

ปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพต่อคุณลักษณะ เนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสจากน้ำนมแพะ

Physical and Biological Factors on Textural Characteristics of Feta Cheese from Goat Milk

โบว์ ถิ่นโพธิ์วงศ์ กฤษณะ ศรีวิลัย รุ่งทิวา ประสงค์ทรัพย์
มาลัยพร วงศ์แก้ว และ เอกรินทร์ อินประมูล*
Bow Tinpovong, Kritsana Sriwilai, Rungthiwa Prasongsap,
Malaiporn Wongkaew and Aekarin Inpramoon*

สาขาวิชาการผลิตและนวัตกรรมอาหาร วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ. เชียงใหม่ 50220

*Food Production and Innovation Program, College of Integrated Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai 50220, Thailand*

**Corresponding author: Email: aeengineer@mutl.ac.th*

(Received: 28 February 2022; Accepted: 9 July 2022)

Abstract: The Mae Ta Nuea Royal Project Development Center has enhanced the value of goat milk by processing it into Feta cheese, which is one of the functional products. Feta cheese is brined white soft cheeses made from goat and sheep's milk, but other types of milk are currently used, including cow and buffalo milk. This research aimed to determine the commercial bacteria and rennet enzyme contents for Feta cheese production using goat milk to compare quality with commercial Feta cheese. The design of experiment using a 3 x 2 factorial in a completely randomized design was used. In addition, the influence of stirring time on Feta cheese yields was also investigated. The texture profiles of all six treatments with commercial lactic acid bacteria (0.0010, 0.0015 and 0.0020 % w/w) and rennet enzymes (0.0035 and 0.0040 %w/w) were identical to the texture profile of a commercial Feta cheese. All of the treatments produced Feta cheese with a textural profile identical to that of commercial Feta cheese. The Feta cheese treated with the least bacteria (0.001% w/w) and the most rennet (0.001% w/w) had low hardness, great springiness, and adhesiveness, as well as a texture similar to commercial Feta cheese. Furthermore, the yields of Feta cheese obtained from 20, 30 and 40 minutes of stirring time were 13.50, 12.68 and 12.64, respectively. The longer the stirring time, the lower the yield was obtained because of the breakdown of some fats in the curd proteins. This process can be applied as a Feta cheese processing guideline for farmers and entrepreneurs who are interested in value addition goat milk.

Keywords: Chemometrics, curd stirring, lactic acid bacteria, rennet, soft cheese

บทคัดย่อ: ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือได้เพิ่มมูลค่าน้ำนมแพะโดยแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฟต้าชีส ซึ่งเป็นอาหารฟังก์ชันชนิดหนึ่ง เฟต้าชีสเป็นชีสเนื้อนุ่มสีขาวหมักจากนมแพะและแกะ ซึ่งปัจจุบันได้มีการใช้นมประเภทอื่นด้วย ได้แก่ นมวัว และนมกระบือ งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททาง การค้าที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเฟต้าชีสจากน้ำนมแพะที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับเฟต้าชีสทางการค้าโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ รวมทั้งหาระยะเวลาในการกวนเคิร์ดต่อผลผลิตเฟต้าชีส ซึ่งจาก 6 กรรมวิธี ของปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (ร้อยละ 0.0010, 0.0015 และ 0.0020 โดยน้ำหนัก) และ ปริมาณเอนไซม์เรนเนท (ร้อยละ 0.0035 และ 0.0040 โดยน้ำหนัก) พบว่า เฟต้าชีสที่ผลิตได้จากทุกกรรมวิธีมี คุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงกับเฟต้าชีสทางการค้า โดยเฟต้าชีสที่มีการเติมปริมาณเชื้อแบคทีเรียน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.001 โดยน้ำหนัก) และปริมาณเอนไซม์เรนเนทมากที่สุด (ร้อยละ 0.004 โดยน้ำหนัก) มีลักษณะของเนื้อสัมผัส ของเฟต้าชีสที่มีความแข็งน้อย มีค่าการคั่นตัว และการยี้ดติดที่สูง และมีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับเฟต้าชีส ทางการค้า นอกจากนี้ผลผลิตของเฟต้าชีสที่ได้จากการกวนเคิร์ดที่เวลา 20, 30 และ 40 นาที เท่ากับ ร้อยละ 13.50, 12.68 และ 12.64 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาในการกวนที่นานขึ้นทำให้เกิดการแตกตัวของไขมันในโปรตีน ส่งผลทำให้ได้ผลผลิตที่ลดลง กระบวนการที่ได้จากการการศึกษานี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปเฟต้าชีส ให้แก่กลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการที่สนใจในการสร้างมูลค่าเพิ่มจากนมแพะได้

คำสำคัญ: เคโมเมทริกซ์ การกวนเคิร์ด แลคติกแอซิดแบคทีเรีย เอนเนท ชีสนุ่ม

คำนำ

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ตั้งอยู่ ในอำเภอแม่ฮอน จังหวัดเชียงใหม่ เป็นศูนย์ที่มุ่ง พัฒนาและส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่เลี้ยงแพะนม ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ จาก น้ำนมแพะดิบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์ที่ทางศูนย์ ได้แปรรูป ได้แก่ น้ำนมแพะพาสเจอร์ไรซ์บรรจุขวด โยเกิร์ตน้ำนมแพะ เป็นต้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็น ว่าน้ำนมแพะสามารถนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มได้ในรูปแบบ ของเฟต้าชีส (Feta cheese) เนื่องจาก น้ำนมแพะมี โปรตีนและไขมันที่น้อยกว่านมวัว และคุณค่า ทางโภชนาการใกล้เคียงกับนมวัว (Park *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของน้ำนมอาจผันแปรไปตาม พันธุ์ของแม่แพะ อาหาร ระยะการให้นม และฤดูกาล (Bhosale *et al.*, 2009) นอกจากนี้ เฟต้าชีส เป็นอีก หนึ่งชนิดของชีสที่มีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน สามารถนำไปบริโภคได้หลากหลายรูปแบบ มีราคา จำหน่ายในท้องตลาดค่อนข้างสูง (ประมาณ 750 บาทต่อกิโลกรัม) รวมทั้งสืบเนื่องจากในผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยแลคติกแอซิดแบคทีเรียซึ่งเป็นโพรไบโอติก

เฟต้าชีสจึงถูกจัดเป็นอาหารฟังก์ชันอีกชนิดหนึ่ง (Papadopoulou *et al.*, 2018) เฟต้าชีสจัดเป็นชีสสด ที่สามารถผลิตจากนมแพะหรือนมแกะ ซึ่งผ่าน กระบวนการต่าง ๆ ทำให้โปรตีนในน้ำนมจับตัวเป็น ก้อน และนำไปบ่มตามต้องการ มีลักษณะเนื้อนุ่ม สีขาว และรสชาติเค็มอ่อน ๆ โดยลักษณะเนื้อสัมผัสจะ ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต (การกวน ปริมาณเชื้อแลคติก แอซิดแบคทีเรีย เอนไซม์เรนเนท) และชนิดของนมที่ ใช้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งเนื้อสัมผัสถือเป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติ ที่สำคัญของเฟต้าชีสที่เกิดจากกระบวนการตกตะกอน ของโปรตีนน้ำนมวัวระหว่างเอนไซม์เรนเนทกับแลคติก แอซิดแบคทีเรีย จากงานวิจัยของ Kumar *et al.* (2014) พบว่า ค่าความแข็งมีค่าสูงสุดเมื่อเติมเชื้อแลคติกแอซิด แบคทีเรียเริ่มต้นที่ร้อยละ 1.0 นอกจากนี้ การยี้ดติดกัน และการคั่นตัวหลังจากเสียรูปครั้งแรกจะลดลงเมื่อมี ปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเคี้ยวลดลงตาม อัตราการเพิ่มขึ้นของเชื้อเริ่มต้นในกระบวนการผลิตชีส รวมทั้งปริมาณผลผลิต ความชื้น ไขมัน โปรตีน และเกลือ ของเฟต้าชีสจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการเพิ่มของเชื้อเริ่มต้น อีกด้วย และจากงานวิจัยของ Barbano and Sherbon (1984) ที่ได้ศึกษาผลของการกวนส่วนผสมผลิตเฟต้าชีส

พบว่า ระยะเวลาในการกวนที่มากเกินไปส่งผลต่อผลผลิตของเฟต้าชีส เนื่องจาก การสูญเสียของส่วนไขมันที่แตกตัวละลายกับน้ำเวย์ ทั้งนี้ การศึกษาในประเด็นของปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิต และอัตราเร็วในการกวนเคิร์ดต่อคุณภาพของเฟต้าชีส ยังไม่มีงานวิจัยใดที่รายงานการผลิตเฟต้าชีสจากการใช้นํ้านมแพะเป็นวัตถุดิบ

นอกจากการนำนํ้านมแพะมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เฟต้าชีสซึ่งเป็นอาหารฟังก์ชันที่มีมูลค่าแล้วนั้น ยังเป็นการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการตลาดให้กับนํ้านมแพะของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือฯ ให้เป็นที่รู้จักเพิ่มมากขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนทที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพของเฟต้าชีสนํ้านมแพะ และหาระยะเวลาในการกวนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตเฟต้าชีสสูงสุด ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับใช้สำหรับการผลิตเฟต้าชีสจากนํ้านมแพะให้กับทางศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ และยังเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิตให้เกิดความคุ้มค่าในด้านต้นทุนของผลิตภัณฑ์ สำหรับเกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวได้

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบนํ้านมแพะ

งานวิจัยนี้ใช้นํ้านมแพะดิบพันธุ์ซาเนน (Saanen) จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ อำเภอแม่ฮอน จังหวัดเชียงใหม่ ที่รวบรวมจากกลุ่ม

เกษตรกรในพื้นที่ เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเฟต้าชีส โดยควบคุมคุณภาพนํ้านมแพะดิบให้เป็นไปตามมาตรฐานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2008) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (6.5-6.8) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างแบบพกพา ยี่ห้อ Oakton รุ่น WATERPROOF pH TESTRE® 30 และ ค่าความถ่วงจำเพาะ (ไม่ต่ำกว่า 1.028) ด้วยเครื่องแลคโตมิเตอร์ (Lactodensimeter)

กระบวนการผลิตเฟต้าชีสจากนํ้านมแพะดิบ

กระบวนการผลิตเริ่มจากนํ้านมแพะดิบจำนวน 10 กิโลกรัมต่อกรรมวิธี มาโฮโมจิเนส จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ลดอุณหภูมิของนํ้านมลงให้อยู่ที่ประมาณ 38 องศาเซลเซียส (ปรับสภาพให้เชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียสามารถเจริญได้) เติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียทางการค้าในรูปแบบผงซึ่งประกอบด้วย *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* และ *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* ยี่ห้อ CHR Hansen (Chr. Hansen Holding A/S, Hoersholm, Denmark) ในปริมาณต่าง ๆ ดังแสดงใน Table 1 จากนั้น นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบเวลาเติมเอนไซม์เรนเนททางการค้า ยี่ห้อ SACCO (SACCO System, Denmark) ในปริมาณต่าง ๆ ดังแสดงใน Table 1 บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จนตะกอนหรือเคิร์ดเกิดขึ้น ทำการตัดเคิร์ดขนาด 5 x 8 นิ้ว เพื่อระบายน้ำเวย์ออกจากเคิร์ด บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที ทำการกวนเคิร์ด โดยใช้อัตราเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นระบาย

Table 1. Optimization conditions of lactic acid bacteria and rennet for Feta cheese production from goat milk using a completely randomized factorial design

Rennet enzyme [% (w/w)]	Lactic acid bacteria [% (w/w)]		
	0.0010	0.0015	0.0020
0.0040	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
0.0035	Treatment 4	Treatment 5	Treatment 6

น้ำเวย์ออก และนำเคิร์ดใส่พิมพ์ พลิกกลับด้าน 3 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการพอกเกลือให้ทั่วก่อนเฟต้าชีส นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบเวลานำเฟต้าชีสแช่ในน้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 4 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน (Kandarakis *et al*, 2001; Kumar *et al.*, 2014)

การหาปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนทที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเฟต้าชีสจากนํ้านมแพะ

2.1 ปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททางการค้าในกระบวนการผลิตเฟต้าชีส

ในงานวิจัยได้หาปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (ร้อยละ 0.0010, 0.0015 และ 0.0020 โดยน้ำหนัก) และเอนไซม์เรนเนท (ร้อยละ 0.0035 และ 0.0040 โดยน้ำหนัก) ด้วยการวางแผนแบบ 3 x 2 แฟคทอเรียลแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized factorial design) ดังแสดงใน Table 1 โดยในแต่ละกรรมวิธีใช้นํ้านมแพะดิบ 10 กิโลกรัม หลังจากที้นำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตเฟต้าชีสดังวิธีการข้างต้นแล้ว ผลผลิตที่ได้จากแต่ละกรรมวิธีถูกนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (เนื้อสัมผัส) โดยเปรียบเทียบกับเฟต้าชีสทางการค้า

2.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

นำเฟต้าชีส (ส่วนกลางของก้อนชีส) มาหั่นเป็นรูปลูกเต๋าขนาด 2 x 2 x 2 เซนติเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 (AMETEK Brookfield, USA) โดยเปรียบเทียบลักษณะของระยะกดที่ร้อยละ 75 เพื่อจำลองการกัดเฟต้าชีสด้วยฟันกราม ด้วยวิธีทดสอบแบบ texture profile analysis (TPA) ใช้หัวกดทรงกระบอกชนิด TA25/1000 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร แรงเริ่มต้นที่ใช้เมื่อหัวกดสัมผัสกับอาหารอยู่ที่ 0.01 นิวตัน และความเร็วหัวกดเท่ากับ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ระยะกด 15 มิลลิเมตร ในการวิเคราะห์พิจารณาเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสจาก (1) ค่าความแข็ง (hardness 1) (2) การยืดติดระหว่างอาหารกับ

ผิวสัมผัสอื่น (adhesiveness) (3) ค่าความแข็ง 2 (hardness 2) (4) ความสามารถในการคืนตัวของอาหาร (springiness) และ (5) พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness)

การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกวนเคิร์ดต่อผลผลิตเฟต้าชีส

ทำการผลิตเฟต้าชีสตามกระบวนการข้างต้น โดยใช้ระยะเวลาในการกวนเคิร์ด เท่ากับ 20, 30 และ 40 นาที ที่อัตราเร็วในการกวน 15 รอบต่อนาที จากนั้นนำเฟต้าชีสที่ได้หลังจากขั้นตอนการพอกเกลือมาชั่งน้ำหนัก และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละของผลผลิตดัง Equation 1

Percentage yield of Feta cheese (%)

$$= \left(\frac{\text{Feta cheese (gram)}}{\text{Initial total raw materials (gram)}} \right) \times 100 \quad (1)$$

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ F-test แบบ one-way ANOVA ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างทดลอง แล้ววิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ แต่ละกรรมวิธีที่มีความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16 ช่วยในการคำนวณ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททางการค้ากับเนื้อสัมผัสในกรรมวิธีต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบเคโมเมทริกซ์ด้วยโปรแกรม XLSTAT เวอร์ชัน 2021 (บริษัท Addinsoft ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การหาปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและ เอนไซม์เรนเนททางการค้าที่เหมาะสมต่อ คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีส

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสที่ได้จากแต่ละกรรมวิธี ที่มีการเติมปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททางการค้าแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับเฟต้าชีสทางการค้า ได้ผลการทดลอง ดังแสดงใน Figure 1 โดยพบว่า คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสมีความคล้ายคลึงกันในทุกกรรมวิธี รวมถึงเฟต้าชีสทางการค้า ซึ่งสามารถอธิบายลักษณะในแต่ละช่วงได้ดังนี้ ช่วง (a) เป็นค่าความแข็ง 1 ของเฟต้าชีส ซึ่งจากค่าความแข็งของเฟต้าชีสที่ได้จากทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ในช่วง 44.14 - 62.29 นิวตัน สำหรับเฟต้าชีสทางการค้าที่มีค่าความแข็งอยู่ที่ 62.13 นิวตัน โดยค่าความแข็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อปริมาณเอนไซม์เรนเนทลดลง โดยค่าความแข็งของเฟต้าชีสเฉพาะกรรมวิธีที่ 1 เท่านั้น (44.14 นิวตัน) ที่มีค่าน้อยที่สุดและมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญกับเฟต้าชีสกรรมวิธีอื่น ๆ รวมถึงเฟต้าชีสทางการค้า ($P < 0.05$) ซึ่งค่าความแข็งเป็นค่าที่แสดงถึงแรงที่ใช้กดผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแรงระหว่างฟันกราม หรือระหว่างลิ้นกับเพดานปาก หรือแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกัดซึ่งเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก (Niludomsak, 2001; Steffe, 1996) อีกทั้งเป็นช่วงที่แรงเกิดการลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งปกติแล้วค่าที่เกิดขึ้น คือ ค่าความเปราะของผลิตภัณฑ์ เป็นแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แตกร่วน โดยทั่วไปจะหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็งสูง และค่าการยืดเกาะต่ำ แต่เนื่องจากโครงสร้างของเฟต้าชีสเกิดจากการรวมตัวของอนุภาคโปรตีนเคซีนขนาดเล็ก ซึ่งโปรตีนถูกตัดสายพันธะเพปไทด์ในระหว่างกระบวนการผลิต รวมทั้งแลคติกแอซิดแบคทีเรียสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดเป็นรูพรุนขึ้นในระหว่างการบ่ม และถูกสะสมอยู่ภายในเนื้อเคิร์ดทำให้เกิดช่องว่างขึ้นภายในเฟต้าชีส ส่งผลให้มีค่าในการยืดเกาะที่ต่ำ (Hokes *et al.*, 1989) นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตเฟต้าชีสมีขั้นตอนการบีบอัด เพื่อระบายน้ำเวย์ออกจากเคิร์ด ส่งผลให้ความชื้นในก้อนเคิร์ดลดลง และทำให้เฟต้าชีสมีความยืดเกาะต่ำหรือมีความเปราะ

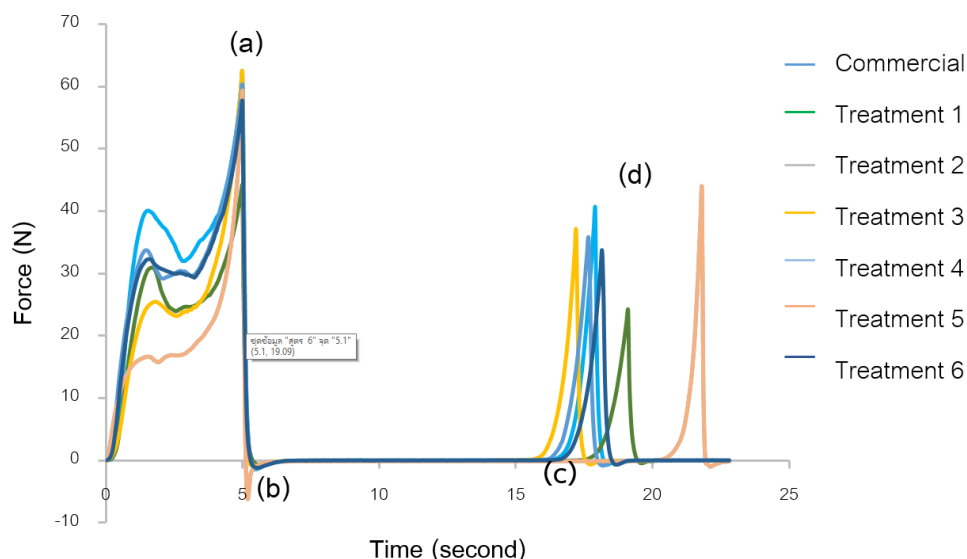


Figure 1. Texture profile characteristics of six Feta cheeses compared with commercial Feta cheese; (a) Hardness 1, (b) Adhesiveness, (c) Springiness, (d) Hardness 2

ภายหลังจากการกดครั้งแรก ยกหัวกดขึ้น อาหารที่ยึดเกาะกับหัวกดทำให้เกิดพื้นที่ของแรงที่เป็นลบในการกด เป็นการแสดงถึงค่าการยึดติด (b) โดยเปรียบเสมือนอาหารที่ยึดติดกับพื้น และเพดานปาก โดยจากค่าการยึดติดของเฟต้าชีสทั้ง 6 กรรมวิธี มีค่าอยู่ในช่วง 1.73 - 2.58 มิลลิจูล ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเฟต้าชีสทางการค้า (4.31 มิลลิจูล) อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ค่าความแตกต่างของการยึดติดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมแพะดิบ จากงานวิจัยของ Zheng *et al.* (2016) พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ลดลงและปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ชีสมีลักษณะการละลายที่ดีขึ้น และทำให้ค่าการยึดติดสูงขึ้น อีกทั้งในขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกันอาจส่งผลทำให้ค่าการยึดติดมีความแตกต่างกันด้วยเช่นกัน ซึ่งในกระบวนการผลิตเฟต้าชีสของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เฉพาะแรงโน้มถ่วงเป็นแรงในการขึ้นรูปก้อนชีสโดยไม่มีการบีบอัดแรงใด ๆ เพิ่มเติม

สำหรับการกดครั้งที่ 2 เป็นการหาความสามารถในการคืนตัวของอาหาร (c) ซึ่งแสดงถึงความสามารถของชิ้นอาหารที่กลับสู่สภาวะเดิม ซึ่งคือระยะทางหรือความยาวระหว่างการกดครั้งที่ 2 โดยวัดจากระยะเริ่มต้นตั้งแต่หัวกดสัมผัสกับเฟต้าชีสจนกระทั่งถึงจุดที่ค่าแรงมากที่สุด และแรงกดสูงสุดที่เกิดขึ้น คือค่าความแข็ง 2 (d) ซึ่งมีลักษณะการเกิดแรงที่เวลาแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับการยุบ โดยค่าความคืนตัวของเฟต้าชีสที่ได้จากทั้ง 6 กรรมวิธี อยู่ในช่วง 5.89 - 7.26 มิลลิเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) กับเฟต้าชีสทางการค้า (6.62 มิลลิเมตร) โดยทั่วไปแล้วค่าความคืนตัวของเฟต้าชีสมีค่าที่ต่ำกว่าชีสประเภทอื่น เนื่องจาก เฟต้าชีสจัดเป็นเนยแข็งประเภทชีสเนื้ออ่อน มีค่าความชื้นที่ค่อนข้างสูงอยู่ที่ร้อยละ 54.3 (Mauropoulos and Arvanitoyannis, 1999) และเนื้อโครงสร้างภายในมีลักษณะนิ่ม มีคุณสมบัติเป็นสภาพพลาสติก ซึ่งจะมีการเสียรูปอย่างถาวร สังเกตได้จาก Figure 1 ที่มีค่าความแข็งที่ 2 ต่ำกว่าค่าความแข็งที่ 1 ดังนั้น เมื่อทำการวัดโดยการกดวัดค่าเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสจึงแตกกระจายแยกออกจากกันจนไม่สามารถกลับคืนรูปได้ดังเดิม

ในขณะที่ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารเชิงจนสามารถกลืนลงไปได้ เป็นผลคุณมาจาก ค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และค่าการคืนตัวของอาหาร โดยค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวของเฟต้าชีสที่ได้จากทั้ง 6 กรรมวิธี มีค่าอยู่ในช่วง 32.34 - 48.32 มิลลิจูล ซึ่งเฉพาะกรรมวิธีที่ 1 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) กับเฟต้าชีสทางการค้า

เพื่อให้สามารถเลือกใช้ปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททางการค้าที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเฟต้าชีสจากน้ำนมแพะได้ดียิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติโดยใช้วิธีการทางเคโมเมทริกซ์ ดังแสดงผลใน Figure 2 ซึ่งพบว่า การทำนายตัวแปรมีความสัมพันธ์กันมากกว่าร้อยละ 80 โดย Figure 2A แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (ร้อยละ 0.001, 0.0015 และ 0.002 โดยน้ำหนัก) กับคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของเนื้อสัมผัสเฟต้าชีส พบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงสุดที่ร้อยละ 0.002 โดยน้ำหนัก มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งของเฟต้าชีส เนื่องจากค่าทั้งสองอยู่ในจุดภาพเดียวกัน เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่เติมปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียมากที่สุด ซึ่งส่งผลทำให้การผลิตกรดแลคติกมาก (ค่าความเป็นกรด-เบสเหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เรนเนท) และการทำงานของเอนไซม์เรนเนทที่ทำหน้าที่ตกตะกอนและแยกน้ำเวย์ออกมาจากตะกอนโปรตีนหรือเคิร์ดทำงานได้ดี (Kosikowski and Mistry, 1997) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Li *et al.* (2020) ยังได้รายงานไว้ว่า ค่าความแข็งของชีส Kazak มีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในชีส โดยหากมีปริมาณความชื้นสูง ค่าความแข็งจะมีค่าต่ำ เพราะค่าความแข็งของชีสมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของปริมาณความชื้นต่อปริมาณคาเซอีนในน้ำนมหากมีสัดส่วนที่มาก ทำให้ชีสมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่า ซึ่งจากงานวิจัยของ Sommer (2019) ได้เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของเกาด้าชีส (gouda cheese) ที่มีการเติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียกับไม่มีการเติมเชื้อ พบว่า ชีสที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียมีค่าความชื้นต่ำกว่าชีสที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรีย

ส่งผลให้ค่าความแข็งมีค่าสูงกว่า รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับการผลิตกรดที่เกิดขึ้นในระหว่างการเกิดเคิร์ด หากมีการผลิตกรดที่น้อยส่งผลต่อปฏิกิริยาการจับกันของโปรตีนในนมที่น้อย และเกิดซินเนอริซิส (syneresis) หรือการหดตัวน้อยตามไปด้วย ทำให้ปริมาณความชื้นในชีสมีค่าสูง นอกจากนี้ Heller *et al.* (2003) ยังรายงานว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดในระหว่างการหมักชีส สัมพันธ์กับการรวมตัวกันของคาเซอีนและแคลเซียมในนํ้านม ส่งผลทำให้ชีสมีเนื้อสัมผัสที่เปราะมากขึ้น ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่าการเติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในปริมาณที่สูงขึ้น

มีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การเติมเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียปริมาณต่ำสุดที่ร้อยละ 0.001 โดยน้ำหนัก มีความสัมพันธ์กับการยืดติด และค่าการคืนตัว เนื่องจากอยู่ในจุดภาคเดียวกัน สืบเนื่องจากความสัมพันธ์ของค่าความแข็งกับปริมาณเชื้อแบคทีเรีย เมื่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียต่ำสุดทำให้มีค่าความแข็งที่น้อยที่สุด แต่ปริมาณความชื้นสูงสุด (Sommer, 2019) ส่งผลให้เฟต้าชีสมีลักษณะที่ค่อนข้างนิ่ม และทำให้มีค่าการยืดติด และค่าการคืนตัวสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ทุกระดับของปริมาณเชื้อแบคทีเรียไม่มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว

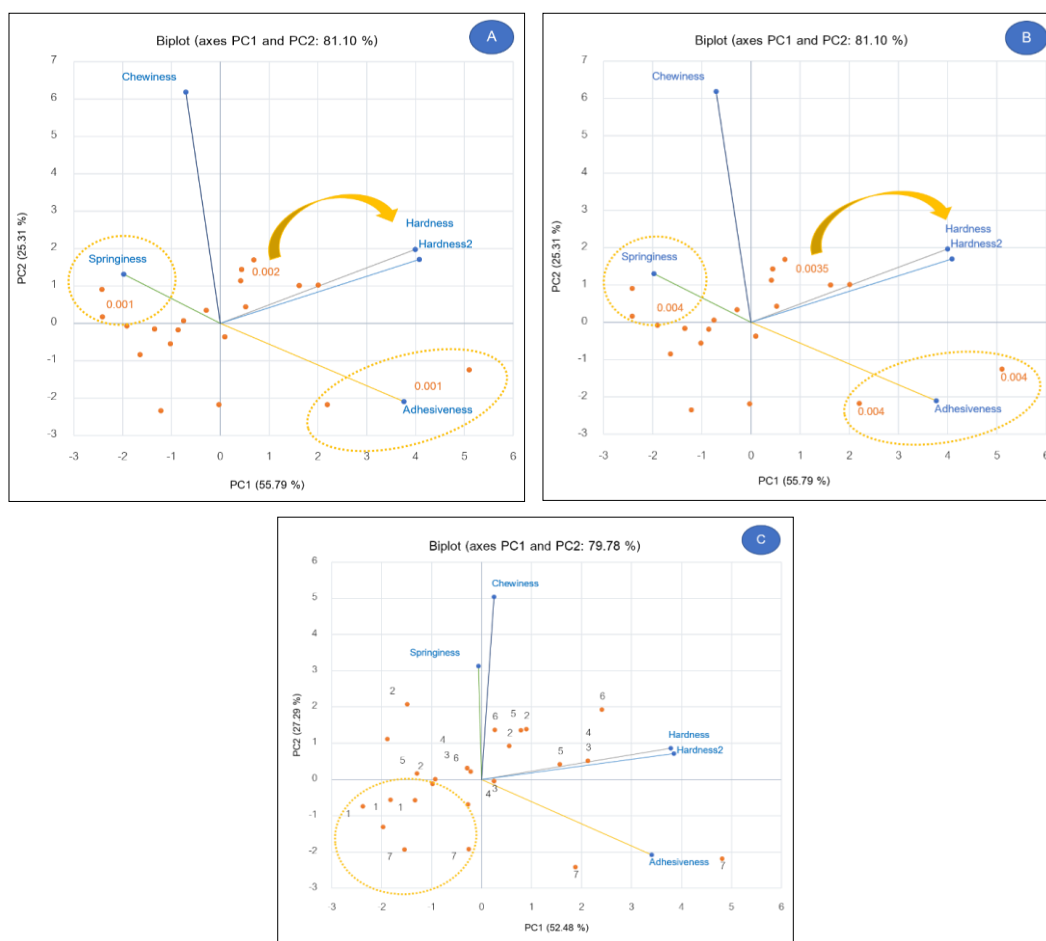


Figure 2. The chemo metric PCA of the relationship between different levels of lactic acid bacteria (A), rennet enzyme (B) and treatment (C) with the texture characteristics of Feta cheese. A number 1 to 7 in (C) represents treatment 1 to 6 referred to in Table 1, as well as treatment 7, which is commercial Feta cheese.

สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณเอนไซม์-เรนเนท (ร้อยละ 0.0035 และ 0.004 โดยน้ำหนัก) กับคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของเนื้อสัมผัสเฟต้าชีส ดังแสดงใน Figure 2B พบว่า ปริมาณเอนไซม์ที่น้อย (ร้อยละ 0.0035 โดยน้ำหนัก) มีความสัมพันธ์กับ ค่าความแข็งของเฟต้าชีส ในขณะที่ ปริมาณเอนไซม์ที่สูง (ร้อยละ 0.004 โดยน้ำหนัก) มีความสัมพันธ์กับ ค่าการคั้นตัว และค่าการยืดติด ซึ่งปริมาณเอนไซม์-เรนเนทที่สูงแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นที่สูงตามไปด้วย ส่งผลให้อัตราการสลายของคาเซอีนใน นำนมเกิดได้เร็วขึ้น และทำให้เนื้อสัมผัสของชีสมี ค่าความแข็งที่ลดลง (นิ่มขึ้น) (de Jong, 1978; Visser, 1977) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Moynihan *et al.* (2014) ที่พบว่า มอสซาเรลล่าชีส (mozzarella cheese) ที่เติมเอนไซม์ไคโมซิน (chymosin) ในปริมาณที่สูง ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนในอัตราที่สูงตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าความแข็งของชีสมีค่าลดลง

โดยภาพรวมของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์-เรนเนททางการค้าต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสด้วยเคโมเมทริกซ์ สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่สูงส่งผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสในด้านความแข็งที่เพิ่มขึ้น ค่าการยืดติด และค่าการคั้นตัวมีค่าลดลง ในขณะที่ การเติมเอนไซม์-เรนเนทในปริมาณที่สูงทำให้เนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสในด้านความแข็งที่ลดลง ส่งผลให้ค่าการยืดติดและค่าการคั้นตัวเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น เฟต้าชีสเป็นชีสในกลุ่มของชีสนิ่ม จึงควรมีการเติมปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียในปริมาณที่ต่ำ (ร้อยละ 0.001 โดยน้ำหนัก) และปริมาณเอนไซม์ที่สูง (ร้อยละ 0.004 โดยน้ำหนัก) นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยเคโมเมทริกซ์ของกรรมวิธีที่ 1 - 6 (รายละเอียดกรรมวิธีแสดงใน Table 1) และกรรมวิธีที่ 7 ซึ่งคือ เฟต้าชีสทางการค้า กับคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีส ได้ผลดัง Figure 2C โดยพบว่า กรรมวิธีที่ 1 (ปริมาณเชื้อแบคทีเรียต่อเอนไซม์เรนเนท (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เท่ากับ 0.001 ต่อ 0.004) มีความสัมพันธ์กับกรรมวิธีที่ 7 หรือ เฟต้าชีสทางการค้า ดังนั้น จึงสามารถยืนยันได้

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยเคโมเมทริกซ์ได้ว่า การเติมปริมาณเชื้อแบคทีเรียในปริมาณที่น้อย และปริมาณเอนไซม์ที่สูง ทำให้ได้เฟต้าชีสที่มีคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเฟต้าชีสทางการค้า ซึ่งสภาวะดังกล่าวถูกเลือกไปใช้ในการผลิตเฟต้าชีสสำหรับการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกวนเคิร์ดต่อผลผลิตเฟต้าชีสในขั้นตอนถัดไป

การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกวนเคิร์ดต่อผลผลิตเฟต้าชีส

จากการหาระยะเวลาในการกวนเคิร์ดต่อผลผลิตเฟต้าชีส ที่ระยะเวลา 20, 30 และ 40 นาที โดยกำหนดอัตราเร็วรอบในการกวนอยู่ที่ 15 รอบต่อนาที ได้ผลการทดลองดัง Figure 3 พบว่า ระยะเวลาในการกวนเคิร์ดที่เพิ่มขึ้น (20, 30 และ 40 นาที) ส่งผลให้ผลผลิตร้อยละโดยน้ำหนักของเฟต้าชีสลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เท่ากับ 13.50, 12.68 และ 12.64 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำเวย์ที่เกิดขึ้นของการผลิตเฟต้าชีสที่ระยะเวลาในการกวนเท่ากับ 20 และ 30 นาที มีลักษณะของสีและความขุ่นที่คล้ายกันแต่น้ำเวย์ที่ได้จากการผลิตเฟต้าชีสที่ระยะเวลาในการกวน 40 นาที มีสีเหลืองและมีความขุ่นที่มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Barbano and Sherbon (1984) ที่รายงานว่า ระยะเวลาในการกวนเคิร์ดที่มากเกินไป ทำให้เกิดการแตกตัวของอนุภาคเคิร์ดที่ค่อนข้างใหญ่ในระหว่างการกวน ส่งผลให้ไขมันบางส่วนเกิดการละลายรวมเข้ากับน้ำเวย์ และได้ผลผลิตเนยแข็งที่ลดลง ดังนั้นระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในการกวนเคิร์ดส่งผลต่อการสูญเสียไขมันที่แตกตัวและละลายปนในน้ำเวย์ และได้ผลผลิตเฟต้าชีสที่ลดลง นอกจากนี้ ระยะเวลาในการกวนเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของเคิร์ดในด้านความชื้น โดยคุณภาพของเฟต้าชีสที่ดีควรมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 45 - 60 โดยน้ำหนัก (Hammam *et al.*, 2022) แต่หากระยะเวลาในการกวนที่นานส่งผลให้ความชื้นและผลผลิตของเคิร์ดที่ลดลง (Everard *et al.*, 2011)

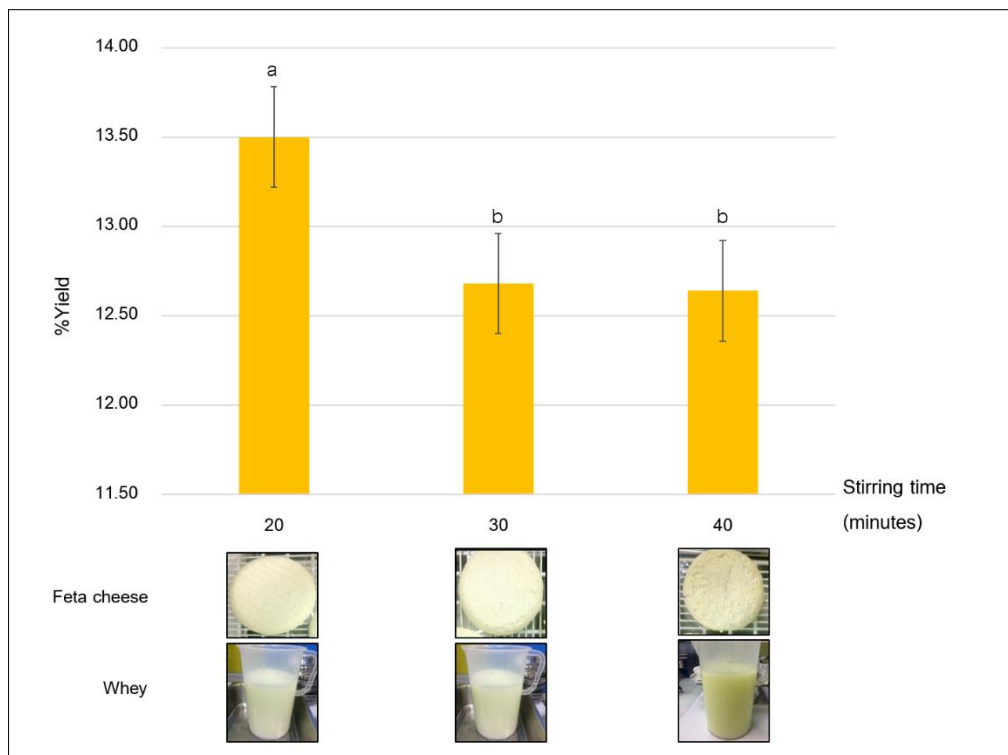


Figure 3. Influence of the stirring times on percentage yield and physical characteristics of Feta cheese.

Different letters on the bars in the same stirring time indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)

สรุป

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสที่ผลิตจากนํ้านมแพะดิบสายพันธุ์ชาเนน ที่ได้จากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ โดยใช้ปริมาณเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียและเอนไซม์เรนเนททางการค้าแตกต่างกัน 6 กรรมวิธี พบว่า เฟต้าชีสที่ได้จากกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งมีการเติมปริมาณเชื้อแบคทีเรียต่อเอนไซม์เรนเนท (ร้อยละโดยน้ำหนัก) เท่ากับ 0.001 ต่อ 0.004 ทำให้เฟต้าชีสมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งแรงน้อย มีค่าการคืนตัวและการยืดติดที่สูง และมีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับเฟต้าชีสทางการค้า นอกจากนี้ ระยะเวลาในการกวนเคิร์ดเท่ากับ 20 นาที ที่อัตราเร็วรอบการกวน 15 รอบต่อนาที ให้ร้อยละของผลผลิตเฟต้าชีสสูงที่สุดเท่ากับ 13.50 โดยน้ำหนัก จากกรรมวิธีในการผลิตเฟต้าชีสที่ได้

จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดให้แก่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ตลอดจน เป็นแนวทางในการผลิตเฟต้าชีสจากนํ้านมแพะดิบให้แก่เกษตรกรผู้สนใจได้อีกทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ที่ให้ทุนสนับสนุนในโครงการงานวิจัย ตลอดจนการเอื้อเฟื้อวัตถุดิบ สถานที่ และอุปกรณ์ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Barbano, D.M. and J.W. Sherbon. 1984. Cheddar cheese yields in New York. *Journal of Dairy Science* 67(8): 1873-1883.
- Bhosale, S.S., P.A. Kahate, K. Kamble, V.M. Thakare and S.G. Gubbawar. 2009. Effect of lactation on physic-chemical properties of local goat milk. *Veterinary World* 2(1): 17-19.
- de Jong, L. 1978. The influence of the moisture content on the consistency and protein breakdown of cheese. *Netherlands Milk and Dairy Journal* 32(1): 1-14
- Everard, C.D., D.J. O'Callaghan, M.J. Mateo, M. Castillo, F.A. Payne and C.P. O'Donnell. 2011. Effects of milk composition, stir-out time, and pressing duration on curd moisture and yield. *Journal of Dairy Science* (94)6: 2673-2679.
- Hammam, A.R.A., R. Kapoor, P. Salunke and L.E. Metzger. 2022. Compositional and functional characteristics of Feta-Type cheese made from micellar casein concentrate. *Foods* 11(1): 24, doi: 10.3390/foods11010024.
- Heller, K.J., W. Bockelmann, J. Schrezenmeir and M. de Vrese. 2003. Cheese and its potential as a probiotic food. pp. 203-225. *In: R. Edward (ed). Handbook of Fermented Functional Foods*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Hokes, J.C., P.M.T. Hansen and M.E. Mangino. 1989. Functional properties of commercial calcium caseinates for use in imitation cheese. *Food Hydrocolloids* 3(1): 19-31.
- Kandarakis, I., G. Moatsou, A.I.K. Georgala, S. Kaminarides and E. Anifantakis. 2001. Effect of draining temperature on the biochemical characteristics of Feta cheese. *Food Chemistry* 72(3): 369-378.
- Kosikowski, F.V. and V.V. Mistry. 1997. *Cheese and Fermented Milk Foods: Origins and Principles*. F.V. Kosikowski, Great Falls, Virginia. 729 p.
- Kumar, S., S.K. Kanawjia, S. Kumar and S. Khatkar. 2014. Effect of rate of addition of starter culture on textural characteristics of buffalo milk *Feta* type cheese during ripening. *Journal of Food Science and Technology* 51(4): 800-804.
- Li, J., Q. Huang, X. Zheng, Z. Ge, L. Ke, Z. Dandan, C. Yu, W. Bin and S. Xuewei. 2020. Investigation of the lactic acid bacteria in Kazak cheese and their contributions to cheese fermentation. *Frontiers in Microbiology* 11: 228, doi: 10.3389/fmicb.2020.00228.
- Mauroopoulos, A.A. and I.S. Arvanitoyannis. 1999. Implementation of hazard analysis critical control point to Feta and Manouri cheese production lines. *Food Control* 10(3): 213-219.
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2008. Thai Agricultural Commodity and Food Standard (TACFS 6006 - 2008) B.E. 2551. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Moynihan, A.C., S. Govindasamy-Lucey, J.J. Jaeggi, M.E. Johnson, J.A. Lucey and P.L.H. McSweeney. 2014. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim *Mozzarella* cheese. *Journal of Dairy Science* 97(1): 85-96.

- Niludomsak, S. 2001. Effect of ingredients on texture of fishball. M.S Thesis. King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. 95 p. (in Thai)
- Papadopoulou, O.S., A.A. Argyri, E.E. Varzakis, C.C. Tassou and N.G. Chorianopoulos. 2018. Greek functional Feta cheese: Enhancing quality and safety using a *Lactobacillus plantarum* strain with probiotic potential. Food Microbiology 74: 21-33.
- Park, Y.W., M. Juarez, M. Ramos and G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research 68(1-2): 88-113.
- Sommer, B. 2019. The Influence of Lactic Acid Bacteria on the Cheese Texture during Ripening. Food Technology Food Quality and Design. Wageningen University, Wageningen. 29 p.
- Steffe, J.F. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd ed. Freeman Press, East Lansing, Michigan. 418 p.
- Visser, F.M.W. 1977. Contribution of enzymes from rennet, starter bacteria and milk to proteolysis and flavour development in Gouda cheese. Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen, Netherlands. 120 p.
- Zheng, Y., Z. Liu and B. Mo. 2016. Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature. Journal of Chemistry 2016: 8690380, doi: 10.1155/2016/8690380.
-