

ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตในธุรกิจขนาดเล็ก
Study on Quality and Shelf Life of Mozzarella Cheese Made in Small Scale Enterprise

บุศรินทร์ ชนะคช^{1*} สุกัญญา วิชชุกิจ³ และศศิธร นาคทอง^{1,2}
Bussarin Chanakot¹ Sukunya Wichchukit³ and Sasitorn Nakthong^{1,2}

Received: January 10, 2022

Revised: March 4, 2022

Accepted: March 9, 2022

Abstract: The objective of this experiment was to study the physicochemical quality, sensory test, and shelf life of mozzarella cheese made from cow milk in a small-scale enterprise. Full fat cow milk was used in production process and there were no added additive substances to improve the quality such as cream, calcium chloride, etc. A completely randomized design (CRD) experiment was planned. The experimental groups were divided into 5 groups according to shelf life at 0, 7, 14, 21 and 28 days, respectively, at 4 °C. The results showed that the percentage of moisture on day 28 was the lowest at 38.12 %, a statistically significant decrease over shelf life ($p < 0.05$). The pH value (pH) on day 0 had the highest value of 6.61 ($p < 0.05$). The free water value (a_w) on day 28 had the highest value of 0.96 ($p < 0.05$). Day 28 of storage had the highest fat percentage of 22.75 %, with a statistically significant increase in percentage ($p < 0.05$). For the sensory evaluation, there was no statistically significant difference in appearance, body and texture, odor and flavor, and overall satisfaction scores ($p > 0.05$) throughout 28 days of storage.

Keywords: mozzarella cheese, physicochemical properties, sensory test, shelf life

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ-เคมี การทดสอบทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของมอสซาเรลล่าชีสจากนํ้านมโคที่ผลิตแบบไม่ซับซ้อนในธุรกิจขนาดเล็กสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย โดยใช้นํ้านมโคดิบไขมันเต็มในการผลิตและไม่เติมสารใด ๆ เพิ่มเติมในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น ครีม แคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 5 กลุ่ม ตามอายุการเก็บรักษาวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นในวันที่ 28 มีค่าต่ำสุดที่ 38.12 เปอร์เซ็นต์ซึ่งค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ($p < 0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในวันที่ 0 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 6.61 ($p < 0.05$) ค่านํ้าอิสระ (a_w) ในวันที่ 28 มีค่าสูงสุดคือ 0.96 ($p < 0.05$) และวันที่ 28 ของการเก็บรักษามีเปอร์เซ็นต์ไขมัน

¹ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

² โครงการจัดตั้งภาควิชานวัตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Food Safety Innovation, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

³ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Food Engineer, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: bussarinchanakot@gmail.com

สูงสุดที่ 22.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และคะแนนความพึงพอใจโดยรวม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดเก็บรักษา 28 วัน

คำสำคัญ: มอสซาเรลล่าชีส คุณภาพทางกายภาพ-เคมี การทดสอบทางประสาทสัมผัส อายุการเก็บรักษา

คำนำ

ในสถานการณ์ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากนํ้านมเพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นนมสดพาสเจอร์ไรส์ ไอศกรีมโยเกิร์ต เป็นต้น และผลิตภัณฑ์แปรรูปอีกชนิดหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมไม่แพ้กัน คือ มอสซาเรลล่าชีส ซึ่งเป็นเนยแข็งที่ได้จากนํ้านมแพะ นํ้านมวัว นํ้านมควาย หรือนํ้านมจากสัตว์ให้นม สำหรับในประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2559 ตลาดชีสเติบโตขึ้นร้อยละ 6.7 จากปีก่อน เพราะผู้บริโภครุ่นใหม่ให้ความนิยมอาหารตะวันตกมากขึ้น รวมถึงกลุ่มผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในเมืองหรือชาวต่างชาติ เนื่องจากความคุ้นเคยกับชีสและบริโภคชีสเป็นอาหารหลักเช่นกัน (สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2560) ชีสเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์จากนํ้านมที่เกิดจากการตกตะกอนของโปรตีนในนํ้านม ชีสมีหลากหลายประเภทโดยแต่ละประเภทจะมีลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากชนิดของนํ้านมที่แตกต่างกัน (Ma *et al.* 2013) ทั้งนี้ Ahmed *et al.* (2008) กล่าวว่า อุปสงค์ต่อการบริโภคของมอสซาเรลล่าชีสนั้นมีเพิ่มมากขึ้นทั่วโลกในอุตสาหกรรมอาหาร ในปัจจุบันนํ้านมโคเป็นแหล่งนมดิบหลักที่ใช้ผลิตมอสซาเรลล่าชีส และมีผู้ประกอบการรายย่อยหลายคนสนใจผลิตชีสเพื่อเพิ่มมูลค่าให้ธุรกิจนํ้านมและผลิตแบบไม่ซับซ้อน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมอสซาเรลล่าชีสโดยใช้แหล่งนํ้านมดิบที่แตกต่างกันเพื่อพัฒนาคุณภาพชีสยังคงเป็นสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไป บุศรินทร์และคณะ (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับระดับเอนไซม์เรนเนทที่เหมาะสมต่อการผลิตมอสซาเรลล่าชีสจากนํ้านมโคพบว่า ระดับเอนไซม์เรนเนทที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับการใช้เอนไซม์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนํ้านมโค Bhattarai and Acharya (2010) ศึกษาการปรับปรุงและพัฒนาออสซาเรลล่าชีสจากแหล่ง

นํ้านมดิบที่แตกต่างกัน พบว่าสามารถพัฒนาและยกระดับเกษตรกรและอุตสาหกรรมในการผลิตมอสซาเรลล่าชีสโดยอิงมาตรฐานมอสซาเรลล่าชีสจากนํ้านมควายเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การผลิตมอสซาเรลล่าชีสสามารถเพิ่มสารปรุงแต่งเข้ามาเพื่อเพิ่มผลผลิตหรือเพื่อเพิ่มรสชาติ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ คาร์บอนไดออกไซด์ สตาร์ทเตอร์ (starter cultures) และเอนไซม์ประเภทโคโมซินที่นิยมคือ เอนไซม์เรนเนท (Bylund, 1995) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาคุณภาพของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตโดยใช้นํ้านมโคดิบ โดยเติมเอนไซม์เรนเนท โยเกิร์ต และนํ้าส้มสายชู เพื่อสร้างกรดและกลิ่น และติดตามคุณภาพของมอสซาเรลล่าชีสตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน การศึกษาวิจัยนี้จะไม่ใช้กระบวนการผลิตที่ซับซ้อนซึ่งจะเหมาะสมสำหรับธุรกิจขนาดเล็กในการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการผลิตมอสซาเรลล่าชีส

นํ้านมโคไขมันเต็ม อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส จากฟาร์มโคนม ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ปริมาณ 50 กิโลกรัม เติมเอนไซม์เรนเนทที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ เติมนํ้าส้มสายชูความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (distilled vinegar 5% acidity) ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณนํ้านม และเติมโยเกิร์ตธรรมชาติ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ผสมให้เข้ากัน เติมอุณหภูมิ นํ้านมให้ได้ 30 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของบุศรินทร์ และคณะ (2563) จากนั้นเก็บรักษาโดยแช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ และบรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และเก็บข้อมูลคุณภาพกายภาพ-เคมีในวันที่ 0, 7, 14,

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ-เคมี

นำตัวอย่างมอสซาแรลล่าชีสในแต่ละกลุ่มทดลอง ศึกษาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture percentage) ด้วยวิธี air oven method (A.O.A.C., 2000) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ pH Meter ยี่ห้อ Testo รุ่น 205 ประเทศเยอรมัน ค่าน้ำอิสระ (water activity: a_w) โดยเครื่อง Novasina ยี่ห้อ LabMASTER ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ตามวิธีการของ Kingchaiyaphum and Rachtanapun (2012) และเปอร์เซ็นต์ไขมัน (fat percentage) ด้วยวิธี van-Gulik โดยใช้ Gerber butyrometer (A.O.A.C., 2000) ทำทั้งหมด 10 ซ้ำ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝน (trained panelist) จำนวน 10 คน ทำการทดสอบคุณลักษณะแบบพรรณนา (descriptive sensory) ให้ระดับคะแนน 1-9 คะแนน โดย 9 = มาก และ 1 = น้อย โดยมีการอธิบายความหมายของแต่ละด้านการทดสอบ ดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส (appearance and texture) ได้แก่ คุณลักษณะด้านผิวเรียบ (smooth) ความแน่น (firm) ความยืดหยุ่น (elastic) ค่าเกาะรวมตัว (cohesive) ลักษณะยาง (rubbery) ความฉ่ำ (juicy) ลักษณะความมันที่ริมฝีปาก (slippery) ลักษณะเส้นผอย (flaky) ด้านกลิ่นรสและรสชาติ (odor and flavor) ได้แก่ กลิ่นเนย (butter odor) กลิ่นนม (milk odor) กลิ่นโยเกิร์ต (yogurt odor) ความเป็นกรด (acid) รสเค็ม (salty) รสหวาน (sweet) รสเปรี้ยว (sour) และรสขม (bitter) และด้านความพึงพอใจโดยรวม (overall satisfaction)

การวางแผนการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วย Duncan's new multiple range-test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.10.1 (ซูศักดิ์, 2555) ซึ่งมีแบบหุ่นจำลองทางสถิติ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

โดยที่ $i = 0, 2, 3, 4, 5$

$j = 1, 2, \dots, 10$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของวันที่ศึกษาที่ $i = 0, 7, 14, 21$ และ 28 วัน

ϵ_{ij} = ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ผลการทดลองและวิจารณ์

ภาพรวมของการผลิตมอสซาแรลล่าชีสจากน้ำนมโคในการทดลองมีความแตกต่างจากอุตสาหกรรมการผลิตมอสซาแรลล่าชีสทั่วไป คือ ในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เน้นขั้นตอนการเตรียมน้ำนมดิบก่อนกระบวนการผลิตมอสซาแรลล่าชีส คือ มีการปรับมาตรฐานไขมันให้อยู่ในช่วง 3-5 เปอร์เซ็นต์และมีการพาสเจอร์ไรส์น้ำนมดิบก่อนเริ่มกระบวนการผลิตมอสซาแรลล่าชีส (Singh *et al.*, 2014) ในกระบวนการผลิตนอกจากมีการเติมเอนไซม์เรนเนทแล้วยังมีการเติมน้ำเวย์ที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงที่ 2,000 รอบนาที เป็นเวลา 5 นาที ความเข้มข้นที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (El-Tahra *et al.*, 2008) อีกทั้งยังมีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟต (Bylund, 1995) เพื่อเป็นการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ผลผลิตและคุณภาพของมอสซาแรลล่าชีสในด้านของกลิ่นและรสชาติ แต่ในการทดลองนี้มุ่งเน้นการผลิตเพื่อผู้ประกอบการขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนแต่ได้ผลผลิตมอสซาแรลล่าชีสเช่นเดียวกัน ดังนั้นในขั้นตอนการผลิตของการทดลองนี้ พบว่าเมื่อนำเคิร์ดของน้ำนมโคไปนวดในน้ำเวย์ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จะใช้มีดหั่นเคิร์ดให้มีลักษณะเป็นลูกเต๋าเพื่อให้ น้ำเวย์ที่อยู่ภายในเคิร์ดไหลออกมามากที่สุด ซึ่งก่อนการนวดเคิร์ดต้องกรองแยกกระหว่างเคิร์ดและน้ำเวย์ ดัง (Figure 1) ตามรูป A คือรูปของเคิร์ดหลังจากกรองน้ำเวย์ออกจนหมด ก่อนที่จะนวดเคิร์ดให้กลายเป็นก้อนมอสซาแรลล่าชีส และรูป B คือมอสซาแรลล่าชีสที่ได้หลังจากการนวดเคิร์ดด้วยน้ำเวย์จนรวมกันเป็นก้อนและมีคุณสมบัติเป็นมอสซาแรลล่าชีส

มอสซาเรลล่าชีสที่ดีหมายถึงเมื่อนวดเคิร์ดจนรวมเป็นเนื้อเดียวกันจะมีลักษณะผิวเรียบ เนื้อเนียน สีขาว ไม่มีโพรงอากาศ ลักษณะเนื้อสัมผัส (body and texture) แน่นแต่ก็เหนียวแข็ง มีกลิ่นหอมนม มีรสและรสชาติ (odor and flavor) ที่อ่อน (mild) สามารถยืดได้เมื่อโดนความร้อน โดยยืดออกในแนวขนานได้และไม่

ฉีกขาดง่าย (CODEX STAN 262-2006) มีค่าความชื้นไม่ต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่เกิน 52 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.1 ถึง 5.4 และเปอร์เซ็นต์ไขมันไม่ต่ำกว่า 45 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่เกิน 52 เปอร์เซ็นต์ (USDA, 2016)



Figure 1 (A) Small pieces of cubic curd see the separated from whey (B) Mozzarella cheese after kneading

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพ-เคมี

จาก (Table 1) แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโคดิบ ภายหลังจากเก็บรักษาในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 มีค่าสูงสุดในวันที่ 7 อาจเนื่องมาจากมอสซาเรลล่าชีสได้เก็บรักษาอยู่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์และมีความอืดตัวของน้ำจากกระบวนการผลิตอยู่บ้าง เมื่อนำมาเก็บรักษานานขึ้นมากกว่า 7 วันอาจเริ่มเกิดกระบวนการออสโมซิส (osmosis) ขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มลดลงจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Dai *et al.* (2018) ที่ศึกษาลักษณะกายภาพ-เคมีในมอสซาเรลล่าชีสที่แตกต่างกันโดยปริมาณไขมันในน้ำนมโดยศึกษาในวันที่ 0, 7, 14, 21 และวันที่ 28 พบว่าในมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมไขมันต่ำวันที่ 7 ค่าความชื้นสูงสุด และค่าความชื้นลดลงตามลำดับในวันที่ศึกษา และสอดคล้องกับการศึกษาของ Guven *et al.* (2008) ที่ได้ศึกษาถึงอิทธิพลความเข้มข้นของเอนไซม์เรนเนตต่อคุณสมบัติของฮาลูมมิชีส (halloumi cheese) ผลิตจากน้ำนมโคดิบ โดยศึกษา

ในวันที่ต่างกันคือ วันที่ 1, 15, 30, 45 และวันที่ 60 วันของการเก็บรักษา พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของชีสในวันที่ 1 มีค่า 47.76 เปอร์เซ็นต์ และวันที่ 60 มีค่า 47.71 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจากว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทำให้น้ำภายในชีสระเหย ความชื้นจึงลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับ Suleiman *et al.* (2012) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของมอสซาเรลล่าชีสและผลกระทบจากการเก็บรักษา ศึกษาจากมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโค น้ำนมแพะ และน้ำนมโคผสมน้ำนมแพะที่อัตราส่วน 1:1 เก็บรักษาในวันที่ 0, 15 และ 30 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นของมอสซาเรลล่าชีสจากน้ำนมโคในวันที่ 1 มีค่าเท่ากับ 49.86 เปอร์เซ็นต์ และในวันที่ 30 คือ 47.86 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลของความ เป็นกรด-ด่าง (pH) ของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโค พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน (Table 1) โดยมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นเมื่ออายุการ

เก็บรักษานานขึ้น ต่างจากการศึกษาของ Guven *et al.* (2008) ที่ได้ศึกษาถึงอิทธิพลความเข้มข้นของเอนไซม์เรนเนทต่อคุณสมบัติของฮาลูมมิชีส (Halloumi cheese) ซึ่งผลิตจากน้ำนมโคดิบ และใช้ระดับเอนไซม์เรนเนทที่แตกต่างกัน และศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 1, 14, 30, 45 และ 60 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของฮาลูมมิชีสที่ระดับเอนไซม์เรนเนทที่ 0.025 เปอร์เซ็นต์ลดลงจากวันที่ 1 ถึง 60 คือ 6.54 และ 6.45 ตามลำดับ ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และสอดคล้องกับการทดลองของ El-Tahra *et al.* (2008) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีในมอสซาเรลล่าชีสจากนมแพะโดยการเพิ่มโปรตีนจากเวย์ พบว่าจากวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงตามลำดับดังนี้ 5.43, 5.36, 5.30, 5.25 และ 5.19 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาค่าน้ำอึสระ (a) ในมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโค พบว่าค่าน้ำอึสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน (Table 1) สอดคล้องกับทดลองของ Dai *et al.* (2018) ที่ศึกษาลักษณะกายภาพ-เคมี ในมอสซาเรลล่าชีสที่แตกต่างกันโดยปริมาณไขมันโดยศึกษาในวันที่ 0, 7, 14, 21 และวันที่ 28 กล่าวว่า ค่าน้ำอึสระของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมไขมันเต็มที่มีค่าน้ำอึสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีอายุการเก็บรักษาของมอสซาเรลล่าชีสที่นานขึ้น ($p < 0.05$) แต่ไม่สอดคล้องกับ Fangmeier *et al.* (2019) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากชนิดของน้ำนมที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติของครีมชีส โดยทำการศึกษาในกลุ่มทดลองที่แตกต่างกันโดยชนิดนม คือ นมโค นมแพะ และนมควาย โดยวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี ชีวภาพ วิเคราะห์ค่าในวันที่ 1 และ วันที่ 28 ของการเก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 1 มี ค่าน้ำอึสระอยู่

ระหว่าง 0.90–0.95 และในวันที่ 28 มีค่าระหว่าง 0.90–0.94 ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากอายุการเก็บรักษาของชีสส่งผลต่อค่าน้ำอึสระและค่าความชื้น โดยเมื่อน้ำระเหยออกทำให้ความชื้นลด ค่าน้ำอึสระภายในชีสจึงลดลงตามอายุการเก็บรักษา มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชีส รวมไปถึงการบ่มในน้ำเกลือซึ่งส่งผลต่อค่าน้ำอึสระภายในชีส เนื่องจากความชื้นที่ลดลงอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของโซเดียมคลอไรด์ พาราเคซีน ซึ่งทำให้ทั้งเวย์ขับออกและความชื้นลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่าน้ำอึสระสูงขึ้น (McMahon *et al.*, 2009)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาค่าน้ำอึสระในไขมันในมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโค พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน (Table 1) เนื่องจากสัดส่วนของน้ำในชีสลดลงจากการระเหยตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ไขมันมีสัดส่วนที่สูงขึ้น โดยสอดคล้องกับ Guven *et al.* (2008) ที่ได้ศึกษาถึงอิทธิพลความเข้มข้นของเอนไซม์เรนเนทต่อคุณสมบัติของฮาลูมมิชีส (Halloumi cheese) โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพในวันที่ 1, 14, 30, 45 และ 60 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพราะระหว่างการบ่มของชีสส่งผลให้ความชื้นและน้ำภายในชีสลดลง และสอดคล้องกับ Sanchez-Macias *et al.* (2012) วิเคราะห์ชีสสดไขมันเต็ม และไขมันต่ำ ที่ผลิตจากนมแพะ ทำการบ่มชีสเป็นระยะเวลา 28 วัน วิเคราะห์ลักษณะคุณภาพทางกายภาพ-เคมี ในอายุการเก็บรักษาวันที่ 1, 7, 14, และ 28 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้นจากวันที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.48 เปอร์เซ็นต์ และวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 28.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนชีสจากนมไขมันต่ำมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในวันที่ 1 เท่ากับ 9.38 เปอร์เซ็นต์ และวันที่ 28 เท่ากับ 13.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 Physicochemical properties of mozzarella cheese from cow milk at 0, 7, 14, 21, and 28 days of storage.

Storage (day)	Parameters			
	Moisture (%)	pH	aw	Fat (%)
0	45.51 ^b ± 2.12	6.61 ^a ± 0.07	0.90 ^e ± 0.01	15.95 ^d ± 1.54
7	51.81 ^a ± 2.91	5.78 ^c ± 0.10	0.91 ^d ± 0.01	18.10 ^c ± 1.05
14	45.51 ^b ± 1.84	5.97 ^b ± 0.04	0.93 ^c ± 0.01	18.70 ^c ± 0.71
21	40.05 ^c ± 3.27	5.93 ^b ± 0.05	0.94 ^b ± 0.01	20.20 ^b ± 0.59
28	38.12 ^c ± 3.39	5.97 ^b ± 0.05	0.96 ^a ± 0.01	22.75 ^a ± 2.28
P-Value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Note ^{a, b, c} Superscripts with different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน ใช้ระดับคะแนน 1–9 คะแนน โดย 9 = มาก และ 1 = น้อย โดยมีลักษณะที่ทดสอบดังนี้ ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะกลิ่นรสและรสชาติ และความพึงพอใจโดยรวม โดยลักษณะปรากฏ หมายถึงลักษณะของผิวหน้าของมอสซาเรลล่าชีสที่เป็นผิวเรียบและไม่มีโพรงอากาศ และทุกค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าความเรียบเนียน (smooth) ค่าความแน่น (firm) ค่าความยืดหยุ่น (elastic) ค่าลักษณะเส้น (flaky) ค่าเกาะรวมตัว (cohesive) ค่าความฉ่ำ (juicy) ค่าความมันบริเวณริมฝีปาก (slippery) และคะแนนลักษณะคล้ายยาง (rubbery) ดัดแปลงจาก Pagliarini *et al.* (1997) ซึ่งผลการทดสอบดังแสดงใน (Table 2) จะเห็นได้ว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับปาน

กลาง ถึงแม้อายุการเก็บรักษาของชีสผ่านไป 28 วัน ซึ่งคะแนนที่ได้นั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับ Brown *et al.* (2003) ศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของชีสสดในอุตสาหกรรมจากยี่ห้อทางการค้าที่ต่างกันในวันที่ 4, 10, 17 และ 38 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าลักษณะปรากฏของชีสสด มีคะแนนการประเมินที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ไม่สอดคล้องกับ Sameem *et al.* (2008) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพของมอสซาเรลล่าชีสจากแหล่งน้ำนมดิบที่แตกต่างกันคือ นมควาย นมโค และนมควายผสมนมโคอัตราส่วน 1:1 โดยให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน คะแนนด้วยวิธี 9 point hedonic ทดสอบในวันที่ 2, 16, 31, 45 และ 60 วัน พบว่าวันที่ 2 มีคะแนนเท่ากับ 6.76 และวันที่ 60 มีคะแนนเท่ากับ 7.62 โดยคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คะแนนดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มมากขึ้น

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความพึงพอใจโดยรวม

คะแนนความพึงพอใจโดยรวมของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากน้ำนมโคพบว่า คะแนนความพึงพอใจโดยรวมเป็นคะแนนในช่วง 4.16-5.33 เป็นคะแนนระดับปานกลาง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แม้ระยะเวลาผ่านไปแล้ว 28 วัน เนื่องจากการพัฒนาคุณสมบัติรสกลิ่นและรสชาติของชีสเป็นผลโดยตรงจากอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เพราะในระหว่างการเก็บรักษา ชีสจะเกิดการบ่มซึ่งส่งผลต่อรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของชีสโดยตรง (Smit *et al.*, 2005) โดยสอดคล้องกับ Papetti and Carelli (2013) ที่ศึกษาคุณภาพขององค์ประกอบและการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่มีผลกระทบบกจากระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยศึกษาจากชีสที่

ผลิตจากน้ำนมควาย ในระยะเวลาที่ต่างกัน คือ เดือนที่ 0, 3, 6 และ 9 จากผู้ทดสอบ 12 คน ให้คะแนน 0-10 พบว่าความพึงพอใจโดยรวมของชีสที่ในเดือนที่ 0 มีคะแนนเท่ากับ 5.01 และในเดือนที่ 9 มีคะแนนเท่ากับ 5.9 โดยให้คะแนนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่ไม่สอดคล้องกับ Sameen *et al.* (2008) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพของมอสซาเรลล่าชีสจากแหล่งน้ำนมดิบที่แตกต่างกัน คือ นมควา นมโค และนมควายผสมนมโคอัตราส่วน 1:1 ซึ่งทำ การวิเคราะห์ในวันที่แตกต่างกัน ในวันที่ 2, 16, 31, 45 และ 60 พบว่า มอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมโคมีคะแนนความพึงพอใจโดยรวมในวันที่ 2 เท่ากับ 6.67 และในวันที่ 60 ได้รับคะแนน 7.61 ซึ่งคะแนนความพึงพอใจโดยรวมนี้เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับระยะเวลาของอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Table 4 Overall satisfaction score of Mozzarella cheese at 0, 7, 14, 21, and 28 days of storage.

Storage (day)	Overall satisfaction (score)
0	4.33 ± 1.63
7	4.16 ± 1.60
14	5.33 ± 1.37
21	4.83 ± 1.47
28	4.83 ± 0.75
P-Value	>0.05

สรุป

คุณภาพทางกายภาพ-เคมี ของมอสซาเรลล่าชีสที่ผลิตจากนมโค เมื่อระยะเวลาเก็บผ่านไป 28 วัน ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าน้ำอิสระ (a_w) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เปอร์เซ็นต์ไขมัน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนที่ใกล้เคียงกันในระดับปานกลาง ดังนั้นวิธีการผลิตมอสซาเรลล่าชีสดังที่ทำการทดลองนี้เมื่อเก็บมอสซาเรลล่าชีสไว้ถึง 28 วัน แม้ชีสจะมีคุณภาพกายภาพ-เคมีที่เปลี่ยนแปลงไป แต่ชีสก็ยังมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนการวิจัยทุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R" พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 335 หน้า.
- บุศรินทร์ ชนะคช. สุเจตน์ ชื่นชม และ ศศิธร นาคทอง. 2563. การศึกษาระดับเอนไซม์เรนเนท

- ที่เหมาะสมต่อการผลิตมอสซาเรลล่าชีสจากน้ำนมโคและน้ำนมแพะ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(2): 81-86.
- สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2560. ตลาดชีสในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=134> (2 มีนาคม 2564).
- Ahmed, S., I. Gaucher, F. Rousseau, E. Beaucher, M. Piot, J.F. Grongnet and F. Gaucheron. 2008. Effects of acidification on physic-chemical characteristics of buffalo milk, a comparison with cow's milk. *Food Chemistry* 106: 11-17.
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, The United States of America.
- Bhattacharai, R.R and P.P. Acharya. 2010. Preparation and quality evaluation of mozzarella cheese from different milk sources. *Journal of Food Science and Technology Nepal* 6: 94-101.
- Brown, J. A., E. A. Foegeding, C. R. Daubert, M. A. Drake and M. Gumpertz. 2003. Relationships among rheological and sensorial properties of young cheese. *Journal of Dairy Science* 86: 3054-3067.
- Bylund, G. 1995. Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems ABS, Lund. Sweden. 436 p.
- Dai, S., F. Jiang, H. Corke and N.P. Shah. 2018. Physicochemical and textural properties of mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. *Food Research International* 107: 691-699.
- El-Tahra, M., A. Ammar, M. M. Ismail and R. I. El-Metwally. 2008. Effect of adding CaCl₂ or whey protein to cow's milk on Mozzarella cheese properties. pp.1-17. *In: Conference: The 4th Arab Mansoura Conference of Food and Dairy Science & Technology. Faculty of Agriculture, Mansoura University, Egypt.*
- Fangmeier, M., G.T. Kemerich, B.L. Machado, M. J. Maciel and C.F. Volken de Souza. 2019. Effects of cow, goat, and buffalo milk on the characteristics of cream cheese with whey retention. *Food Science and Technology* 39: 122-128.
- CODEX Alimentarius International Food Standards. 2006. Standard for mozzarella cheese 262-2006. SEARCA professorial chair paper. Food and Agriculture organization of the United Nation. The United States of America. 9 p.
- Güven, M., C. Cadun, O.B. Karaca and A. A. Hayaloglu. 2008. Influence of rennet concentration on ripening characteristics of halloumi cheese. *Journal of Food Biochemistry* 32(5): 615-627.
- Kingchaiyaphum, W. and C. Rachtanapun. 2012. Antimicrobial and antioxidative active of essential oils in Chinese sausage (Kun-Chiang). *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5(2): 156-162.
- Ma, X., B. James, M.O. Balaban, L. Zhang and E. A.C. Emanuelsson-Patterson. 2013. Quantifying blistering and browning properties of mozzarella cheese. Part II: Cheese with different salt and moisture contents. *Food Research International* 54(1): 917-921.

- McMahon, D.J., M.M., Motawee and W.R, McManus. 2009. Influence of brine concentration and temperature on composition, microstructure, and yield of feta cheese. *Journal of Dairy Science* 92: 4169–4179.
- Pagliarini, E., E. Monteleone and I. Wakeling. 1997. Sensory profile description of mozzarella cheese and its relationship with consumer preference. *Journal of Sensory Studies* 12(4): 285-301.
- Papetti, P. and A.Carelli. 2013. Composition and sensory analysis for quality evaluation of a typical Italian cheese: Influence of ripening period. *Czech Journal of Food Sciences* 31(5): 438-444.
- Sameen, A., F.M. Anjum, N. Huma and H. Nawaz. 2008. Quality evaluation of mozzarella cheese from different milk sources. *Pakistan Journal of Nutrition* 7(6): 753-756.
- Sanchez-Macias, D., I. Moreno-Indias, S. Alvarez, M. Clevelan, N. Castro, A. Arguello and M. del Rosario Fresno. 2012. Sensory analysis of full -, reduced- and low-fat cheese elaborated with raw goat milk. *Journal of Applied Animal Research* 40(2): 124-132.
- Singh, M.P., S.K. Kanawjia., A. Giri and Y. Khetra. 2014. Effect of temperature and microcrystalline cellulose on moisture sorption characteristics of shredded mozzarella cheese. *Journal of Food Processing and Preservation* 39(5): 521-529.
- Smit, G., B. A. Smit, J. M. Wim and J. M. Engels. 2005. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavor profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews* 29(3): 591-610.
- Sulieman, E., A. Rasha, M. ALi, A. Kamal and A. Abdel Razig. 2012. Production and effect of storage in the chemical composition of mozzarella cheese. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 2(3): 21-26.
- USDA. 2016. Commodity Requirements Document Mozzarella Cheese for Use in Domestic Programs. The United States Department of Agriculture, The United States of America.