.1 การเจริญของเชื้อรา และยีสต์ แม้ว่าการบ่มเนยแข็งบางชนิดจำเป็นต้องใช้เชื้อราช่วยในการบ่ม แต่โดยส่วนใหญ่แล้วการเจริญของเชื้อราเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ และเกิดลักษณะปรากฏที่ไม่ดี ซึ่งการเจริญของเชื้อราที่ทำให้เนยแข็งเสื่อมเสียอย่างเห็นได้ชัดนั้น จะมีการย่อยสลายโปรตีน และไขมันเกิดขึ้นอย่างมาก เชื้อราที่มักพบในเนยแข็งที่เสื่อมเสียได้แก่ Aspergillus และ Penicillium โดย Penicillium จะพบมากกว่า Aspergillus ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราดังกล่าวสามารถสร้างสารพิษได้ การปนเปื้อนของเชื้อราส่วนใหญ่มาจากสิ่งแวดล้อมภายในห้องบ่ม ดังนั้นการรักษาความสะอาดภายในห้องบ่มจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

การป้องกันการเสื่อมเสียของเนยแข็งโดยเชื้อรา และยีสต์ อาจทำได้โดยบรรจุเนยแข็งในสภาพสุญญากาศ หรือบรรจุในสภาพปรับบรรยากาศ หรือใช้สารป้องกันการเจริญของเชื้อรา ซึ่งเคลือบที่ผิวของเนยแข็ง ได้แก่ กรดซอร์บิก (sorbic acid) และเกลือของกรดซอร์บิก เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญของเชื้อรา และยีสต์ โดยเฉพาะสามารถใช้ป้องกันการเจริญของเชื้อราที่สร้างสารพิษแอลฟาทอกซินได้ ซึ่งสารนี้ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ นอกจากกรดซอร์บิกแล้ว สารอีกชนิดที่ใช้ได้ผลดี คือ นาทาไมซิน (natamycin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า พิมาริซิน (pimaricin) ซึ่งเดิมไม่ได้รับการยอมรับ เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะ แต่ปัจจุบันได้ถูกพิจารณาใหม่ว่าเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ และสามารถใช้ในอาหารได้อย่างปลอดภัย นาทาไมซิน (natamycin) เป็นสารที่ผลิตจาก *Streptomycesnatalensis* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ผิวของเนยแข็งได้ดี โดยเฉพาะ *Aspergillus flavus* ที่สร้างสารพิษแอลฟาทอกซิน สารนี้จะแพร่เข้าไปภายในเนื้อเนยแข็งในระยะไม่เกิน 2 มิลลิเมตร และคงอยู่ได้เป็นเวลานาน ซึ่งพบว่าสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อราที่ผิวได้ประมาณ 8 สัปดาห์

1.2 การผลิตแก๊ส

การเกิดแก๊สที่ไม่ต้องการในระหว่างการผลิต หรือการบ่มเนยแข็งขึ้นอยู่กับชนิด และจำนวนจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตแก๊สได้ที่ปนเปื้อนมากับน้ำนมที่ใช้ผลิตเนยแข็ง การเกิดแก๊สในเนยแข็งชนิดแข็งนั้น อาจเกิดขึ้นได้ทั้งในเคิร์ดสด หรือในช่วง 2-3 วันแรกของการบ่ม เรียกว่า “early blowing” และเกิดในช่วงหลังของการบ่ม เรียกว่า “late blowing” จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดแก๊สในช่วง 2-3 วันแรกของการบ่มส่วนใหญ่เป็นโคลิฟอร์ม ซึ่งทนต่อสภาพที่มีกรด และเกลือในเนยแข็งได้สามารถหมักแล็กโทส และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิของการผลิตเนยแข็ง โดยเฉพาะในช่วงแรกของการบ่ม นอกจากนี้การเกิดแก๊สในช่วงแรกของการบ่มอาจมีสาเหตุมาจากยีสต์ที่หมัก แล็กโทส และแบคทีเรียชนิดต้องการอากาศในการเจริญที่สามารถสร้างสปอร์ เช่น *Bacillus subtilis* โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะหมักแล็กโทสให้คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน กรดอะซิติก และเอทานอล แต่จุลินทรีย์ชนิดนี้ไม่มีความสำคัญต่อเนยแข็งชนิดแข็งเท่าใดนัก เนื่องจากในเนยแข็งชนิดนี้มีออกซิเจน และค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ

การเกิดแก๊สในช่วงหลังการบ่มมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์พวก Clostridium ซึ่งจะหมักแล็กโทสให้เป็นกรดบิวทิริก กรดอะซิติก ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ Clostridium ชนิดที่พบบ่อย และทำให้เกิดแก๊สในช่วงหลังของการบ่ม ได้แก่ *Cl. Butyricum, Cl. tyrobutyricum* และ *Cl. sporogenes* โดยเฉพาะในเนยแข็งที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง จุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาในเนยแข็งหลายชนิด เช่น สวิสชีส เอมเมมทัลชีส เกาดาชีส อีดัมชีส และเชดดาร์ชีส โดยจะทำให้เกิดรูในเนื้อเนยแข็งตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ บางครั้งอาจมีรอยแตกขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์ ปริมาณแก๊สที่เกิด อัตราการผลิตแก๊ส และความยืดหยุ่นของเคิร์ด

1.3 การเกิด rind rot

การที่ผิวของเนยแข็งชนิดแข็งมีความชื้นเพิ่มขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ประเภทฟิล์ม ยีสต์ เชื้อรา และแบคทีเรียย่อยโปรตีน สามารถเจริญที่ผิวของเนยแข็งได้ ทำให้เนื้อเนยแข็งอ่อนตัวลง เกิดการเปลี่ยนสี และเกิดกลิ่นผิดปกติ ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยหมั่นกลับเนยแข็ง และทำให้ผิวของเนยแข็งแห้งอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การเปลี่ยนสีของเนยแข็ง

การเปลี่ยนสีของเนยแข็ง อาจเป็นผลมาจากการเจริญของเชื้อรา ซึ่งจะทำให้เกิดจุดดำ และจุดแดงบนผิวเนยแข็ง สำหรับจุดดำเกิดจากการเจริญของ *Aspergillus niger* บนเนยแข็งชนิดแข็ง ส่วนจุดแดงเกิดจากการเจริญของ *Sporendonema casei* บนบลูชีส แต่การเกิดจุดสีดังกล่าวพบไม่บ่อยนัก นอกจากนี้แบคทีเรียบางชนิด เช่น *Propionibacterium rubrum, Aureobacterium liquefaciens, Brevibacterium linens* และ *Lactobacillus brevis* ก็สามารถทำให้เกิดจุดสีบนเนยแข็งได้เช่นกัน

2. การเสื่อมเสียของเนยแข็งชนิดนุ่ม

เนยแข็งชนิดนุ่มที่มีความชื้นสูง เช่น คอทเทจชีส อาจเกิดการเสื่อมเสียโดยเชื้อรา Geotrichum และยีสต์หลายชนิด ซึ่งจะทำให้เกิดแก๊ส และกลิ่นผิดปกติในเนยแข็ง ยีสต์เหล่านี้อาจเจริญเป็นโคโลนีที่เห็นได้ชัดบนผิวเนยแข็ง นอกจากเชื้อรา และยีสต์แล้ว เนยแข็งอาจเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบที่ปนเปื้อนมากับน้ำ และส่วนผสมต่างๆ แบคทีเรียที่พบ ได้แก่ *Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas putida* และ *Enterobacter agglomerans* การควบคุมการเจริญของ Pseudomonas อาจทำได้โดยลดค่าความเป็นกรด-ด่างลงถึง 4.5 แต่การควบคุมการเจริญ ของ *E. agglomerans* จะต้องลดค่าความเป็นกรด-ด่างลงให้ต่ำถึง 3.8

การเก็บรักษาเนยแข็ง

เนยแข็งสามารถเกิดการเสื่อมเสียได้จากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะเนยแข็งที่ต้องผ่านการบ่มมีความจำเป็นต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ควรมีสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบ่ม และการเก็บรักษา

ห้องบ่มเนยแข็งจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (humidity) เนื่องจากความชื้นภายในเนยแข็งอาจระเหยออกไปสู่บรรยากาศภายนอกยากขึ้น ถ้าความชื้นของอากาศภายในห้องบ่มมีค่าสูงกว่าภายในเนยแข็ง ดังนั้นอากาศที่จะเข้าสู่ห้องบ่มจำเป็นต้องผ่านการกำจัดความชื้นบางส่วนออกก่อน เนื่องจากสภาวะภายในห้องบ่มมีผลต่ออัตราการบ่ม การสูญเสียน้ำหนัก การเคลือบเนยแข็ง (cheese rind) และการเจริญของจุลินทรีย์ที่ผิวเนยแข็ง

เนยแข็งที่มีการเคลือบมักเป็นเนยแข็งชนิดแข็ง และชนิดกึ่งแข็ง สามารถเคลือบเนยแข็งด้วยอิมัลชันพลาสติก (plastic emulsion) หรือพาราฟิน (paraffin) หรือการเคลือบด้วยแวกซ์ (wax) ก่อนนำไปบ่ม

เนยแข็งที่ไม่มีการเคลือบมักห่อด้วยฟิล์มพลาสติก (plastic film) หรือถุงพลาสติกชนิดหดได้ (shrinkable plastic bag) ก่อนนำไปบ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการเคลือบ หรือการห่อเนยแข็ง เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำมากเกินไป ป้องกันการปนเปื้อน และป้องกันความสกปรกบริเวณผิวหน้าเนยแข็ง

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบ่ม และการเก็บรักษาเนยแข็งบางชนิด

1. เชดดาร์ชีสควรห่อด้วยฟิล์มพลาสติก หรือถุงก่อน แล้วจึงบ่มที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาในการบ่มมีตั้งแต่ 1-2 เดือน หรือ 8-10 เดือน แล้วแต่ความพึงพอใจของผู้บริโภค จากนั้นบรรจุในกล่องกระดาษ หรือกล่องไม้ก่อนการขนส่ง

2. เอมเมมทัลชีส ควรบ่มที่อุณหภูมิ 8-12 องศาเซลเซียส นาน 3-4 สัปดาห์ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส อีก 6-7 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงนำไปบ่มอีกครั้งที่อุณหภูมิ 8-12 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานหลายเดือน โดยห้องที่ใช้บ่มทุกห้องต้องปรับให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์

3. เนยแข็งที่มีการบ่มบริเวณผิวหน้า เช่น ทิลสิเทอร์ชีส (tilsiter cheese) ฮาวาร์ทิชีส (havarti cheese) บ่มโดยการนำจุลินทรีย์ที่ใช้บ่มผสมกับสารละลายเกลือ แล้วนำไปฉีดพ่นบนผิวหน้าเนยแข็ง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 14-16 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 2-3 สัปดาห์ เมื่อจุลินทรีย์เจริญบนผิวหน้าเนยแข็งตามระดับที่ต้องการ แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 2-3 สัปดาห์ จากนั้นทำการล้างผิวหน้าเนยแข็ง ทำให้ผิวหน้าเนยแข็งแห้ง แล้วนำไปห่อด้วยอลูมิเนียมฟอล์ยเก็บที่ 6-10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-75 เปอร์เซ็นต์

4. เนยแข็งชนิดแข็ง และกึ่งแข็งอื่นๆ อาจเริ่มขั้นตอนการบ่มในห้องที่มีอุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยการบ่มที่อุณหภูมิ 12-18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80 เปอร์เซ็นต์ อีก 3-4 สัปดาห์ แล้วจึงนำไปเก็บในห้องที่มีอุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เนยแข็งทุกชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และการขนส่งจนถึงมือผู้บริโภคต้องเก็บรักษาเนยแข็งไว้ในสภาวะอุณหภูมิตู้เย็นตลอดเวลา เพื่อรักษาคุณภาพ และป้องกันการเสื่อมเสีย (ปิยวรรณ, 2555)

เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า

มอสซาเรลล่าเป็นเนยแข็งชนิดหนึ่ง มีต้นกำเนิดมาจากภาคใต้ของประเทศอิตาลี ในอดีตจะผลิตจากน้ำนมกระบือ ปัจจุบันสามารถใช้น้ำนมชนิดใดก็ได้ รวมถึงน้ำนมโค ลักษณะเนื้อสัมผัสกึ่งนุ่ม ยืดหยุ่น กลิ่นไม่แรง จึงสามารถทำการบ่ม หรือไม่บ่มก็ได้ มอสซาเรลล่าสดโดยทั่วไปจะมีสีขาว บางครั้งอาจมีสีครีมไปจนถึงสีเหลือง ขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัยในการผลิต (สิทธิโชค, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า ต่อปริมาณ 100 กรัม

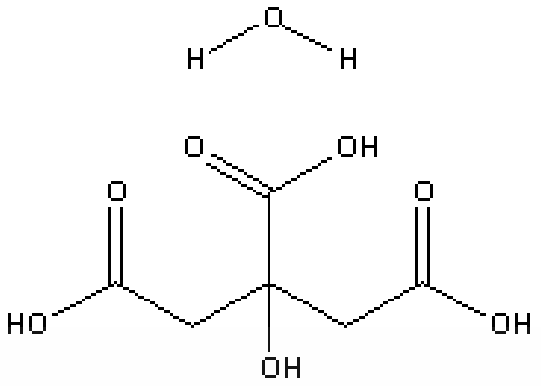
คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณคุณค่าทางโภชนนาการ
แคลอรี	280 กิโลแคลอรี่
ไขมันทั้งหมด	17 กรัม
ไขมันอิ่มตัว	11 กรัม
คอเลสเตอรอล	54 มิลลิกรัม
โปรตีน	28 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	3.1 กรัม
น้ำตาล	1.2 กรัม
แคลเซียม	731 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	95 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	26 มิลลิกรัม
โซเดียม	16 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.3 มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.1 มิลลิกรัม
วิตามินบี 12	0.9 ไมโครกรัม
วิตามินดี	0.325 ไมโครกรัม

ที่มา: ดัดแปลงจาก สมจิต (2546)

กรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid) เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) เป็นกรดอ่อน (weak acid) มีสูตรโมเลกุล $C_6H_{10}O_8$ พบตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิด ได้แก่ พืชตระกูลส้ม (citrus) เช่น ส้ม มะนาว และผลไม้หลายชนิด มะนาวมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบ 7-9 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของ citric acid monohydrate

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์ (2558)

แหล่งของกรดซิตริก

แหล่งที่พบกรดซิตริกในธรรมชาติ สามารถเจอได้ตามแหล่งต่างๆดังนี้

1. ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น มะนาว มะขาม สับปะรด และส้ม เป็นต้น
2. ในกิจกรรมการย่อยของจุลินทรีย์บางชนิด
3. ในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งใช้เป็นตัวกลางในกระบวนการ Kreb's cycle เพื่อการหายใจ

การผลิตกรดซิตริก

กรดซิตริกได้มาจากการหมักคาร์โบไฮเดรต (fermentation of carbohydrate) หรือได้มาจากน้ำมะนาว โดยมีการสกัดเป็น citrate ออกมา ซึ่งจะอยู่ในรูปของ citric acid ดังนั้นกรดซิตริกจึงเป็นกรดที่ได้มาจากวัตถุดิบตามธรรมชาติ

ขั้นตอนการผลิต

ในระยะแรกการผลิตกรดซิตริกทำโดยการคั้นมะนาวโดยตรง ซึ่งจะได้น้ำมะนาวที่มีความเข้มข้นของกรดซิตริก ประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันการผลิตกรดซิตริก นิยมใช้กระบวนการหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลกลูโคสกับจุลินทรีย์ผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส (Glycolysis Pathway) จนได้สารออกซาโลอะซิเตท (Oxaloacetate) ก่อนสะสม และเปลี่ยนเป็นกรดซิตริก โดยจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus niger* และยีสต์ *Candida lypolitica* (นิธิยา, 2545)

การใช้ประโยชน์

1. การใช้กรดมะนาว หรือกรดซิตริกในอาหาร

กรดซิตริก เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) และเครื่องดื่ม เป็นสารสำคัญในการปรุงแต่งกลิ่นรสให้มีความเปรี้ยว ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร รวมทั้งการผลิตน้ำส้มสายชูเทียมในอุตสาหกรรม

2. อุตสาหกรรมยา

ยาบางชนิดจำเป็นต้องใช้กรดซิตริกเป็นส่วนผสม เพื่อควบคุมความเป็นกรด-ด่าง หรือใช้เป็นตัวทำละลาย ช่วยให้ยามีการแตกตัว และกระจายตัวได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ผสมในยาบางชนิดเพื่อให้เกิดฟองฟู่ และช่วยเพิ่มรสชาติให้ทานง่ายขึ้น

3. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง กรดซิตริกจะถูกใช้เพื่อป้องกันการออกซิไดซ์ ปรับความเป็นกรด-ด่าง หรือเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) ในเครื่องสำอาง ช่วยให้ส่วนผสมผสานเข้ากันได้ดี และเกิดความแวววาว

4. ด้านการเกษตร

- ใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยน้ำ หรือฮอร์โมนพืช ทำหน้าที่ละลายไขที่เคลือบผิวใบ ช่วยให้สารถูกดูดซึมผ่านใบมากขึ้น

- ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำหมักชีวภาพสำหรับการฉีดพ่น เพื่อยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา หรือเชื้อจุลินทรีย์ในพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ หรือใช้เป็นอาหารเสริมแก่สัตว์ เพื่อเพิ่มความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยให้อาหารย่อยได้ง่ายขึ้น และช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหาร รวมถึง ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ ช่วยเสริมสร้างพลังงาน และส่งเสริมกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกาย

5. อุตสาหกรรมอื่นๆ

- กรดซิตริกในรูปของโซเดียมซิเตรทถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตผงซักฟอก เพื่อใช้แทนสารฟอสเฟต

- กรดซิตริกถูกใช้เป็นสารบัฟเฟอร์ในอุตสาหกรรมการถ่ายภาพ

- กรดซิตริกถูกใช้เป็นส่วนผสมของสารทำความสะอาด น้ำยาเติมหม้อต้มน้ำ (boiler) รวมถึงใช้ทำความสะอาดโลหะ ล้างสนิม ล้างหมึกพิมพ์ รวมถึงนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

- เป็นสารกันเสีย (preservative)

คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

1. สถานะ: ผงสีขาวใส ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว
2. ชื่อทางเคมี: - 2-ไฮดรอกซี่-1,2,3-โพรเพนไตรคาร์บอกซิลิก แอซิด (2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid), – 2-ไฮดรอกซี่โพรเพนไตรคาร์บอกซิลิก แอซิด (2-hydroxypropanetriccarboxylic acid), – เบต้า-ไฮดรอกซี่ไตรคาร์เบลลีลิก แอซิด (2-hydroxtricarballylic acid)
3. สูตรโมเลกุล: $C_6H_8O_7$
4. รูปผลึกที่พบในปัจจุบัน: Monohydrate ($C_6H_8O_7.H_2O$)
5. ธาตุประกอบ: C 37.51 เปอร์เซ็นต์, H 4.20 เปอร์เซ็นต์ และ O 58.29 เปอร์เซ็นต์
6. น้ำหนักโมเลกุล: 192.12 กรัม/ โมล
7. ความหนาแน่นที่ 20 องศา : 1.665 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. จุดหลอมเหลว: 153 องศา
9. การละลายน้ำ:
   – ที่ 0 องศา : 54.0 เปอร์เซ็นต์
   – ที่ 20 องศา : 59.2 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ที่ 30 องศา : 73.5 เปอร์เซ็นต์
– ที่ 70 องศา : 84.0 เปอร์เซ็นต์

ความเป็นพิษของกรดซิตริกต่อมนุษย์

กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์มนุษย์สามารถรับประทาน หรือใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้ แต่หากรับประทานมากเกินไป หรือมีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดอาการข้างเคียง คือ เกิดการคลื่นไส้อาเจียน และท้องอืด เนื่องจากเกิดก๊าซในกระเพาะอาหาร และลำไส้ รวมถึงความเป็นกรดอาจทำให้เกิดอาการท้องร่วงได้

การหายใจเอาไอของกรดซิตริกเข้าไปจะทำให้ระบบทางเดินหายใจระคายเคือง มีอาการแสบคอ คันคอ และไอตามมา แต่ถือว่าเป็นอันตรายที่ไม่ร้ายแรงสำหรับมนุษย์

การจัดเก็บ

การจัดเก็บกรดซิตริกจัดเก็บสินค้าไว้ในที่แห้ง และเย็น ไม่ให้ถูกความชื้น และแสงแดด (สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้) โดยทำการชีลปิดปากถุงให้สนิททุกครั้งหลังการใช้งาน (อภิษฐา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส้มจี๊ด

ชื่อสามัญ Kumquats, Cumquats (คัมควอท) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus japonica* Thunb. (ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ *Citrus madurensis* Lour., *Citrus microcarpa* Bunge) จัดอยู่ในวงศ์ส้ม (RUTACEAE) ส้มจี๊ด หรือส้มกิมจ๊อ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน ซึ่งมีบันทึกถึงการใช้ประโยชน์ในประวัติศาสตร์ของจีนมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 12 และพบการปลูกมาอย่างยาวนานในแถบเอเชียตะวันออก (ประเทศญี่ปุ่น และไต้หวัน) เอเชียใต้ (อินเดีย) และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟิลิปปินส์) ตามประวัติศาสตร์มีผู้นำส้มจี๊ดเข้าสู่ยุโรปในปี พ.ศ.2389 โดยโรเบิร์ต ฟอร์จูน (Robert Fortune) หลังจากนั้นไม่นานก็มีการนำเข้าไปปลูกในอเมริกาเหนือ ส้มจี๊ดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งผล ตั้งแต่เปลือก น้ำคั้น จนถึงกากส้มล้วนมีคุณค่าทางโภชนาการ และสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย คุณค่าทางโภชนาการในส่วนของเปลือก และกากส้มจี๊ด อุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร โดยมีปริมาณใยอาหารรวม 84.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 48.49 เปอร์เซ็นต์ และใยอาหารที่ละลายน้ำ 35.76 เปอร์เซ็นต์ ใยอาหารเหล่านี้ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่สารอาหาร แต่ก็มีบทบาทสำคัญในร่างกาย โดยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของลำไส้ เพิ่มปริมาณอุจจาระ เป็นกากอาหารช่วยให้ลำไส้ทำงานเป็นปกติ และช่วยให้ลำไส้มีการเคลื่อนตัวเพื่อขับกากอาหาร และสารพิษที่ร่างกายไม่ต้องการ จึงช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้ ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำนั้นสามารถรวมตัวกับน้ำในปริมาณมาก และเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารจึงช่วยทำให้รู้สึกอิ่มได้นาน เมื่อเคลื่อนตัวไปอยู่ในลำไส้เล็กใยอาหารซึ่งมีความหนืดจึงช่วยเคลือบผนังลำไส้ให้หนาขึ้น ทำให้การดูดซึมอาหารที่มีประจุช้าลง เช่น การดูดซึมน้ำตาล ส่งผลให้น้ำตาลในเลือดไม่สูงแบบเฉียบพลัน ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และขจัดพิษโลหะบางชนิดได้

นอกจากในส่วนของเปลือก และกากแล้ว น้ำส้มจี๊ดซึ่งมีรสเปรี้ยวยังมีปริมาณวิตามินซีสูงถึง 32.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณวิตามินซีในมะนาว พบว่าน้ำส้มจี๊ดมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าน้ำมะนาวประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และยังมีกรดอินทรีย์หลายชนิดเป็นองค์ประกอบอยู่ นอกจากคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ส้มจี๊ดยังมีสรรพคุณทางยาอีกด้วย โดยน้ำคั้นส้มจี๊ดผสมเกลือเล็กน้อย สามารถใช้จิบแก้ไอ ขับเสมหะได้ ส่วนผลแก่นำไปดองเกลือ และทำให้แห้งเก็บไว้อมแก้เจ็บคอ เปลือกผลดิบสามารถใช้เป็นยาขับลม (อุไร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ต้นส้มจี๊ด เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ความสูงของลำต้นประมาณ 1.5-3 เมตร มีหนามแหลมคมบริเวณกิ่ง ยาวประมาณ 1-3 เซนติเมตร

ใบ ลักษณะรีเป็นรูปไข่ ปลายแหลม เป็นใบเดี่ยวหรือใบประกอบเรียงสลับกัน ขนาดกว้างประมาณ 2-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร แผ่นใบหนา เรียบ สีเขียวเข้มเป็นมัน และมีหูใบขนาดเล็ก

ดอก เป็นดอกเดี่ยวตามซอกใบหรือปลายกิ่ง มีสีขาว กลีบเลี้ยงเป็นรูปถ้วย ปลายแยกออกเป็น 5 แฉก เมื่อบานจะมีกลิ่นหอม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และมีเกสรเพศผู้จำนวนมาก

ผล ลักษณะเหมือนส้มทั่วไป แต่จะมีขนาดเล็กกว่า มี 2 สายพันธุ์ทั้งสายพันธุ์ที่มีลักษณะผลกลม และผลรี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเขียวเข้ม ผลแก่จะมีสีเขียวปนเหลืองหรือสีเหลืองอมส้ม และเมื่อสุกจะมีสีส้ม ผิวด้านนอกจะมีต่อมน้ำมันที่ให้กลิ่นหอม ภายในจะมีเมล็ดประมาณ 3-10 เมล็ด

ภาพที่ 4 ลักษณะของผลส้มจี๊ด
ที่มา: ชนาภา (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส้มจี๊ดสายพันธุ์ที่พบในประเทศไทย

1. ส้มจี๊ดด่าง มีลายด่างขาวหรือด่างเหลืองบนใบ และผิวของลูก ต้นมีลักษณะเป็นทรงพุ่มขนาดเล็กถึงกลาง ออกดอกและผลได้ตลอดทั้งปี สามารถนำผลไปใช้ปรุงอาหารได้ แต่ไม่เป็นที่นิยมมากนัก ส่วนมากมักจะปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับ ทั้งนี้ส้มจี๊ดถือว่าเป็นไม้มงคลที่ให้โชคลาภและเสริมความมั่งคั่งทางการเงินให้แก่ผู้ปลูกตามความเชื่อของจีน

2. ส้มจี๊ดพันธุ์พวง หากดูเพียงผิวเผินอาจไม่มีความแตกต่างจากพันธุ์อื่นมากนัก แต่ส้มจี๊ดพันธุ์นี้จะมีลักษณะเด่นเฉพาะตัวคือออกลูกเป็นพวง และลูกจะมีขนาดเล็ก ผิวเปลือกบาง เรียบเนียน โดยส้มจี๊ดพันธุ์พวงเป็นสายพันธุ์ดั้งเดิมที่ปลูกกันในประเทศไทย มักจะนิยมปลูกไว้เพื่อเป็นไม้ประดับด้วยขนาดลูกเล็กและเป็นพวง เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีส้มสวยงาม เป็นที่ชื่นชอบของผู้ปลูกหลายๆ คน

3. ส้มจี๊ดพันธุ์ลูกใหญ่ เป็นสายพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงสายพันธุ์ ซึ่งจะเป็นพันธุ์ผสม ลักษณะเด่น คือ ลูกกลมและใหญ่กว่าส้มจี๊ดพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกในประเทศไทย จึงนิยมปลูกเพื่อไว้กินผล ทั้งนี้ผู้ปลูกสามารถปลูกได้ 2 แบบ คือ นำไปปลูกในดิน เพื่อเน้นเก็บผลหรือปลูกในกระถาง เพื่อนำไปเป็นไม้ประดับ ต้นส้มจี๊ดพันธุ์ลูกใหญ่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี

4. ส้มจี๊ดพันธุ์หนาม มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว คือ มีหนามอยู่ที่กิ่ง ใบมีสีเขียว ผลกลม และมีรสชาติเปรี้ยวมาก มีวิตามินซีสูง นิยมนำไปใช้ปรุงอาหารแทนมะนาว โดยจะสามารถปลูกลงดินกลางแจ้งได้ เพราะเป็นพืชที่ชอบแสงแดด ทนความร้อน ไม่ชอบน้ำขัง และจะเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนซุย

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

ส้มจี๊ดจะออกผลตลอดทั้งปี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เมื่อส้มจี๊ดมีอายุได้ประมาณ 1 ปี เก็บเกี่ยวผลที่มีแต้มสีเหลืองนิดๆ ไม่สุกจัดมากจนเกินไป หากเก็บติดขั้วผลจะทำให้เก็บไว้ได้นานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการ

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด ต่อปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ
พลังงาน	71 กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	15.9 กรัม
น้ำตาล	9.36 กรัม
ใยอาหาร	6.5 กรัม
โปรตีน	1.88 กรัม
ไขมัน	0.86 กรัม
โพแทสเซียม	186 มิลลิกรัม
แคลเซียม	62 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	20 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	19 มิลลิกรัม
โซเดียม	10 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.86 มิลลิกรัม
สังกะสี	0.17 มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.135 มิลลิกรัม
ลูทีน และซีแซนทีน	129 ไมโครกรัม
วิตามินซี	43.9 มิลลิกรัม
โคลีน	8.4 มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.429 มิลลิกรัม
วิตามินบี 5	0.208 มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.15 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.09 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.037 มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.036 มิลลิกรัม
วิตามินบี 9	17 ไมโครกรัม
วิตามินเอ	15 ไมโครกรัม

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก เบญญาภา (2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

จิระเดช (2549) ศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการผลิตเนยแข็งมอสซาเรลล่า จากน้ำนมดิบที่เก็บรักษาด้วยระบบแล็กโทเพอร์ออกซิเดส (LP-system) เพื่อลดปัญหาในเรื่องการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงระหว่างการขนย้ายน้ำนมดิบในอุตสาหกรรมนม และการเก็บรักษาน้ำนมดิบก่อนการแปรรูปในอุตสาหกรรมนม ทำการทดลองโดยแบ่งนม ออกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำนมดิบ น้ำนมที่ผ่าน LP-system และน้ำนมที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ จากนั้นนำน้ำนมดิบทั้ง 3 ส่วน มาผลิตเป็นเนยแข็งมอสซาเรลล่าทำการวิเคราะห์ทางเคมี จุลชีววิทยา เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำนมและคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้าซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม พบว่า ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบมีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 50.80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้า และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำดิบที่ผ่าน LP-system คือ 49.26, 46.28 และ 45.38 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณไขมันของตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้ามีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 22.42 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบที่ผ่าน LP-system และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์ คือ 20.00, 16.00 และ 14.83 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบที่ผ่าน LP-system มีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 33.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบ และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้ามีค่า คือ 30.14, 24.80 และ 24.70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้จากผลต่างขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีในส่วนที่เหลือ ยกเว้นปริมาณเกลือ ซึ่งตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้ามีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 2.94 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบที่ผ่าน LP-system ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบ และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์ คือ 1.80, 1.50 และ 1.45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์มีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 4.32 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้า ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบที่ผ่าน LP-system และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบ คือ 3.58, 3.42 และ 2.90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณเกลือของตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากนมสดพาสเจอร์ไรส์มีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือ 1.85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก รองลงมา คือ ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าทางการค้า ตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจากน้ำนมดิบที่ผ่าน LP-system และตัวอย่างเนยแข็งมอสซาเรลล่าจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำนมดิบ คือ 1.84, 1.58 และ 1.39 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ การใช้น้ำนมที่ผ่าน LP-system หลังจากทำการรีดน้ำนมดิบเสร็จทันทีจะเป็นวิธีการที่ช่วยให้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบอย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุด และการใช้น้ำนมที่ผ่าน LP-system ร่วมกับการฆ่าเชื้อในการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานยิ่งขึ้น ซึ่งยังสามารถลดอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ เพื่อลดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารของน้ำนม และลดต้นทุนการผลิตในส่วนของการฆ่าเชื้อได้อีกด้วย

ธีรวุฒิ (2546) ศึกษาการผลิตเนยแข็งโดยอาศัยกรดจากน้ำสับปะรด และน้ำมะขาม ในการตกตะกอนโปรตีนนม เพื่อเปรียบเทียบกิจกรรมของสารตัวอย่าง 4 ชนิด คือ สารสกัดเรนนินทางการค้า สารละลายเอนไซม์เรนนินจากกระเพาะลูกโค กรดจากน้ำสับปะรด และน้ำมะขาม ทำการทดลองโดยการนำสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด มาทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ด้วยวิธี milk-clotting โดยควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่างที่ 6.3 จากการศึกษาพบว่า สารสกัดเรนนินทางการค้ามีกิจกรรมสูงที่สุด รองลงมา คือ สารสกัดจากเรนนินจากกระเพาะลูกโค ซึ่งเลือกใช้กรดจากน้ำสับปะรด 2 พันธุ์ คือ สับปะรดพันธุ์ภูเก็ต และสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ผลที่ได้ คือ กรดจากน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีกิจกรรมที่ดีกว่า จึงเลือกกรดจากน้ำสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตในการผลิตเนยแข็ง และเนื่องจากกรดจากน้ำมะขามไม่มีกิจกรรมในการก่อให้เกิดการจับตัวกันของตะกอนโปรตีนนม จึงไม่เลือกใช้สารตัวอย่างดังกล่าวในการผลิตเนยแข็ง

จรัสศรี และคณะ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์จากพืชสำหรับกระบวนการตกตะกอนโปรตีนนั้น ใช้เอนไซม์โบรมิเลนในน้ำสับปะรดในการตกตะกอนโปรตีนเคซีนในน้ำนม เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่หาได้ง่ายในประเทศไทย และมีทุกฤดูกาล อีกทั้งยังเป็นเอนไซม์ที่มีการยอมรับให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยได้ทำการศึกษาถึงผลการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป พบว่าน้ำสับปะรดที่ pH เท่ากับ 3.97 เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็ง เพราะได้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต (22.7±0.22 เปอร์เซ็นต์) ค่าความแน่นเนื้อ (240.4±7.37 g/sec) สูงที่สุด และค่าปริมาณความชื้น (12.88±0.15 เปอร์เซ็นต์) ต่ำที่สุด เมื่อใช้น้ำสับปะรดที่มี pH เท่ากับ 3.97 ต่อมาศึกษาปริมาณของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ โดยใช้ปริมาณที่ร้อยละ 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30 พบว่าการใช้น้ำสับปะรดที่ปริมาณร้อยละ 0.20 เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งมากที่สุด โดยให้ผลผลิตร้อยละ (27.3±0.05 เปอร์เซ็นต์) ค่าความแน่นเนื้อ (275.2±3.37 g/sec) และค่าปริมาณความชื้น (10.95±0.12 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ ชอบ โดยคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (6.5±1.20) กลิ่น (6.5±1.56) รสชาติ (6.5±0.54) ลักษณะเนื้อสัมผัส (7.2±1.20) และการยอมรับโดยรวม (7.0±0.18) โดยผลต่อความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แตกต่างจากตัวอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งยังมีปริมาณความชื้น (10.95±0.12 เปอร์เซ็นต์) และต้นทุนการผลิตที่กิโลกรัมละ 293.04 บาท ที่ต่ำที่สุดในการศึกษานี้

บุศรินทร์ (2564) ได้ทำการศึกษาคุณภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของมอสซาเรลล่าชีสจากนมแพะดิบที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน เพื่อศึกษาระดับการใช้เอนไซม์เรนเนทที่ให้ผลผลิตมอสซาเรลล่าชีสสูงที่สุดในนมโคดิบ และนมแพะดิบแช่แข็ง เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมแพะดิบแช่แข็ง อีกทั้งยังศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมแพะดิบแช่แข็งที่มีอายุการเก็บรักษา 0, 1, 2, 3 และ 4 เดือน ซึ่งบ่มในน้ำเกลือความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 0, 7, 14, 21 และวันที่ 28 โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของมอสซาเรลล่าชีสจากนมโคดิบ ระดับเอนไซม์เรนเนทที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และนมแพะดิบใช้ระดับเอนไซม์เรนเนทที่ให้ผลผลิตมอสซาเรลล่าชีสสูงที่ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การเปรียบเทียบคุณภาพกายภาพ และเคมีของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมโคดิบ และนมแพะดิบ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความพอใจโดยรวม มอสซาเรลล่าชีสจากนมโคดิบคะแนนต่ำกว่ามอสซาเรลล่าชีสจากนมแพะดิบ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในส่วนของคุณภาพของมอสซาเรลล่าชีสเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) โดยการศึกษามอสซาเรลล่าชีสจากนมแพะดิบแช่แข็ง ที่มีอายุการเก็บรักษาเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 พบว่าคุณภาพกายภาพเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของมอสซาเรลล่าชีส แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การทดสอบการยอมรับ พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มอสซาเรลล่าชีสที่เก็บรักษาในวันที่ 0, 7, 14, 21 และวันที่ 28 มีคุณภาพกายภาพ เคมี เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และเปอร์เซ็นต์ไขมัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับค่ากรด-ด่าง (pH) ค่าน้ำอิสระ (Aw) การทดสอบทางประสาทสัมผัส และการทดสอบการยอมรับ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

พิมพ์ฤทัย (2546) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิต และเพิ่มมูลค่าชีส เพื่อขยายตลาดผลิตภัณฑ์นมโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เนยแข็งหรือชีสให้กว้างขึ้น การวิจัยประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตชีสรสผลไม้ เนื่องจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สามารถเพิ่มทางเลือก และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้ ในการศึกษาจะใช้ผลไม้ 5 รสชาติ ได้แก่ แอปเปิ้ล แคนตาลูป เมล่อน องุ่น และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตงโม โดยนำน้ำผลไม้แต่ละชนิดเติมลงไปในน้ำนมก่อนขั้นตอนการทำชีส ชีสที่ได้มาจะถูกวิเคราะห์โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เป็นผู้ประเมิน ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเติมน้ำผลไม้ลงไปในน้ำนมจะเปลี่ยนค่า pH ของส่วนผสมเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นเมล่อนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH และไม่พบการแข็งตัวของตะกอนโปรตีนในน้ำนม ซึ่งเคิร์ดแต่ละชิ้นของชีสรสผลไม้ทั้ง 5 ชนิด มีความเหนียวน้อยกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งเป็นชีสสูตรมาตรฐาน และมีขนาดเล็กกว่า ในบรรดาน้ำผลไม้ที่นำมาทดสอบพบว่า น้ำแอปเปิ้ลให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแง่ของลักษณะ เนื้อสัมผัส สี และรส

Abd El Aziz and Metwaly (2014) ได้ทำการศึกษาผลของการตกตะกอนด้วยกรด โดยสารปรับความเป็นกรดต่างๆ ต่อคุณสมบัติของมอสซาเรลล่าชีสโดยกรดแลคติก และอะซิติก เช่น กรดอินทรีย์ น้ำมะนาว น้ำส้ม และน้ำทับทิม นำมาใช้ในการตกตะกอนด้วยกรดในการทำมอสซาเรลล่าชีสและเปรียบเทียบกับแบคทีเรียที่สร้างกรด โดยแบคทีเรียเริ่มต้นเป็นตัวควบคุม ผลผลิตของชีสที่ได้จากการควบคุมทั้งหมดได้รับการวิเคราะห์ทางเคมี จุลชีววิทยา และคุณสมบัติการไหล วิเคราะห์ตัวอย่างทำการทดลอง 3 ครั้ง และบันทึกค่าหลัก ผลการศึกษาพบว่า มอสซาเรลล่าชีสที่ตกตะกอนด้วยกรดที่ได้จากน้ำมะนาว มีคุณสมบัติทางเคมีที่ดีที่สุด คุณสมบัติการไหล และให้ร้อยละของผลผลิตสูง นอกจากนี้สิ่งทดลองทั้งหมดยกเว้นกรดที่ได้จากน้ำส้มมีคุณสมบัติที่ดีเมื่อเทียบกับมอสซาเรลล่าชีสกลุ่มควบคุม นอกจากนี้มอสซาเรลล่าชีสที่ตกตะกอนด้วยกรดจากน้ำทับทิมยังมีคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติการไหลที่ดี จากผลการทดลองนี้กล่าวได้ว่า การตกตะกอนด้วยกรดในการผลิตมอสซาเรลล่าชีสเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติการไหล ลดเวลา และเพิ่มร้อยละของผลผลิตชีส สุดท้ายนี้สารเพิ่มความเป็นกรดตามธรรมชาติ เช่น น้ำมะนาวหรือกรดอินทรีย์บางชนิด (กรดอะซิติก, กรดแลคติก) สามารถนำไปใช้กับการทำให้เป็นกรดอื่นๆ รวมถึงการทำมอสซาเรลล่าชีสที่มีคุณภาพดี และได้รับความชื่นชอบ

Li *et al.* (2020) ทำการศึกษาชนิดของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในชีสคาซัค และการมีส่วนทำให้เกิดการหมักชีส ชีสคาซัคเป็นผลิตภัณฑ์นมดั้งเดิมที่หมักโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ในการทดลองจะใช้ 4 ชนิด คือ *Sthermophilus thermophilus* B8 (StC), *Lactobacilluss rhamnosus* B10 (LrC), *Weisssella confusa* B14 (WCC) และ *Lactobacilluss helveticus* B6 (LhC) โดยเริ่มจากการใช้น้ำนมดิบ 20 ลิตร ปรับไขมันเป็น 3.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ด้วยการกวนอย่างต่อเนื่อง หลังจากทำให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นมจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนๆ ละ 5 ลิตร ทำการทดลองชีส 4 ครั้ง ดำเนินการแยกกันโดยใช้สารตั้งต้นกรดแลคติก คือ 4 ชนิดข้างต้น อุ่นนมที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และเติมลงในนมที่ความเข้มข้นของเซลล์ประมาณ 1.0×10^7 cfu/ml. จากนั้นเติมไคโมซิน 0.02 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงในนมเพื่อกระตุ้นการเกิดเคิร์ด กระบวนการหมักทั้งหมดดำเนินการภายใต้สภาวะปิดสนิท จากนั้นตัดเคิร์ดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 เซนติเมตร เพื่อระบายเวย์ หลังจากกำจัดเวย์จะนำเคิร์ดที่ได้แช่ในน้ำเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง บรรจุภาชนะ และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยจะเก็บตัวอย่างเป็นระยะ ในช่วงเวลา 0, 8, 16,24 และ 32 วัน นำตัวอย่างใส่หลอดสำหรับปั่นแยก 50 มิลลิลิตร แช่แข็งในไนโตรเจนเหลว และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความชื้นและไขมัน แบคทีเรียสร้างกรดแลคติก *Weisssella confusa* B14 (WCC) มีประโยชน์ต่อการผลิตกรดอะมิโน ในขณะที่ *Sthermophilus thermophilus* B8 (StC) ส่งเสริมการสร้างกรดอินทรีย์ และมีส่วนทำให้เกิดคุณสมบัติพื้นผิวที่ดี นอกจากนี้ชีสทั้ง 4 ชนิด ยังมีกลิ่นหอมที่เข้มข้น และ *Weisssella confusa* B14 (WCC) มีกลิ่นไขมันที่โดดเด่นที่สุด

Shehata *et al*. (1967) ศึกษาชนิดของกรดที่ใช้ในขั้นตอนการตกตะกอนโปรตีนของบลูชีสและมอสซาเรลล่าชีส ซึ่งจะวิเคราะห์เกี่ยวกับความชื้น ความหนาแน่น และระดับแคลเซียมของชีสที่ได้ โดยจะใช้กรดฟอสฟอริก กรดไฮโดรคลอริก กรดแลคติกหรือกรดซิตริกเข้มข้น ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตบลูชีสจะทำให้น้ำนมเป็นกรด pH 5.6 ที่อุณหภูมิ 4.4 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นเติมเรนเนท 50 มิลลิลิตร/453.6 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส วางทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที ตัดเคิร์ดที่ได้เป็นลูกบาศก์ขนาด 1.27 ลูกบาศก์เซนติเมตร ระบายน้ำเวย์ออก และเพิ่มสปอร์รา จากนั้นปล่อยให้เคิร์ดสะเด็ดน้ำ ส่วนขั้นตอนการผลิตมอสซาเรลล่าชีสโดยการทำให้เป็นกรดโดยตรงและเทคนิคการกวนอย่างต่อเนื่อง จะทำให้นมเป็นกรด pH 5.6 ที่อุณหภูมิ 4.4 องศาเซลเซียส วางทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นเติมเรนเนท 100 มิลลิลิตร/453.6 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส กวนอย่างต่อเนื่องในระหว่างการตกตะกอนของเคิร์ด เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นระบายน้ำเวย์ออก นวดเคิร์ดที่ได้ในน้ำอุณหภูมิ 82.2 องศาเซลเซียส เมื่อเคิร์ดเย็นลงจะนำไปแช่ในน้ำเกลือที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ความชื้น ความหนาแน่น และระดับแคลเซียมของชีสทั้ง 2 ชนิด พบว่า ความชื้นของบลูชีส และมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตโดยใช้กรดแลคติกมีปริมาณสูงที่สุด คือ 48.54 และ 50.75 ตามลำดับ ความหนาแน่นหลังจากการระบายเวย์ 18 ชั่วโมง พบว่า ทั้งบลูชีส และมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตโดยใช้กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโรคลอริกมีความหนาแน่นกว่าการผลิตชีสโดยใช้กรดแลคติก หรือกรดซิตริกเข้มข้น ระดับแคลเซียมของบลูชีส และมอสซาเรลล่าชีส พบว่า ชีสที่ผลิตโดยกรดฟอสฟอริกมีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ 9.91 และ 11.47 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hashim *et al.* (2014) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำมะนาว และน้ำองุ่นเป็นสารตกตะกอนต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีสขาวซูดาน และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา เพื่อทดสอบชนิดของสารตกตะกอนต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีสขาวซูดาน โดยทำชีสจากกรดที่ได้จากน้ำมะนาว และกรดที่ได้จากน้ำองุ่นเป็นชุด โดยมีน้ำนมดิบ 20 ลิตร นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมเกลือในอัตรา 4 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายน้ำมะนาว pH 3.2 (น้ำมะนาว 50 เปอร์เซ็นต์+น้ำกลั่น 50 เปอร์เซ็นต์) ถูกเติมที่อัตรา 5 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำองุ่น pH 3.7 ในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นให้ผสมทิ้งไว้จนแข็งตัวเกิดเป็นเคิร์ด บรรจุชีสที่ได้ลงในถุงโพลีเอทิลีนอย่างละ 100 กรัม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน วิเคราะห์ทางเคมีสำหรับตัวอย่างชีสในวันที่ 1 วันที่ 7 วันที่ 14 วันที่ 21 และวันที่ 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณไขมันของตัวอย่างชีสมะนาว และชีสองุ่นที่เก็บอยู่ในตู้เย็นอยู่ในระดับสูงกว่าปริมาณไขมันของชีสชนิดเดียวกันที่เก็บไว้ในเวย์ที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณโปรตีนชีสมะนาวที่เก็บในตู้เย็น (19.45±3.06 เปอร์เซ็นต์) และในเวย์ที่อุณหภูมิห้อง (16.28±1.29 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าของชีสองุ่น (17.03±2.83) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ของตัวอย่างชีสมะนาวที่เก็บไว้ในเวย์ที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.001$) จาก 45.51±1.31 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 1 เป็น 66.94±1.48 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 4 ปริมาณเถ้าของชีสมะนาวที่เก็บไว้ในเวย์ที่อุณหภูมิห้อง (1.10±0.26 เปอร์เซ็นต์) มีค่ามากกว่าตัวอย่างชีสมะนาวที่เก็บไว้ในตู้เย็น อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.001$) ชีสมะนาวที่เก็บไว้ในเวย์มีค่าความเป็นกรด (0.05±0.01 เปอร์เซ็นต์) ชีสมะนาวที่เก็บไว้ในตู้เย็นมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 0.20±0.00 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 1 เป็น 0.30±0.00 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 4 สรุปได้ว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีสขาวซูดานที่ทำจากน้ำมะนาว และน้ำองุ่นด้วย ดังนั้นวิธีการเก็บรักษามีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของชีสขาวซูดาน

Choi, Hee Young *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเกาดาชีสที่เสริมด้วยเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ การศึกษานี้ดำเนินการขึ้นเพื่อประเมินคุณลักษณะคุณภาพของเกาดาชีสที่เสริมด้วยเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ โดยวัดคุณภาพของเกาด้าชีสที่เสริมด้วยเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้จากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี จำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก pH ไนโตรเจนที่ละลายน้ำได้ (WSN) ลักษณะด้านประสาทสัมผัส และการสลายโปรตีนในชีสที่สุกแล้ว โดยเทคนิคอิเล็กโตรโฟรีซิสของโปรตีน และปริมาณฟลาโวนอยด์ของชีส ในการทดลองที่เสริมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยนำชีสที่ได้เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 0-15 สัปดาห์ จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของชีสที่ระยะเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 สัปดาห์ และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเสริมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ในเกาด้าชีสสามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สารอาหารเพิ่มขึ้น และยังคงรักษารสชาติ และคุณภาพของชีสเกาด้าไว้เหมือนเดิม แต่การเสริมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ไม่มีผลต่อลักษณะที่ปรากฏหรือลักษณะทางประสาทสัมผัสของเกาด้าชีส ($p>0.05$) ทั้งนี้ผลลัพธ์การวิเคราะห์องค์ประกอบของเกาด้าชีสที่เสริมด้วยเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้ไม่พบความแตกต่างของความชื้น ไขมัน และโปรตีน แต่พบว่ามีเถ้า แร่ธาตุ และฟลาโวนอยด์ ($p<0.05$) และไขมันในชีสที่เสริมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้มากกว่าในกลุ่มควบคุม อีกทั้งจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก และ Water-soluble nitrogen (WSN) ในชีสที่เสริมด้วยเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ผลไม้สูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีค่า pH ต่ำกว่าชีสกลุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

วัตถุดิบ

1. ส้มจี๊ด
2. น้ำนมดิบ

สารเคมี

1. เรนเนท
2. กรดซิตริก

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer รุ่น Hunter Lab)
2. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd instruments รุ่น Texture analysis Instruments)
3. เครื่องวัด pH-meter (Oahus; USA รุ่น Starter 3100)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Digital food thermometer รุ่น KT 300)
6. ตู้เย็น (LG รุ่น IN 110)
7. เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Zebra รุ่น ZB-ICP 2000)
8. ถุงกรองเวย์
9. อุปกรณ์เครื่องครัวต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน

การศึกษาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาเป็นเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้ คือ ส้มจี๊ด ซึ่งดัดแปลงจากเอกสารประกอบการเรียนการสอนเรื่องการแปรรูปผลิตภัณฑ์นม (สมพร, มปป.) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การศึกษาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน

วัตถุดิบ	หน่วย	ปริมาณการใช้
กรดซิตริกสังเคราะห์	กรัม	8.0
เรนเนท	กรัม	0.2
น้ำนมดิบ	มิลลิลิตร	5,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน

1. ละลายกรดซิตริกสังเคราะห์ 3.2 กรัม กับน้ำเปล่า ¼ ถ้วยตวง
2. ละลายเรนเนท 0.08 กรัม กับน้ำเปล่า ¼ ถ้วยตวง
3. เทน้ำนมดิบลงในหม้อ ปริมาณ 2,000 มิลลิลิตร ตั้งไฟ (เปิดโหมดอุ่นนม) ใช้ทัพพีคนเรื่อยๆ จนน้ำนมดิบมีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปิดเตา จากนั้นเติมสารละลายกรดซิตริก และเรนเนทลงไป คนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วปิดฝา
4. หลังจากนั้นทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อรอให้โปรตีนนมตกตะกอน จะได้เป็นเคิร์ด และเวย์
5. นำเคิร์ด และเวย์ที่ได้ไปอุ่นต่อจนมีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส
6. ใช้สปาตูล่าตัดเคิร์ดเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาดประมาณ 1x1 นิ้ว
7. เทใส่ถุงกรอง และบีบเวย์ออกจากก้อนเคิร์ดให้ได้มากที่สุด
8. นำเวย์ที่ได้จากการกรองไปอุ่น ใช้ทัพพีคนเรื่อยๆ จนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นปิดเตาแล้วนำเคิร์ดในถุงกรองลงไปแช่ประมาณ 3-5 นาที
9. นำก้อนเคิร์ดขึ้นมาใส่ถาด เติมเกลือเพื่อเพิ่มรสชาติ 1 ช้อนชา นวดเรื่อยๆ จนเป็นเนื้อเดียวกัน
10. อุ่นเวย์ที่เหลือให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำก้อนเคิร์ดไปแช่อีกครั้ง (ทำซ้ำให้ครบ 3 รอบ)
11. ชั่งน้ำหนักเนยแข็งที่ได้ เพื่อคำนวณร้อยละของผลผลิต ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุภาชนะแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

2. การศึกษาปริมาณการใช้กรดจากส้มจี๊ดเสริมในเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า

จากสูตรมาตรฐานอัตราส่วนของกรดซิตริกต่อน้ำนมดิบ คือ 8.0 กรัมต่อน้ำนมดิบ 5,000 มิลลิลิตร โดยจะปรับปริมาณการใช้ส้มจี๊ดเป็น 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อน้ำนมดิบ 100 มิลลิลิตร โดยมีเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดซิตริกสังเคราะห์เป็นสูตรมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้กรดจากส้มจี๊ดเสริมในเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า

วัตถุดิบ	หน่วย	ปริมาณการใช้น้ำส้มจี๊ดในเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า (มิลลิลิตร)			
		สูตรมาตรฐาน (0%)	สูตรที่ 1 (0.5%)	สูตรที่ 2 (1%)	สูตรที่ 3 (1.5%)
กรดซิตริกสังเคราะห์	กรัม	0.16	0	0	0
ส้มจี๊ด	มิลลิลิตร	0	0.5	1.0	1.5
เรนเนท	กรัม	0.004	0.004	0.004	0.004
น้ำนมดิบ	มิลลิลิตร	100	100	100	100

วิธีการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้

1. นำผลส้มจี๊ดมาล้างน้ำให้สะอาด เพื่อขจัดสิ่งสกปรกบริเวณผิวเปลือก
2. นำผลส้มจี๊ดมาผ่าครึ่งแล้วคั้นเอาเฉพาะน้ำ
3. นำน้ำส้มจี๊ดที่ได้ไปวัดค่า pH ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.64
4. สูตรทดลองจะใช้กรดจากน้ำส้มจี๊ดต่อน้ำนมดิบ 2,000 มิลลิลิตร แทนการใช้สารละลายกรดซิตริกสังเคราะห์ ในปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
5. ละลายเรนเนท 0.08 กรัม กับน้ำเปล่า ¼ ถ้วยตวง
6. เทน้ำนมดิบลงในหม้อ ปริมาณ 2,000 มิลลิลิตร ตั้งไฟ (เปิดโหมดอุ่นนม) ใช้ทัพพีคนเรื่อยๆ จนน้ำนมดิบมีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปิดเตา จากนั้นเติมน้ำส้มจี๊ด และเรนเนทลงไป คนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วปิดฝา
7. หลังจากนั้นทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อรอให้โปรตีนนมตกตะกอน จะได้เป็นเคิร์ด และเวย์
8. นำเคิร์ด และเวย์ที่ได้ไปอุ่นต่อจนมีอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส
9. ใช้สปาตูล่าตัดเคิร์ดเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาดประมาณ 1x1 นิ้ว
10. เทใส่ถุงกรอง และบีบเวย์ออกจากก้อนเคิร์ดให้ได้มากที่สุด
11. นำเวย์ที่ได้จากการกรองไปอุ่น ใช้ทัพพีคนเรื่อยๆ จนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นปิดเตาแล้วนำเคิร์ดในถุงกรองลงไปแช่ประมาณ 3-5 นาที
12. นำก้อนเคิร์ดขึ้นมาใส่ถาด นวดเรื่อยๆ จนเป็นเนื้อเดียวกัน
13. อุ่นเวย์ที่เหลือให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำก้อนเคิร์ดไปแช่อีกครั้ง (ทำซ้ำให้ครบ 3 รอบ)
14. ชั่งน้ำหนักเนยแข็งที่ได้ เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุภาชนะแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.1 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Percent yield)

เปรียบเทียบปริมาณน้ำนมดิบต่อผลผลิตที่ได้ โดยหลังจากนำน้ำนมดิบมาแปรรูปเป็นเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าแล้ว นำผลผลิตที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อศึกษาผลของการเสริมกรดจากส้มจี๊ดต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตที่ได้ (g)}}{\text{ปริมาณน้ำนมที่ใช้ (ml)}} \times 100$$

3.2 การวัดค่าความแน่นเนื้อ

ตัดตัวอย่างเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าขนาด 1x1 เซนติเมตร นำตัวอย่างมาทำการวัดค่าความแน่นเนื้อ โดยใช้การบีบอัด ตั้งค่าความเครียดที่ 50 นิวตัน ความเร็วต่อความเครียด 10 มิลลิเมตรต่อนาที เลือกใช้โหมดอาหาร โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

3.3 การวัดค่าสี

การวัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Hunter Lab จะรายงานผลออกมาเป็นค่า L*, a*, b* โดยอ่านค่าสี L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดง และสีเขียว (Redness/ Greeness) และค่า b* เป็นค่าสีเหลือง (Yellowness/ Blueness) ดังนี้

L* เป็นค่าความสว่าง	มีค่าตั้งแต่ 0-100 (มืด-สว่าง)
	เมื่อ L* เป็น 0 มีค่าความมืดมากที่สุด
	เมื่อ L* เป็น 100 มีค่าความสว่างมากที่สุด
a* เป็นค่าสีแดง และสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก คือ สีแดง
	เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ คือ สีเขียว
b* เป็นค่าสีเหลือง และสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก คือ สีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ คือ สีน้ำเงิน

ทำการปรับมาตรฐานสีโดยใช้แผ่นเทียบสีขาว และสีดำ นำตัวอย่างเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่ามาวางที่ตำแหน่งวัดค่าสี ค่าที่ออกมาเป็นค่า L*, a*, b* โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบด้านประสาทสัมผัสเป็นการทดสอบการยอมรับโดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยวิธี 9-Point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด และคะแนน 9 หมายถึง ยอมรับมากที่สุด คุณลักษณะที่ทดสอบมีดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม บรรจุตัวอย่างโดยให้รหัสตัวอย่างเป็นเลข 1-4 แล้วทำการเสิร์ฟตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

1.1 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Percent yield)

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าต่อปริมาณน้ำนมที่มีการเสริมกรดจากส้มจี๊ดที่ระดับแตกต่างกัน โดยนำน้ำนมดิบมาแปรรูปเป็นเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า จากนั้นนำผลผลิตที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต ผลการศึกษาพบว่าปริมาณกรดจากส้มจี๊ดที่เสริมในระดับต่างๆ มีผลต่อปริมาณเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าที่ได้ การเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ 13.70 เมื่อเทียบกับสูตรที่เสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 12.80 และ 11.40 ตามลำดับ แต่ต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตเท่ากับ 16.50 สอดคล้องกับปิยวรรณ (2555) กล่าวว่า หลังจากการกดไล่น้ำเวย์ออกจากเคิร์ดแล้วจะได้เคิร์ดที่มีปริมาตรเหลือประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำนมเริ่มต้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ยิ่งเสริมกรดจากส้มจี๊ดในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน และเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

เปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Percent yield)	
ระดับการเสริม	ปริมาณผลผลิตที่ได้ (เปอร์เซ็นต์)
สูตรมาตรฐาน	16.50 [a]
สูตรที่ 1 (0.5 เปอร์เซ็นต์)	13.70 [b]
สูตรที่ 2 (1.0 เปอร์เซ็นต์)	12.80 [b]
สูตรที่ 3 (1.5 เปอร์เซ็นต์)	11.40 [b]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การวัดค่าความแน่นเนื้อ และค่าสี

การศึกษาวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรมาตรฐาน ($p<0.05$) โดยสูตรที่ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด คือ 51.04 ± 0.55 นิวตัน/มิลลิเมตร รองลงมา คือ สูตรที่ 3, สูตรที่ 1 และสูตรมาตรฐาน คือ 50.95 ± 0.70, 50.85 ± 0.27 และ 40.29 ± 2.92 นิวตัน/มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าสี L* a* และ b* พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพด้านการวัดค่าความแน่นเนื้อ และการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

ระดับการเสริม (เปอร์เซ็นต์)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/มิลลิเมตร)	คุณสมบัติทางกายภาพ ค่าสี ^{ns}		
		L*	a*	b*
สูตรมาตรฐาน	40.29 ± 2.92 ^{b}	81.89 ± 0.57	1.30 ± 0.16	22.35 ± 1.47
สูตรที่ 1 (0.5)	50.85 ± 0.27 ^{a}	81.49 ± 1.85	1.54 ± 0.55	21.59 ± 2.45
สูตรที่ 2 (1.0)	51.04 ± 0.55 ^{a}	79.77 ± 3.02	2.21 ± 0.91	28.33 ± 5.38
สูตรที่ 3 (1.5)	50.95 ± 0.70 ^{a}	83.09 ± 0.30	2.44 ± 0.31	23.27 ± 1.60

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

2. การวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบจากการมองเห็นผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า จากวิธี 9-Point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน ซึ่งใช้กรดซิตริกสังเคราะห์ เป็นการให้คะแนนการยอมรับในช่วงคะแนน 1-9 (1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด และ 9 = ยอมรับมากที่สุด) พบว่าผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดทุกสูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเสริมส้มจี๊ดที่ระดับสูงขึ้น พบว่า มีแนวโน้มทำให้การยอมรับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบลดลง สูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 1 แต่ต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน

คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านสี สูตรมาตรฐานได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 7.87 ± 0.86 รองลงมา คือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 7.50 ± 0.90, 7.47 ± 0.94 และ 7.44 ± 0.94 ตามลำดับ

คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านกลิ่น สูตรมาตรฐานได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 7.17 ± 1.09 รองลงมา คือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 5.94 ± 0.74, 5.47 ± 0.94 และ 5.00 ± 0.91 ตามลำดับ

คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านรสชาติ สูตรมาตรฐานได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 7.90 ± 0.40 รองลงมา คือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 7.00 ± 0.91, 6.24 ± 1.01 และ 5.84 ± 1.05 ตามลำดับ

คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านเนื้อสัมผัส สูตรมาตรฐานได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 7.57 ± 0.63 รองลงมา คือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 7.10 ± 0.61, 6.20 ± 0.92 และ 5.74 ± 0.91 ตามลำดับ

คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้านการยอมรับโดยรวม สูตรมาตรฐานได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ 7.27 ± 0.74 รองลงมา คือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 6.97 ± 0.61, 5.94 ± 0.83 และ5.74 ± 0.91 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงคุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

ส้มจี๊ด	คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้าน^{ns}				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
สูตรมาตรฐาน	7.87 ± 0.86	7.17 ± 1.09	7.90 ± 0.40	7.57 ± 0.63	7.27 ± 0.74
สูตรที่ 1	7.50 ± 0.90	5.94 ± 0.74	7.00 ± 0.91	7.10 ± 0.61	6.97 ± 0.61
สูตรที่ 2	7.47 ± 0.94	5.47 ± 0.94	6.24 ± 1.01	6.20 ± 0.92	5.94 ± 0.83
สูตรที่ 3	7.44 ± 0.94	5.00 ± 0.91	5.84 ± 1.05	5.74 ± 0.91	5.74 ± 0.91

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดกับสูตรมาตรฐาน

การประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่า โดยใช้การคำนวณตามราคา และน้ำหนักที่ใช้ในการผลิต เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน และเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด ดังตารางที่ 8 พบว่า เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐานมีต้นทุนในการผลิตต่อ 1 กรัม น้อยกว่าเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.16 คิดเป็นกิโลกรัมละ 160 บาท ส่วนเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.19 บาท คิดเป็นกิโลกรัมละ 190 บาท

ตารางที่ 8 การประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด 0.5 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของวัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)		ราคา/หน่วย (กรัม/บาท)		ต้นทุน (บาท)	
	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมกรดจากส้มจี๊ด	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมกรดจากส้มจี๊ด	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมกรดจากส้มจี๊ด
กรดซิตริก	3.2	-	0.35	-	1.12	-
ส้มจี๊ด	-	12	-	0.05	-	0.6
เรนเนท	0.08	0.08	28	28	2.24	2.24
น้ำนมดิบ	2,000	2,000	0.025	0.025	50	50
ผลิตภัณฑ์	330	274	-	-	-	-
รวม	-	-	-	-	53.36	52.84

- ราคาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐานต่อ 1 กรัม
  = 53.36/330
  = 0.16 บาท

ดังนั้น ต้นทุนของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน จะอยู่ที่กิโลกรัมละ 160 บาท

- ราคาเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 1 กรัม
  = 52.84/274
  = 0.19 บาท

ดังนั้น ต้นทุนของเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ที่กิโลกรัมละ 190 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

1.1 การศึกษาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าต่อปริมาณน้ำนมที่มีการเสริมกรดจากส้มจี๊ดที่ระดับต่างๆ พบว่า การเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตมากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรที่เสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 13.70, 12.80 และ 11.40 ตามลำดับ แต่ต่ำกว่าสูตรมาตรฐาน ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต เท่ากับ 16.50 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านความแน่นเนื้อ และค่าสีของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด พบว่า ผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด มีค่าความแน่นเนื้อ เท่ากับ 50.85±0.27 นิวตัน/มิลลิเมตร มีค่าสีด้านความสว่าง L* เท่ากับ 81.49±1.85 ค่าสีแดง a* เท่ากับ 1.54±0.55 และค่าสีเหลือง b* เท่ากับ 21.59±2.45

1.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดที่ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุดในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีคะแนน 7.50±0.09, 5.94±0.74, 7.00±0.91, 7.10±0.61 และ 6.97±0.61 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

2. การประเมินต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าสูตรมาตรฐาน และเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้ต้นทุนการผลิตต่อ 1 กรัม คือ 0.16 คิดเป็นกิโลกรัมละ 160 บาท ส่วนเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.19 บาท คิดเป็นกิโลกรัมละ 190 บาท

ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ดควรลดปริมาณการเสริมกรดจากส้มจี๊ด เนื่องจากผลของการศึกษาทำให้ทราบว่าแนวโน้มของปริมาณการเสริมที่สูงขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิต การยอมรับคุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อลักษณะปรากฏด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบลดลง แนะนำเสริมที่ระดับ 0.2, 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเนยแข็งเพิ่มขึ้น และสามารถลดต้นทุนการผลิตให้ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2543. **เนยแข็ง.** ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 209), กรุงเทพ.

จรัสศรี แก้วฝั้น, เอื้องพลอย ใจลังกา และ อำพล วริทธิธรรม. 2560. **โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์จากพืชสำหรับกระบวนการตกตะกอนโปรตีน.** ศูนย์วิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่, เชียงใหม่.

จิระเดช มณีรัตน์. 2549. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตเนยแข็งมอสซาเรลล่า จากน้ำนมดิบที่เก็บรักษาด้วยระบบแล็กโทเพอร์ออกซิเดส (LP-system).** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชนาภา สะอาด. 2558. **สายพันธุ์ส้มจี๊ด.** แหล่งที่มา: https://chanapasaard.blogspot.com/, 18 กุมภาพันธ์ 2565

ธีรวุฒิ บัวแย้ม. 2546. **การผลิตเนยแข็งโดยอาศัยสารสกัดจากสับปะรด และมะขาม ในการตกตะกอน โปรตีนนม.** แหล่งที่มา: https://fic.nfi.or.th/knowlegdedatabankResearch-detail.php?id=853, 7 กุมภาพันธ์ 2565

นิธิยา รัตนาปนนท์, “กรดซิตริก,” ใน **เคมีอาหาร,** พิมพ์ครั้งที่ 5, (กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2557), หน้า 28.

บุศรินทร์ ชนะคช. 2564. **การศึกษาคุณภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของมอสซาเรลล่าชีสจากนมแพะดิบที่มีอายุการเก็บรักษาต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญญาภา อิททรานุรักษ์ษา. 2559. **คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด.** แหล่งที่มา: http://www.thaigoodview.com/node/211048, 10 กุมภาพันธ์ 2565

ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. 2555. **เนยแข็ง.** แหล่งที่มา: http://elearning.psru.ac.th/courses/104/, 9 มีนาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิมพ์ฤทัย มนต์พงษ์ชัย. 2546. **ความเป็นไปได้ในการผลิตและเพิ่มมูลค่าชีส.** แหล่งที่มา: https://core.ac.uk/download/pdf/5066366, 9 กุมภาพันธ์ 2565

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์. 2558. **สูตรโครงสร้างของ citric acid mono hydrate.** แหล่งที่มา: https://www.pnkbrightchemical.com/, 19 มกราคม 2565

สิทธิโชค ศรีโช. 2563. **มอสซาเรลล่าชีสมาจากไหน.** แหล่งที่มา: https://www.greenery.org/articles/how-to-mozzarella-cheese/, 7 มีนาคม 2565

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. **เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สมจิต สุรพัฒน์. 2546. **นมและผลิตภัณฑ์.** วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมพร นพเกื้อ. (มปป.) **เอกสารประกอบการเรียนการสอน เรื่องการแปรรูปผลิตภัณฑ์นม.** สาขาวิชาสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร, ชุมพร.

อภิญญา เจริญกูล. 2553. **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม.** แหล่งที่มา: https://www.elearning2.utcc.ac.th/officialtcu/econtent/sf411/, 3 กุมภาพันธ์ 2565

อภิษฐา ช่างสุพรรณ. 2557. กรดซิตริกสารเคมีใกล้ตัวที่ควรรู้. **ว. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.** 180: 7-10.

อุไร จิรมงคลการ, “ส้มจี๊ด,” ใน **ผลไม้ในสวน,** (กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บ้านและสวน, 2547), หน้า 134-135.

Abd El Aziz, M. E. and M. Metwaly. The effect of direct acidification by different acidulants on the properties of mozzarella cheese . **J. Food and Dairy Sci.** 5(1): 7-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Choi. H. Y., C. J. Yang, K. S. Choi and I. Bae. 2015. Characteristics of Gouda cheese supplemented with fruit liquors. **J. Food Sci.** 57(15): 1-6.

Hashim. A. E., O. I. A. Hamid, O. A. O. El Owni. 2014. Effect of lime and grape fruit extract as coagulants on chemical composition of Sudanese white soft cheese during storage. **J. Adv. Res. Biol. Sci.** 1(7): 123-130.

Li, J., Q. Huang, X. Zheng, Z. Ge, K. Lin, D. Zhang, Y. Chen, B. Wang and X. Shi. 2020. Investigation of the lactic acid bacteria in Kazak cheese and their contributions to cheese fermentation. **J. Food Microbiology.** 228: 1-13.

Shehata, A. E., M. lyar, N. F. Olson and T. Richardson. 1967. Effect of type of acid used in direct acidification procedures on moisture, firmness, and calcium levels of cheese. **J. Dairy Sci.** 50(6): 824-827.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

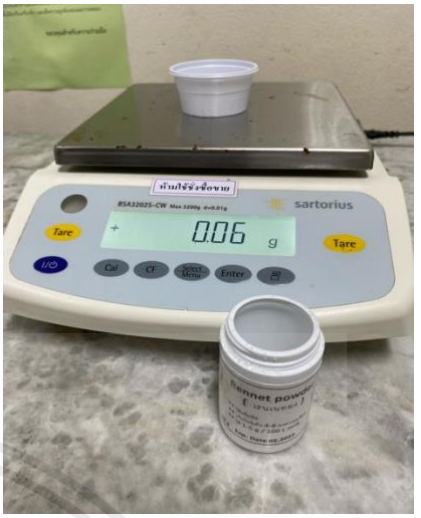
วัตถุดิบ และขั้นตอนการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

ภาพผนวกที่ ก.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

ภาคผนวกที่ ก.2 ผลส้มจี๊ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำส้มจี๊ดไปล้างทำความสะอาด หั่นครึ่งแล้วคั้นเอาเฉพาะน้ำส้ม



ชั่งส่วนผสมเตรียมไว้ (เรนเนท, กรดซิตริก)

เตรียมน้ำนมดิบสำหรับใช้ในการทดลอง

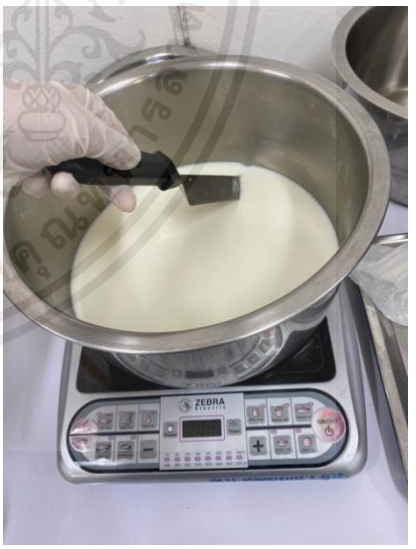
นำน้ำนมดิบไปตั้งไฟ เปิดโหมดอุ่นนม ใช้ทัพพีคนเรื่อยๆ จนอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิดเตา จากนั้นเติมส้มจี๊ด
และเรนเนทที่เตรียมไว้ลงไป
คนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

ปิดฝาทิ้งไว้ 10 นาที
เพื่อให้โปรตีนนมตกตะกอน

เมื่อครบเวลาจะได้เคิร์ด
และเวย์ อุ่นต่อจนมีอุณหภูมิ 42
องศาเซลเซียส



ใช้สปาตูล่าตัดเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ
ขนาดประมาณ 1x1 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทใส่ถุงกรอง และบีบน้ำเวย์ออก

อุ่นน้ำเวย์ จากนั้นคนเรื่อยๆ จนมีอุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำก้อนเคิร์ดลงไปแช่ประมาณ 3-5 นาที

นำก้อนเคิร์ดขึ้นมานวดเรื่อยๆ จนเป็นเนื้อเดียวกัน

ชั่งน้ำหนักเนยแข็งที่ได้ ตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ บรรจุลงภาชนะ แล้วนำไปแช่เก็บไว้ในตู้เย็น

ภาคผนวกที่ ก. 3 ขั้นตอนการทำเนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

การประเมินการยอมรับด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในแบบประเมิน

ภาคผนวกที่ ข. 1 ผู้ทดสอบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส
แบบประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส
เพื่อใช้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากผลไม้
ผลิตภัณฑ์: เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แนะ: กรุณาประเมินความพึงพอใจ และความรู้สึกที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามลำดับตัวอย่างที่นำเสนอ พร้อมทั้งให้ระดับคะแนนความพึงพอใจ และความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละลักษณะคุณภาพตามความรู้สึกของท่านตามความเป็นจริงมากที่สุด

คำแนะนำ: กรุณาดื่มน้ำก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

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

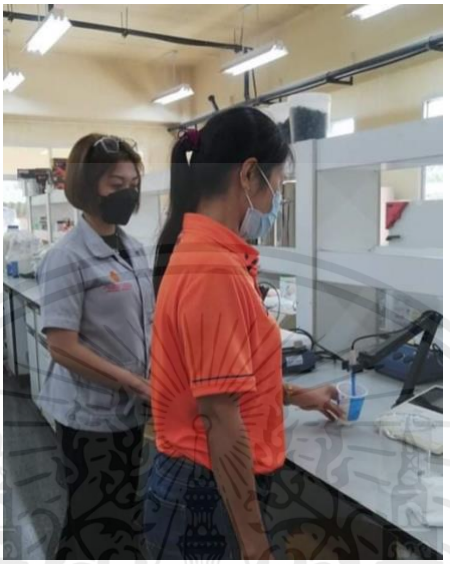
คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	สูตรควบคุม ความชอบ	ตัวอย่างที่ 1 ความชอบ	ตัวอย่างที่ 2 ความชอบ	ตัวอย่างที่ 3 ความชอบ
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ:

.....
.....
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี



ภาคผนวกที่ ค. 1 การวัดค่า pH ของน้ำส้มจี๊ดที่จะนำมาทดลอง

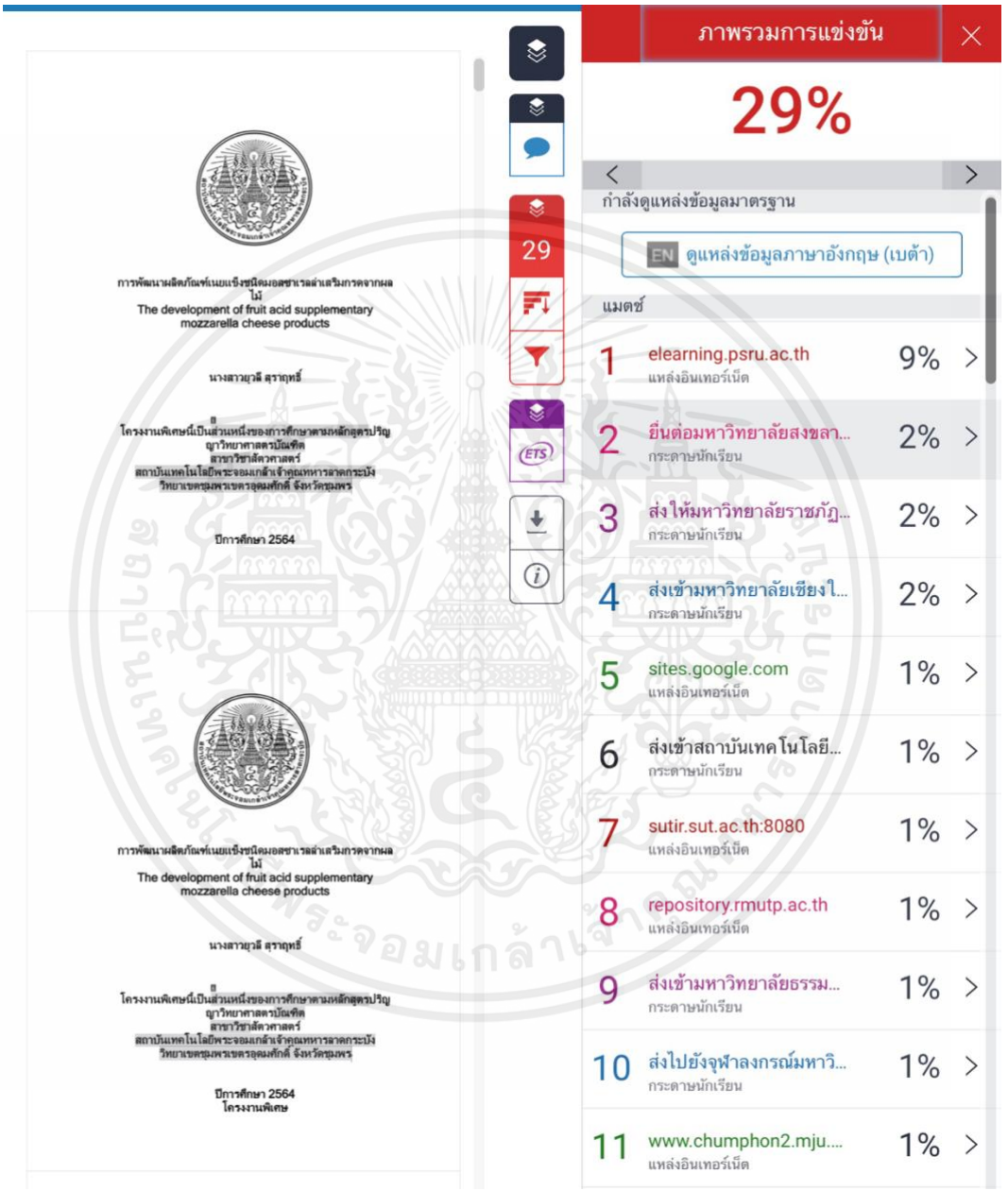
ภาคผนวกที่ ค. 2 การวัดค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

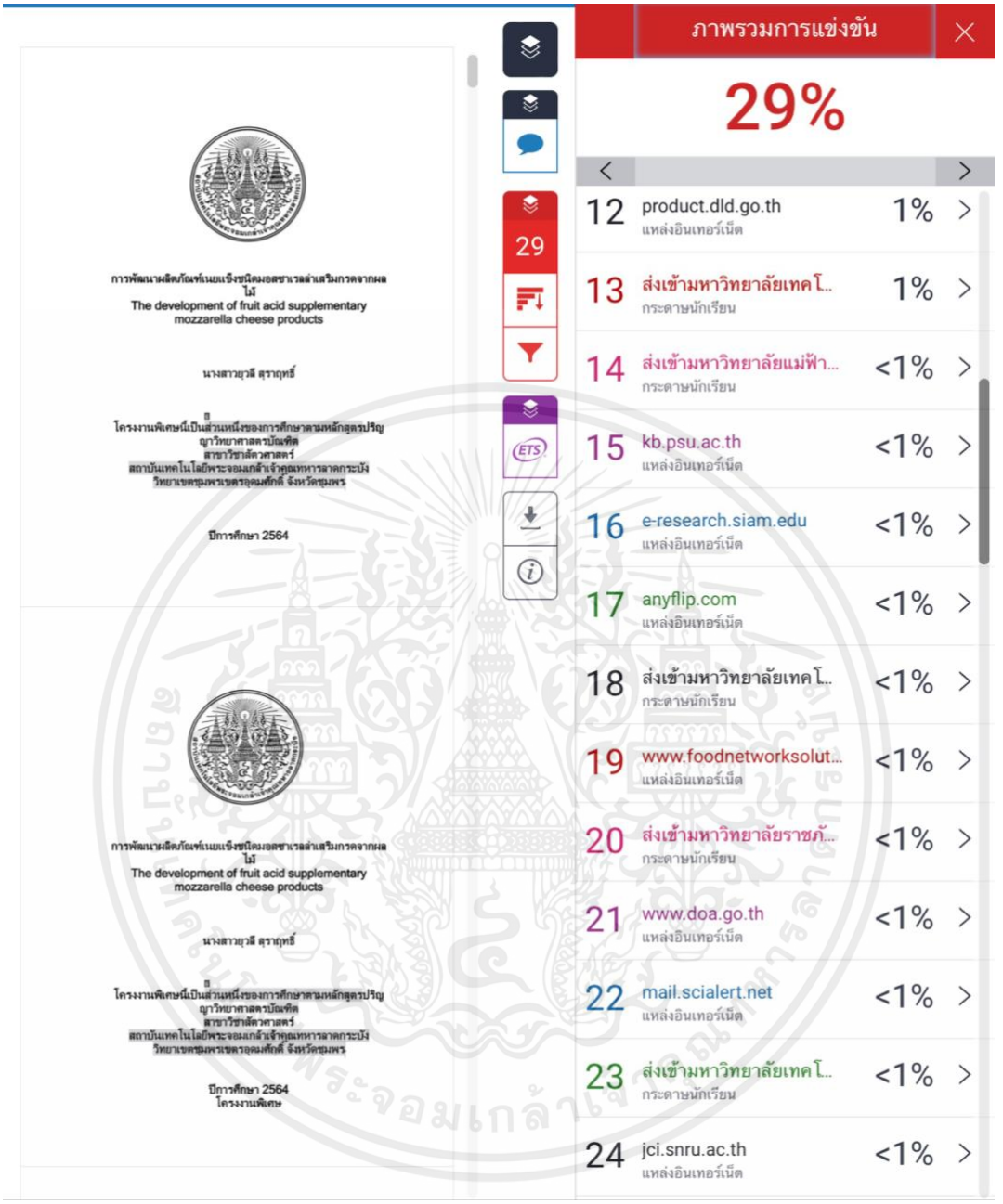
ภาคผนวกที่ ค. 3 การวัดค่าสี (L* a* b*) ของผลิตภัณฑ์เนยแข็งชนิดมอสซาเรลล่าเสริมกรดจากส้มจี๊ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

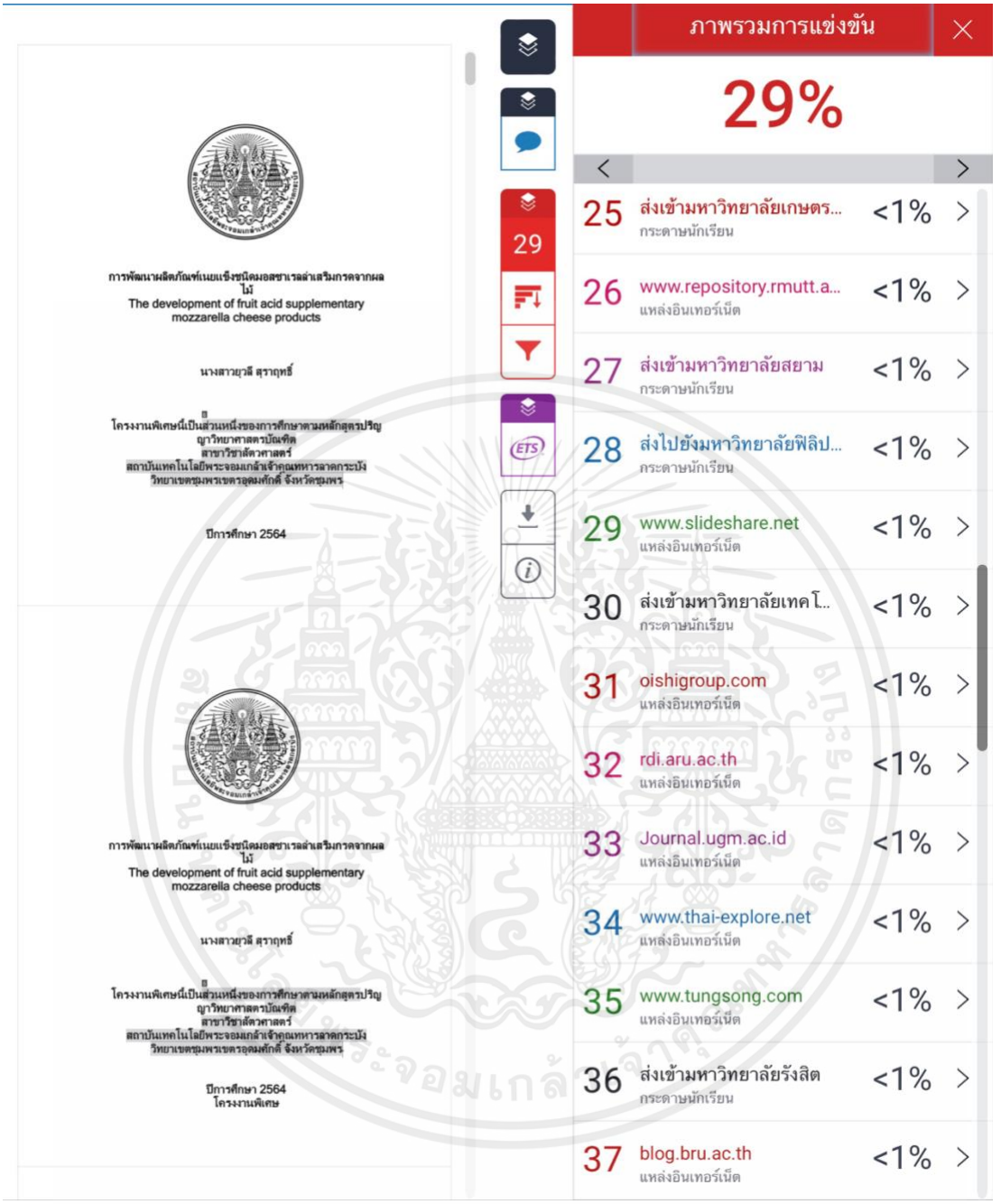
ภาคผนวก ง
การตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการด้วยระบบ Turnitin



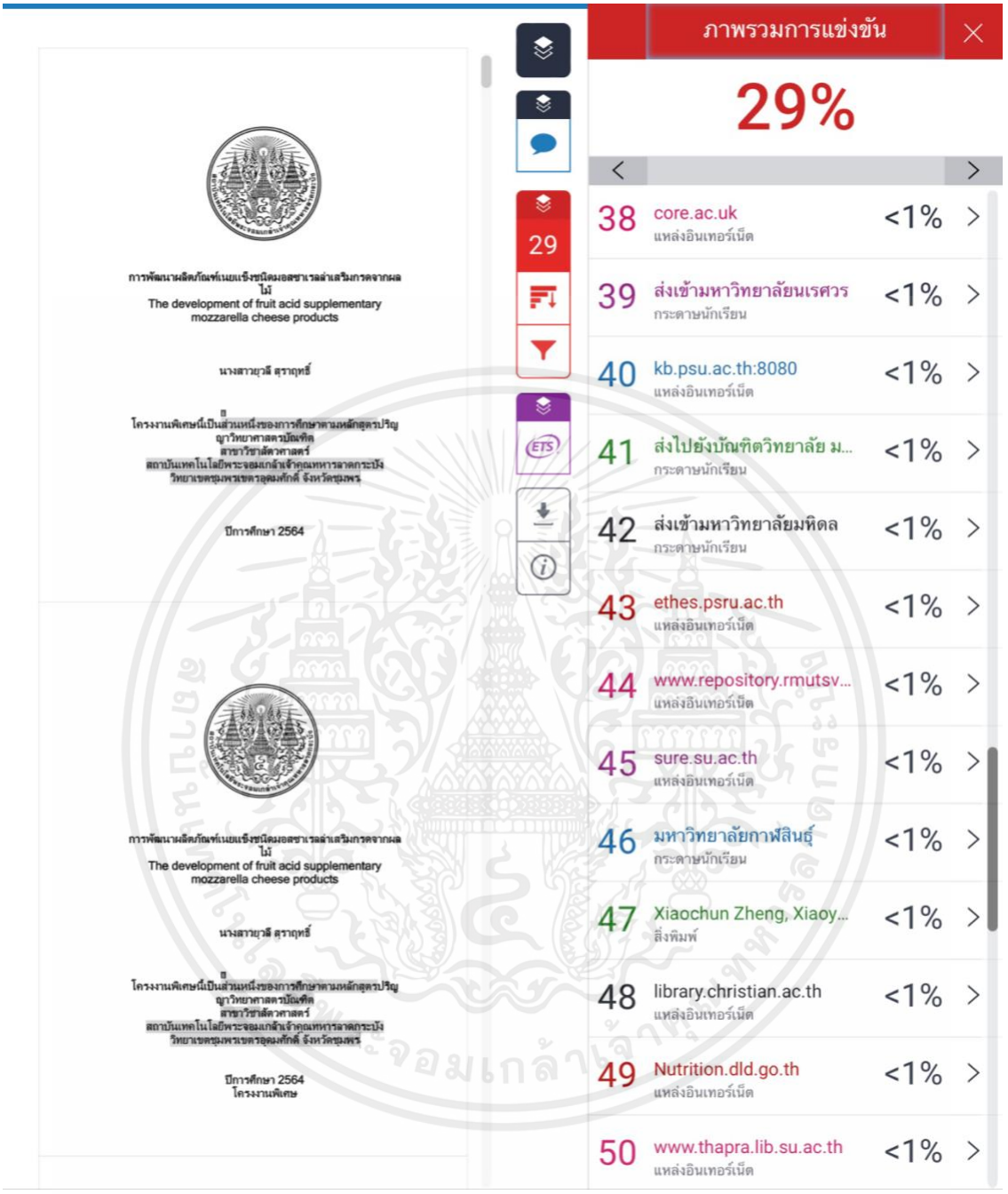
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



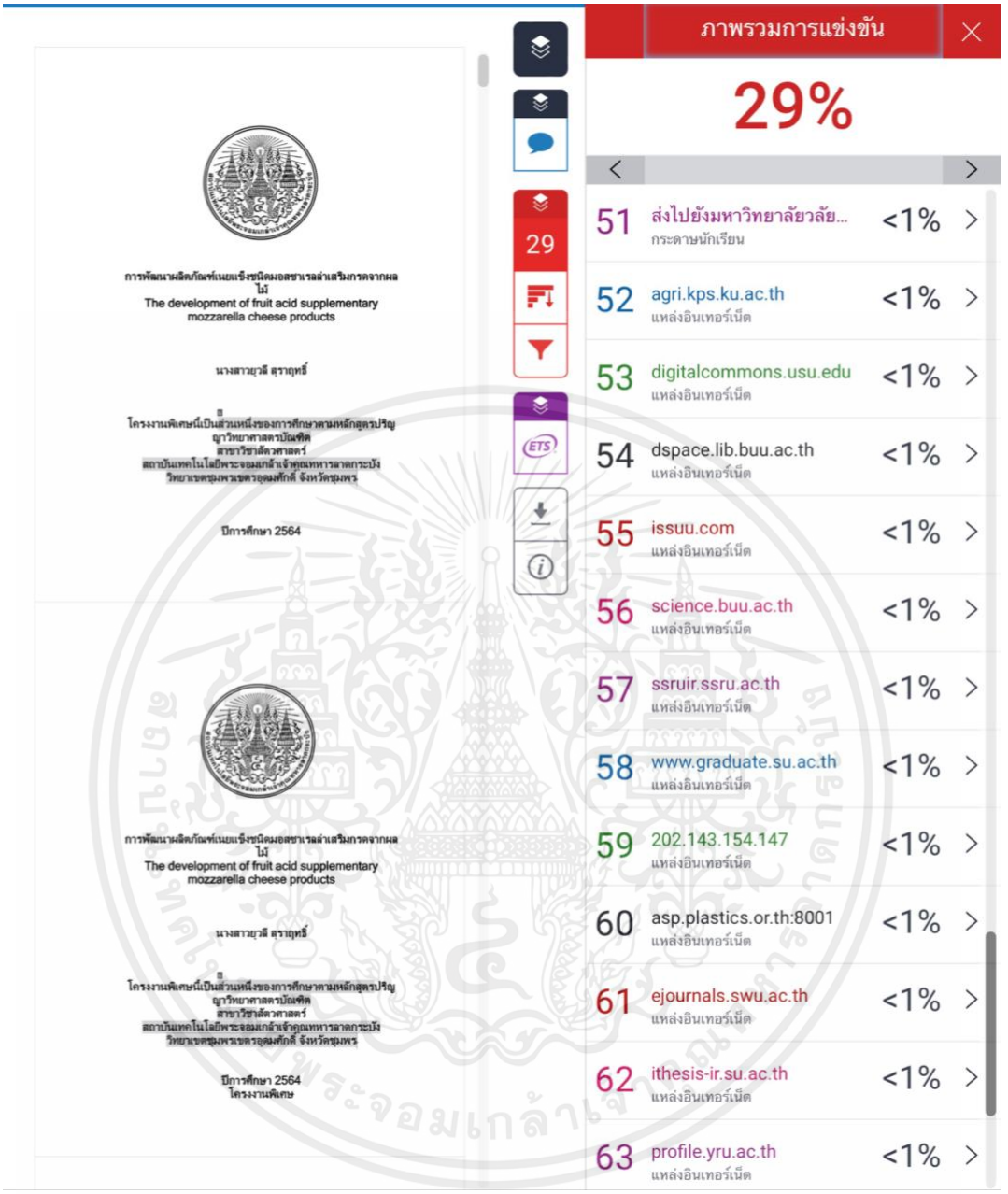
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



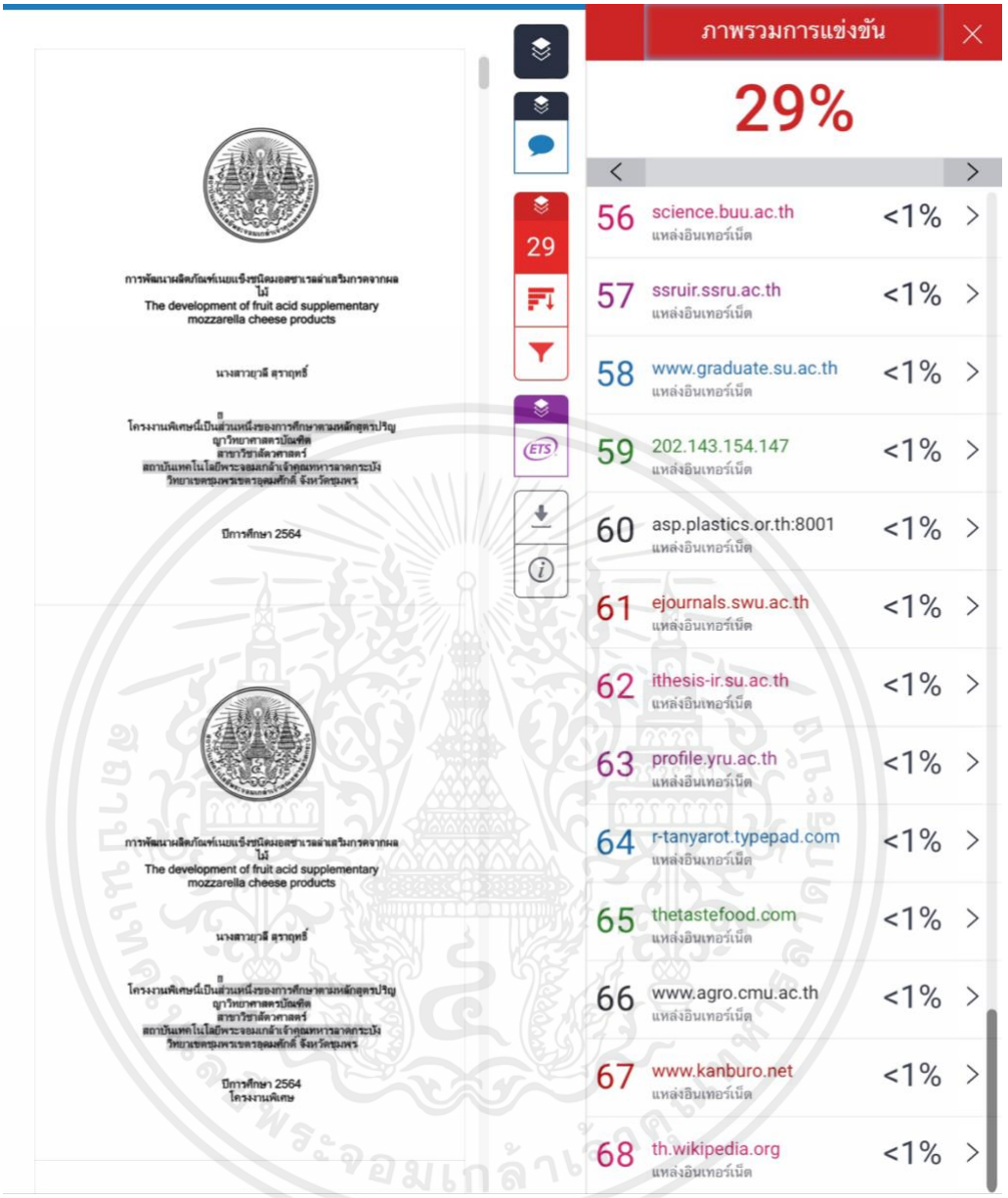
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้