

ขนาดอนุภาคและความคงตัวของน้ำนมแพะสเตอริไลซ์เสริมแคลเซียม และการยอมรับของผู้บริโภค

Particle Size and Stability of Calcium Fortified Sterilized Goat Milk and Consumer Acceptance

รุสมิยา อาลี ชรรมรัตน์ สัมมะวัฒนา ดีลา เถาะ ฟารีดา ฮาแว และ พัชรินทร์ ภักดีฉนวน *

Rusmeya Arlee, Thammarat Sammawattana, Deela Thoh, Fareeda Hawae and Patcharin Pakdeechnuan *

Received: 19 August 2022, Revised: 24 August 2023, Accepted: 25 September 2023

บทคัดย่อ

การเติมสารประกอบแคลเซียมมีผลต่อขนาดอนุภาคและเหนียวทำให้เกิดตะกอนในผลิตภัณฑ์นม การศึกษานี้เปรียบเทียบขนาดอนุภาคน้ำนมพว่องมันเนยของน้ำนมแพะดิบ น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ และน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟต 360 mg/L ด้วยเครื่อง Laser diffraction Mastersizer X พบว่า มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 0.543, 1.063 และ 2.603 ไมโครเมตร ตามลำดับ การศึกษาปริมาณตะกอนและสีเพื่อเป็นแนวทางในผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมที่มีน้ำนมแพะเป็นส่วนผสมได้เปรียบเทียบ 5 ชุดการทดลอง คือ 1) น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ 2) น้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ คือ 3) น้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ที่มีการเติมคาราจีแนน (C) ร้อยละ 0.025 (w/w) 4) เติมไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (DSHP) ร้อยละ 1 (w/w) และ 5) เติมไตรโซเดียมซิเตรท (TSC) ร้อยละ 1 (w/w) ผลการศึกษา พบว่า การเติม DSHP และ TSC ทำให้ค่าความสว่างของน้ำนมลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองของน้ำนมสูงขึ้น และมีผลให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น การเติมสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิดไม่ช่วยลดปริมาณตะกอนในน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมตลอดระยะเวลาการเก็บ 90 วัน ผลการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 150 คน มี 4 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อ ได้แก่ ประโยชน์ต่อสุขภาพ การหาซื้อได้ง่าย เครื่องหมายรับรองคุณภาพต่าง ๆ และความสะดวกในการบริโภค ในงานวิจัยนี้ ผลิตภัณฑ์น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคร้อยละ 88.32

คำสำคัญ: น้ำนมแพะ, แคลเซียม, สเตอริไลซ์, สารเพิ่มความคงตัว

ABSTRACT

Addition of calcium compounds affects particle size and induces sedimentation of milk products. This study compared skim milk particle size of raw goat milk, sterilized goat milk, and sterilized goat milk supplemented with 30 mM tricalcium phosphate by Laser diffraction Mastersizer X. The mean particle sizes were 0.543, 1.063 and 2.603 μm , respectively. A study of sediment content and color to be a guideline for calcium supplements containing goat milk was compared in 5 trials: 1) sterilized goat milk, 2) calcium sterilized goat milk, 3) sterilized goat milk treated with calcium and supplemented with 0.025% (w/w) carrageenan (C), 4) 1% (w/w) disodium hydrogen phosphate (DSHP), and 5) 1% (w/w) trisodium citrate (TSC). The results found that the addition of DSHP and TSC resulted in lower milk lightness, higher in red and yellow value, and greater sediment formation. During 90 days of storage, the sediment content of treatments using stabilizers was not different. Based on the findings of a survey involving 150 consumers, four dominant factors emerged as significant influencers of milk purchasing behavior: health benefits, accessibility, quality certifications, and convenience of consumption. In this study, sterilized goat milk fortified with 30 mM tricalcium phosphate was accepted by 88.32% of consumers.

Key words: goat milk, calcium, sterilization, stabilizer

บทนำ

น้ำนมแพะเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะเป็นแหล่งของโปรตีน แคลเซียมและฟอสฟอรัส น้ำนมแพะในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้มีปริมาณโปรตีนและไขมันร้อยละ 3.02-3.69 และ 3.72-4.17 มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส 1,235-1,280 และ 750-1,100 มิลลิกรัมต่อลิตร (Jutanan, 2010) แคลเซียมเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาท รักษาภาวะสมดุลของกรด-ด่าง และช่วยในการดูดซึมวิตามินบางชนิด ตามคำแนะนำปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย คือ 800-1,000 มิลลิกรัมต่อวัน (Department of health, 2020) ถ้าในหนึ่งวันได้รับแคลเซียมจากน้ำนมเพียงอย่างเดียว จะต้องรับประทานน้ำนมวันละเกือบ 1 ลิตร ซึ่งจะทำให้ได้รับไขมันสูงและมีค่าใช้จ่ายมาก Palacios *et al.* (2021)

รายงานปริมาณการได้รับแคลเซียมของประชากรหลายประเทศในทวีปเอเชียรวมถึงประเทศไทยเฉลี่ยเพียง 600 มิลลิกรัมต่อวัน การมีผลิตภัณฑ์เสริมแคลเซียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งตลาดผลิตภัณฑ์นมเสริมแคลเซียมในประเทศไทยมีมูลค่ามากกว่า 2,500 ล้านบาท (Department of Trade Negotiations, 2022) แต่เครื่องดื่มเสริมแคลเซียมจะมีปัญหาเรื่องความคงตัวของผลิตภัณฑ์และเกิดตะกอน (Deeth and Lewis, 2015) โดยการเกิดตะกอนขึ้นกับชนิดของสารประกอบแคลเซียม ปริมาณของแคลเซียมที่เติมในเครื่องดื่ม ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ และความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ การผลิตนมสเตอริไลซ์ทางการค้านิยมใช้สารเพิ่มความคงตัวหลายชนิดเพื่อลดปัญหาการเกิดตะกอน เช่น คาราจีแนน ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ไตรโซเดียมซิเตรท คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส กัวร์กัม โคลัส บีน กัม แซนแทนกัม เพคติน และแป้งข้าวโพด (Deeth and Lewis, 2015) การผลิตเครื่องดื่มน้ำนม

ถั่วเหลืองสเตอริไลซ์ พบว่า การใช้สารเพิ่มความคงตัวชนิดการจีแนน ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรท มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณตะกอนแห้งหลังการให้ความร้อนน้อยกว่าสารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่น (Pathomrungsinyounggul *et al.*, 2010) Hawae *et al.* (2019) ศึกษาการเสถียรภาพของโปรตีนด้วยเทคนิค Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) ในน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่มีการเติมสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต พบพิกในช่วงเลขคลื่น $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ มีขนาดพิกใหญ่กว่าน้ำนมที่ไม่เติมสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต แสดงถึงการเสถียรภาพของโปรตีน Singh and Muthukumarappan (2008) รายงานว่า โปรตีนชนิดเบตาเคซีน (β -casein) ในน้ำนมโคสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียม เกิดการจับกัน (cross-link) มีผลต่อเนื้อสัมผัสและความคงตัวของผลิตภัณฑ์นม และเนื่องจากปริมาณเบตาเคซีนในน้ำนมโคมีประมาณร้อยละ 50 แตกต่างจากน้ำนมแพะที่มีปริมาณเบตาเคซีนประมาณร้อยละ 70 (Jutanan, 2010) รวมทั้งยังมีสัดส่วนของโปรตีนชนิดแอลฟา-เอส 1 (α -s1) และแอลฟา เอส-2 เคซีน (α -s2 casein) ที่แตกต่างกัน จึงควรมีผลการศึกษาในน้ำนมแพะเพื่อให้มีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้

ขนาดอนุภาคของน้ำนมสัมพันธ์กับการเกิดตะกอน การเสถียรของแร่ธาตุในน้ำนมมีผลให้เกิดการจับกันของแร่ธาตุในน้ำนมกับโปรตีนนม ทำให้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นและมีแนวโน้มเกิดตะกอนมากขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษานาอนุภาควิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Laser diffraction Mastersizer X เปรียบเทียบอนุภาคของน้ำนมแพะดิบ น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ และน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ รวมทั้งศึกษาผลของสารเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดตะกอนในน้ำนมแพะเพื่อเป็นข้อมูลในการทำผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำนมแพะเป็นส่วนผสม และศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคต่อ

ผลิตภัณฑ์น้ำนมแพะสเตอริไลซ์เพื่อใช้เป็นข้อมูลการส่งเสริมการบริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างน้ำนมแพะ

น้ำนมแพะที่ใช้ในการทดลองได้จากแพะนมลูกผสมที่มีระดับสายเลือดของพันธุ์ชาแนล ร้อยละ 75 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาแพะแกะ จังหวัดยะลา อยู่ในช่วงการให้นม (lactation number) ที่ 2-3 และให้น้ำนมมาแล้ว (day in milk, DIM) 50-70 วัน เก็บตัวอย่างน้ำนมในตอนเช้า บรรจุในถุงพลาสติกและเก็บในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็งควบคุมอุณหภูมิ 2-6 องศาเซลเซียส ตัวอย่างน้ำนมแพะที่นำเข้าสู่การทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติเรื่องน้ำนมแพะดิบ TACFS 6006 - 2008 (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standard, 2008) คือ ค่าพีเอช ปริมาณโปรตีนไขมัน ของแข็งทั้งหมด น้ำตาลแล็กโทส การดัดมน้ำเคี้ยว ความถ่วงจำเพาะและการเปลี่ยนสีของเมทิลีนบลู

2. การศึกษาผลของความร้อนและการเสริมแคลเซียมต่อขนาดอนุภาคของน้ำนมแพะสเตอริไลซ์

เปรียบเทียบน้ำนมแพะดิบ น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ และน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟต (TCP) รวม 3 ชุดการทดลอง ความเข้มข้นของไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ใช้ คือ $360\text{ mg}/100\text{ mL}$ เพื่อให้มีน้ำนมมีปริมาณแคลเซียม 100% RDI (Recommended Daily Intake) ต่อเสริมฟ น้ำนมทุกชุดการทดลองถูกโฮโมจิไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์ชนิดความดันสูง แบบ 2 สเตจ (Two-stage high pressure homogenizer) (รุ่น PHB-100A, ประเทศไทย) ที่ความดัน 2,500 และ 500 psi แล้วจึงนำไปสเตอริไลซ์ โดยการบรรจุน้ำนมแพะในกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ขนาด 307×112 น้ำหนักน้ำนม 180 กรัมต่อกระป๋อง ไล่อากาศที่อุณหภูมิ 90°C ในอุโมงค์

ไอน้ำ ปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดผนึก และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 °C ในหม้อฆ่าเชื้อระบบไอน้ำ (Steam retort รุ่น STST50150, ประเทศไทย) มีการบันทึกข้อมูลการแทรกผ่านความร้อน คำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อโดยให้การฆ่าเชื้อมีค่า F_0 เท่ากับ 3 นาที ใช้การคำนวณตามวิธี Formula method (Sharma *et al.*, 2000) ในการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคน้ำนม (Particle size) นำตัวอย่างน้ำนมแพะไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อกำจัดส่วนที่เป็นไขมันก่อนตรวจสอบขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Laser diffraction Mastersizer X ตามวิธีการของ Ramos and Juarez (2011)

3. การศึกษาผลของสารเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดตะกอนและสีของน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์

เปรียบเทียบการเกิดตะกอนและสีของน้ำนมแพะ 5 ชุดการทดลอง ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวชนิดคาร์ราจีแนน ไตรโซเดียมซิเตรท และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตใช้ตามงานวิจัยของ Boumpa *et al.* (2008) และ Pathomrungsyounggul *et al.* (2010) สเตอริไลซ์ตามวิธีการในข้อ 2 เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง นาน 90 วัน วิเคราะห์การเกิดตะกอนทุก ๆ 15 วัน วิเคราะห์สีในวันที่ 0 และวันที่ 90

ตารางที่ 1 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาผลของสารเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดตะกอนและสีของน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์

ชุดการทดลอง	ชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัว (w/w)
น้ำนมแพะดิบ	-
น้ำนมแพะดิบที่เติมสารประกอบ Tri-calcium phosphate ความเข้มข้น 360 mg/mL	-
	0.025% Carrageenan (C)
	1% Tri-sodium citrate (TSC)
	1% Disodium hydrogen phosphate (DSHP)

3.1 วิเคราะห์ปริมาณตะกอนโดยการนำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 3,000 g นาน 20 นาที อุณหภูมิ 25 °C แล้วนำตะกอนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณร้อยละของปริมาณตะกอน (% dry sediment) ต่อน้ำหนักน้ำนม ดัดแปลงจาก Pathomrungsyounggul *et al.* (2010) ตามสมการ

$$\text{Dry sediment (\%)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \right) * 100 \quad (1)$$

3.2 วิเคราะห์สี ด้วยเครื่อง Hunter Lab Color Quest XE (รุ่น EZ 4500L, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ระบบสีแบบ CIE รายงานเป็น L^* , a^* และ b^* โดยที่แกน L^* หมายถึงความสว่าง (lightness) มีค่า 0 ถึง 100 โดยค่า 0 แสดงถึงสีดำจนไปถึง 100 แสดงถึงสีขาวหรือสว่าง ส่วนแกน a^* หมายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) และแกน b^* หมายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) และคำนวณค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด (total color change, ΔE) ตามวิธีของ Guerra-Hernandez *et al.* (2002) โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (2)$$

โดย $\Delta L = L - L_0$, $\Delta a = a - a_0$ และ $\Delta b = b - b_0$
 L , a และ b คือ สีของตัวอย่างน้ำมันเสริม
 แคลเซียมที่เติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่าง ๆ
 L_0 , a_0 และ b_0 คือ สีของตัวอย่างน้ำมันชุดควบคุม

4. การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำมันแพะเสริมแคลเซียม

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันแพะเสริมแคลเซียม จำนวน 150 คน การประเมินได้ให้ผู้บริโภคตอบแบบสอบถามที่มีเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ทักษะและพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์นม และ 3) ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ตามระดับความสำคัญ 5 ระดับคะแนน (1 คือ น้อยที่สุด และ 5 คือ มากที่สุด) และร้อยละการยอมรับของผลิตภัณฑ์ สถานที่ทำการสำรวจเป็นพื้นที่ในอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

5. สถิติที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

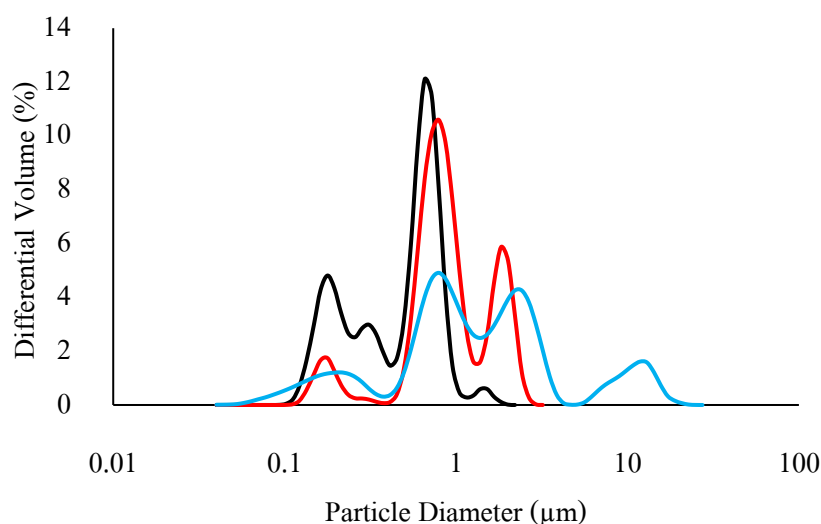
1. ผลของความร้อนและการเสริมแคลเซียมต่อขนาดอนุภาคของน้ำมันแพะสเตอริไลซ์

การเปรียบเทียบขนาดอนุภาคโปรตีนนมของน้ำมันแพะดิบ น้ำมันแพะสเตอริไลซ์ และน้ำมันแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ พบว่า อนุภาคของน้ำมันแพะที่ไม่ผ่านความร้อนมีการกระจายตัวของ

ขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.084-2.207 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1) มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 0.543 ไมโครเมตร น้ำมันแพะสเตอริไลซ์มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.102-3.205 ไมโครเมตร และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 1.063 ไมโครเมตร ซึ่งใหญ่กว่าน้ำมันแพะไม่สเตอริไลซ์ 1.96 เท่า การได้รับความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทำให้เวย์โปรตีนเสียสภาพโครงสร้างเกิดการคลายตัวและเผยส่วนที่ไม่มีขั้วออกมา เช่น หมู่ thiol อิสระในโมเลกุลของ Beta-lactoglobulin ดังนั้นบนผิวของอิมัลชันจึงมีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และส่งเสริมให้เกิดการจับกันระหว่างโปรตีนเคซีนกับโปรตีนเวย์ที่เสียสภาพ และระหว่างโปรตีนเวย์ที่เสียสภาพด้วยกัน เกิดสารประกอบเชิงซ้อนทำให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น (Pesic *et al.*, 2012) ส่วนน้ำมันแพะที่เติมไตรแคลเซียมฟอสเฟตแล้วสเตอริไลซ์มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคตั้งแต่ 0.040-27.39 ไมโครเมตร มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 2.603 ไมโครเมตร ซึ่งใหญ่กว่าน้ำมันแพะที่ไม่ได้เติมสารประกอบแคลเซียม 2.45 เท่า การเติมสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟตมีผลให้ขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้นส่วนหนึ่งมาจากการละลายน้ำไม่หมดของสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Münchbach and Gerstner, 2010) และอีกเหตุผลหนึ่ง คือ เกี่ยวข้องกับการรบกวนสมดุลของแคลเซียมในน้ำมัน ซึ่งแคลเซียมไอออนมีบทบาทสำคัญต่อความคงตัวต่อความร้อนของน้ำมัน มีผลต่อการทำให้น้ำมันตกตะกอนและมีผลต่อสมบัติเชิงรีโอโลยีของโปรตีนนม น้ำมันที่มีค่าพีเอชปกติจะมีแคลเซียมทั้งหมดน้อยกว่าร้อยละ 10 อยู่ในรูปของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ซึ่งเป็นไอออนประจุบวกที่มีมากที่สุดในน้ำมันและจะต้านไอออนประจุลบที่บริเวณผิวของเคซีนไมเซลล์ (Lewis, 2010) การเติมแคลเซียมไอออนประจุสองบวกมีผลต่อการกระจายตัวของแร่ธาตุระหว่างเฟสน้ำและเฟสไมเซลล์ ทำให้

เกิดการเสียสมดุล ประจุบวกของแคลเซียมไอออนจับกับประจุลบของแคปซูลเคซีนที่อยู่บริเวณผิวเคซีน ไมเซลล์ส่งผลให้แรงผลักระหว่างอนุภาคเคซีน ไมเซลล์ลดลง ทำให้เคซีนแต่ละไมเซลล์สามารถรวมตัวกันเกิดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ (Kaushik *et al.*, 2014) และยังมีรายงานวิจัยว่า สารประกอบแคลเซียมเพิ่มการเสถียรภาพของโปรตีน โดยในการศึกษาความคงตัวของน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่มีการเติมไตรแคลเซียมฟอสเฟต ด้วยเทคนิค

Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) พบพีกในช่วงเลขคลื่น $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่บ่งบอกถึงโครงสร้างโปรตีนลำดับที่สอง มีขนาดพีกใหญ่กว่าน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่ไม่เติมไตรแคลเซียมฟอสเฟต แสดงถึงการเสถียรภาพของโปรตีนนมแพะ (Hawae *et al.*, 2019) เพราะแคลเซียมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลแร่ธาตุในน้ำนม มีผลให้โปรตีนเคซีนเสถียรและเกิดการจับกันเอง (McMahon and Oommen, 2013)



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคของน้ำนมแพะดิบ (-) น้ำนมแพะสเตอริไลซ์ (-) และน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ (-)

2. ผลของความร้อน การเสริมสารประกอบแคลเซียม และสารเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดตะกอนและสีของน้ำนมแพะระหว่างการเก็บรักษา

2.1 การเกิดตะกอน

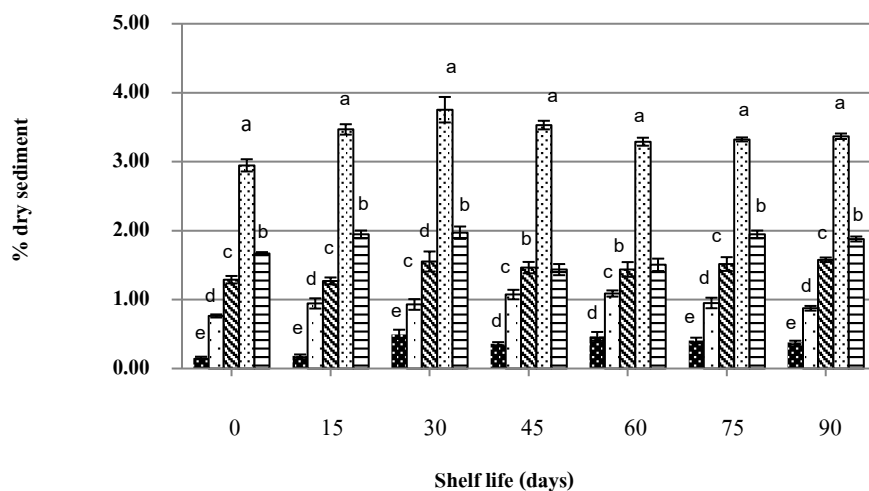
ปัจจัยด้านตะกอนและสีมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนานอย่างน้ำนมสเตอริไลซ์ การเติมสารประกอบแคลเซียมมีผลต่อขนาดอนุภาคและการเกิดตะกอน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำนมแพะที่เสริมแคลเซียม และศึกษาผลของการใช้สารเพิ่มความคงตัวต่อปริมาณตะกอนระหว่างการเก็บ

ของผลิตภัณฑ์สเตอริไลซ์ 5 ชุดการทดลอง เป็นเวลา 90 วัน พบว่า ในวันที่ 0 ชุดการทดลองควบคุมซึ่งเป็นน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ที่ไม่มีการเสริมสารประกอบแคลเซียมมีปริมาณตะกอนน้อยที่สุด ($p \leq 0.05$) เพียงร้อยละ 0.16 ± 0.02 (ภาพที่ 2) ปริมาณตะกอนใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Chen *et al.* (2012) ที่ศึกษาในน้ำนมแพะเช่นกัน เมื่อเก็บเป็นเวลา 90 วัน ชุดการทดลองควบคุมนี้มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บเนื่องจากความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทำลายพันธะไดซัลไฟด์ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเคซีนเสถียรภาพจับตัวรวมกัน และจับตัวกันมากขึ้นเมื่อการเก็บ

นานขึ้นจึงเกิดตะกอนเพิ่มขึ้น (Pesic *et al.*, 2014) ชุดการทดลองที่เกิดตะกอนรองลงมาคือน้ำนมแพะที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว มีปริมาณตะกอนร้อยละ 0.76 ± 0.02 การเสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตมีผลให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนเพิ่มขึ้นทำให้ประจุบวกของแคลเซียมไอออนสามารถจับกับประจุลบของแคปป์เคซีนที่อยู่บริเวณผิวเคซีนไมเซลล์ส่งผลให้แรงผลักระหว่างอนุภาคลดลง โปรตีนเคซีนแต่ละไมเซลล์สามารถรวมตัวกันเกิดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และมีมวลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนเพิ่มขึ้น Tsioulpas *et al.* (2010) รายงานว่าในน้ำนมโคสเตอริไลซ์ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับขนาดเคซีนไมเซลล์ที่เพิ่มขึ้น

การทดลองใช้สารเพิ่มความคงตัว 3 ชนิด คือ 1) คาร์ราจีแนน 2) ไคโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และ 3) ไคโรโซเดียมซิเตรท เติมน้ำนมแพะเสริมแคลเซียม พบว่า การเติมสารทั้ง 3 ชนิด มีผลให้น้ำนมแพะสเตอริไลซ์มีปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 2) การเติมคาร์ราจีแนนมีปริมาณ

ตะกอนน้อยกว่าการเติมไคโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตและไคโรโซเดียมซิเตรท อาจเนื่องจากไคโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตสามารถแตกตัวเป็นไคโซเดียมไอออน (Na^+) และฟอสเฟตไอออน (PO_4^{3-}) จับกับแคลเซียม เกิดเป็นโมเลกุลของไคโซเดียมฟอสเฟตและแคลเซียมฟอสเฟต ส่งผลให้แรงผลักระหว่างอนุภาคลดลง ทำให้เคซีนแต่ละไมเซลล์สามารถรวมตัวกันเกิดเป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และมีมวลมากขึ้น จึงเกิดตะกอนเพิ่มขึ้น ส่วนไคโรโซเดียมซิเตรทนั้นสามารถแตกตัวเป็นไคโซเดียมไอออน (Na^+) กับซิเตรทไอออน ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$) ไคโซเดียมไอออนจับกับหมู่ฟอสเฟตที่ผิวของเคซีนไมเซลล์ ส่วนซิเตรทไอออนจะจับกับแคลเซียมฟอสเฟต ทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคลดลง (Boumpa *et al.*, 2008) การเก็บน้ำนมแพะสเตอริไลซ์เป็นเวลา 90 วัน และสุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณตะกอนทุก ๆ 15 วัน พบว่า ปริมาณตะกอนในชุดการทดลองนั้น ๆ ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 2 ผลของการเสริมแคลเซียมร่วมกับสารเพิ่มความคงตัวต่อร้อยละตะกอนของนมแพะสเตอริไลซ์ ตลอดการเก็บรักษานาน 90 วัน ในชุดการทดลอง Control (■), Tricalcium phosphate (□), TCP+Caragenan (▨), TCP+Disodium hydrogen phosphate (▩) และ TCP+Trisodium citrate (▤) *ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันมีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของแต่ละแท่งที่แตกต่างกัน ณ วันที่วิเคราะห์เดียวกัน

2.2 ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมแพะสเตอริไลส์ด้วยเครื่อง Hunter color lab ในวันที่ 0 พบว่า ชุดการทดลองที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟต มีค่า L^* สูงสุดเท่ากับ 82.76 ± 0.46 รองลงมาคือชุดการทดลองที่เสริมแคลเซียมร่วมกับการจีแนน เท่ากับ 81.63 ± 0.33 ในขณะที่ตัวอย่างชุดควบคุม (น้ำนมแพะดิบ) ค่า L^* เท่ากับ 78.82 ± 0.54 แตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) สารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่มีสีขาวทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า L^* มากขึ้น ในขณะที่การเสริมไตรโซเดียมซิเตรท และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตค่า L^* เท่ากับ 71.19 ± 0.42 และ 67.10 ± 0.41 ตามลำดับ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานขึ้นพบว่า ค่า L^* ของน้ำนมแพะสเตอริไลส์ ทั้ง 5 ชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลง Devi *et al.* (2015) ได้รายงานสาเหตุที่ทำให้ค่าความสว่าง L^* ของน้ำนมลดลงระหว่างการเก็บเกิดจากการแตกออก (dissociation) ของโครงสร้างโปรตีนเคซีน

ค่าสี a^* ซึ่งหมายถึง สีเขียว (-) หรือความเป็นสีแดง (+) พบว่า ชุดการทดลองควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.71 ± 0.03 เป็นค่าที่น้อยที่สุด ถัดมาเป็นชุดการทดลองของน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมที่มีการเติมการจีแนนโดยมีค่า 0.75 ± 0.04 ในขณะที่การเติมไตรโซเดียมซิเตรท และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีค่า a^* เท่ากับ 4.75 ± 0.05 และ 6.95 ± 0.06 ตามลำดับ และเมื่อเวลาเก็บนานขึ้นค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น Tsioulpas *et al.* (2010)

รายงานว่าการเติมไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตในนมที่ให้ความร้อนแบบสเตอริไลส์ระหว่างอายุการเก็บนาน 6 เดือน น้ำนมมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากสีน้ำตาลของปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่วนค่า b^* แสดงถึงค่าน้ำเงิน (-) หรือความเป็นสีเหลือง (+) ค่า b^* มีแนวโน้มสัมพันธ์กับค่า a^* เมื่อนำค่า a^* และ b^* ของตัวอย่างที่ได้เทียบกับการบรรยายสีในระบบ CIE Lab ที่มองในระนาบ 2 มิติตัวอย่างมีลักษณะออกโทนสีเหลืองอ่อน และเมื่อผู้วิจัยสังเกตด้วยสายตา พบว่า น้ำนมสเตอริไลส์มีสีออกสีเหลือง สอดคล้องกับค่าที่วัดได้ด้วยเครื่อง Hunter color lab การเก็บรักษานาน 90 วัน พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น

ค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด (ΔE) ของน้ำนม เปรียบเทียบค่าสีวันที่ 0 กับวันที่ 90 วัน พบว่า ชุดการทดลองที่มีการเสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟต และใช้สารเพิ่มความคงตัวชนิดการจีแนนมีค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด (ΔE) ของน้ำมน้อยที่สุดในขณะที่การเสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับสารเพิ่มความคงตัวชนิดไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีค่า ΔE มากที่สุด เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่า สีของน้ำนมชุดควบคุมกับน้ำนมที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟต และน้ำนมที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่มีสารเพิ่มความคงตัวชนิดการจีแนน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของการเติมไตรแคลเซียมฟอสเฟตร่วมกับสารเพิ่มความคงตัวต่อค่าสี L^* , a^* และ b^* และค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งหมด (ΔE) ของน้ำนมแพะสเตอริไลส์ที่เก็บนาน 90 วัน

Treatments	CIE	Days	
		0	90
Control		78.82 ± 0.54^c	78.30 ± 0.31^c
TCP		82.76 ± 0.46^a	81.48 ± 0.52^a
TCP+C	L^*	81.63 ± 0.33^b	80.74 ± 0.29^b
TCP+DSHP		67.10 ± 0.41^c	65.20 ± 0.57^c

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Treatments	CIE	Days	
		0	90
TCP+TSC		71.19±0.42 ^d	69.64±0.36 ^d
Control		0.71±0.03 ^c	1.26±0.02 ^d
TCP		0.92±0.03 ^c	1.45±0.07 ^c
TCP+C	a*	0.75±0.04 ^d	1.04±0.03 ^c
TCP+DSHP		6.95±0.06 ^a	7.98±0.21 ^a
TCP+TSC		4.75±0.05 ^b	6.95±0.04 ^b
Control		11.77±0.26 ^c	12.83±0.06 ^c
TCP		12.70±0.18 ^c	14.09±0.36 ^c
TCP+C	b*	12.27±0.08 ^d	13.51±0.11 ^d
TCP+DSHP		19.99±0.15 ^a	21.46±0.65 ^a
TCP+TSC		16.80±0.18 ^b	19.96±0.18 ^b
Control		-	-
TCP		3.97±0.45 ^c	3.43±0.37 ^c
TCP+C	ΔE	2.88±0.64 ^d	2.54±0.06 ^d
TCP+DSHP		15.69±0.55 ^a	12.58±0.68 ^b
TCP+TSC		10.07±0.54 ^b	17.14±0.13 ^a

^{a-e} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน มีความหมายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

TCP= Tricalcium phosphate

C= Carrageenan

TSC= Trisodium citrate

DSHP= Disodium hydrogen phosphate

3. การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำมันแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ของผู้บริโภค

3.1 การสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นม

ผลการสำรวจผู้บริโภคในพื้นที่จังหวัดปัตตานี จำนวน 150 คน พบว่า ผู้บริโภคมีภูมิลำเนาอยู่ใน 5 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง คือ สงขลา สตูล ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส ส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม คิดเป็นร้อยละ 83.33 โดยเป็นเพศหญิงร้อยละ 51.33 อยู่ในช่วงอายุ 21-29 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ

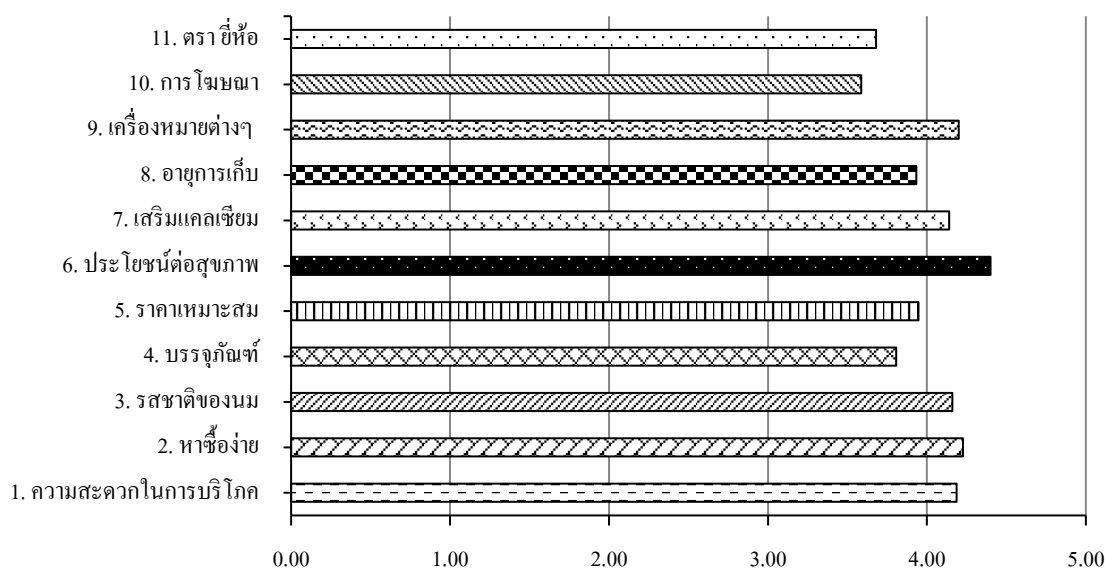
60.67 รองลงมาเป็นช่วงอายุน้อยกว่า 20 ปี และ 30-39 ปี คิดเป็นร้อยละ 22 และร้อยละ 12.67 ตามลำดับ

การสำรวจปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมใช้เกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ ในปัจจัยต่อไปนี้ 1) ความสะดวกในการบริโภค 2) สามารถหาซื้อได้ง่าย 3) รสชาติของนม 4) บรรจุภัณฑ์ 5) ราคาเหมาะสม 6) ประโยชน์ต่อสุขภาพ 7) การเสริมแคลเซียม 8) อายุการเก็บ 9) เครื่องหมายรับรองคุณภาพต่าง ๆ 10) การโฆษณาประชาสัมพันธ์ และ 10) ตราหรือยี่ห้อ จากภาพที่ 3 ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับประโยชน์ต่อสุขภาพ

สูงสุด รองลงมาคือ หาซื้อง่าย เครื่องหมายรับรองคุณภาพต่าง ๆ และความสะดวกในการบริโภค ได้คะแนนเท่ากับ 4.40 ± 0.68 , 4.23 ± 0.70 , 4.20 ± 0.77 และ 4.19 ± 0.53 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อสุขภาพมากโดยมักจะเลือกรับประทานสิ่งที่มีประโยชน์ต่อร่างกายซึ่งผลิตภัณฑ์นมเป็นอาหารลำดับแรก ๆ ที่ผู้บริโภคมักจะนึกถึง อีกทั้งความ

สะดวกต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมดังกล่าวต้องสามารถหาซื้อได้ง่าย และยังให้ความสำคัญกับเครื่องหมายรับรองคุณภาพต่าง ๆ เช่น เครื่องหมายอย. และเครื่องหมายฮาลาล แสดงถึงความปลอดภัย ความสะอาดของอาหาร ความน่าเชื่อถือและการรับรองสิ่งอนุมัติในทางศาสนาอิสลาม

ปัจจัยที่มีอิทธิพล



ระดับความสำคัญ

ภาพที่ 3 ระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมแพะพาสเจอร์ไรซ์หรือสเตอริไลซ์ของผู้บริโภคจำนวน 150 คน

3.2 การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์นํานมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์

ผลการประเมินความชอบในแต่ละคุณลักษณะต่าง ๆ ของนํานมแพะสเตอริไลซ์ที่เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 360 mg/L พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์นํานมแพะเสริมแคลเซียมด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ และเนื้อสัมผัสในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (ตารางที่ 3) คะแนนด้านกลิ่นรสมีคะแนนความชอบน้อยกว่าคุณลักษณะอื่น ๆ เนื่องจากตามธรรมชาติของนํานม

แพะจะมีกลิ่นสาบ ซึ่งเป็นกลิ่นของสารประกอบกรดไขมันที่มีสายโซ่ข้าง เช่น สารประกอบกรด 4-เมทิลออกทาโนอิก (4-methyl octanoic acid) และ 4-เอทิลออกทาโนอิก (4-ethyl octanoic acid) (Chilliard *et al.*, 2003) ทำให้เป็นปัญหาต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคบางส่วนได้เสนอให้เพิ่มรสชาติอื่น ๆ เช่น รสช็อกโกแลต รสชาเขียว หรือรสสตรอเบอร์รี่ เพื่อลดกลิ่นสาบนํานมแพะ คะแนนประเมินด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ผู้บริโภคมอบรับร้อยละ 88.32 ให้การยอมรับในระดับสูง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความชอบและการยอมรับน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์*

รายการประเมิน	ผลการประเมิน
ระดับความชอบ**	
ลักษณะปรากฏ	7.02 ± 1.72
กลิ่นรส	6.47 ± 1.83
รสชาติ	6.85 ± 1.66
เนื้อสัมผัส	7.02 ± 1.38
ความชอบโดยรวม	7.11 ± 1.14
การยอมรับน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์ (%)	88.32

* ผู้ประเมิน 150 คน

** แบบประเมิน 9-point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด)

สรุป

ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทำให้ขนาดอนุภาคของโปรตีนนมเพิ่มจาก 0.543 ไมโครเมตร เป็น 1.063 ไมโครเมตร น้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์มีขนาดอนุภาค 2.603 ไมโครเมตร ขนาดอนุภาคใหญ่กว่าน้ำนมแพะดิบ 4.79 เท่า และใหญ่กว่าน้ำนมแพะสเตอริไลซ์ 2.45 เท่า ส่งผลให้มีปริมาณตะกอนในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น การเติมสารเพิ่มความคงตัวชนิด 3 ชนิด คือ คาราจีแนน ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต ทำให้เกิดตะกอนมากกว่าการไม่เติมสารเพิ่มความคงตัว การเก็บน้ำนมแพะเสริมแคลเซียมสเตอริไลซ์เป็นเวลา 90 วัน ปริมาณตะกอนในชุดการทดลองที่มีแคลเซียมและเติมไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีตะกอนมากกว่าชุดการทดลองอื่น ($p < 0.05$) และมีผลต่อค่าความสว่าง สีแดง สีเหลืองและความแตกต่างของค่าสีในผลิตภัณฑ์ ผลการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 150 คน พบว่า ให้ความสำคัญกับประโยชน์ต่อสุขภาพสูงสุด รองลงมาคือหาซื้อได้ง่าย มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพ และมีความสะดวกในการบริโภค โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำนมแพะสเตอริไลซ์เสริมไตรแคลเซียมฟอสเฟตความเข้มข้น 360 mg/L ในระดับสูงถึงร้อยละ 88.32

เอกสารอ้างอิง

- Boumpa, T., Tsioulpas, A., Grandison, A. S. and Lewis, M.J. 2008. Effects of phosphates and citrate on sediment formation in UHT goats' milk. **Journal of Dairy Research** 75(2): 160-166.
- Chen, B.Y., Grandison, A.S. and Lewis, M.J. 2012. Comparison of heat stability of goat milk subjected to ultra-high temperature and in-container sterilization. **Journal of Dairy Science** 95(3): 1057-1063.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. and Lamberet, G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science** 86(5): 1751-1770.
- Deeth, H.C. and Lewis, M.J. 2015. Practical consequences of calcium addition to and removal from milk and milk products. **International Journal of Dairy Technology** 68(1): 1-11.

- Department of health. 2020. **Thai recommended daily intakes.** A.V. Progressive, Bangkok. (in Thai)
- Department of Trade Negotiations. 2022. **Milk and milk products.** Available source: [https://www.dtn.go.th/th/file/get/file/milk and milk products](https://www.dtn.go.th/th/file/get/file/milk%20and%20milk%20products), August 22, 2022 (in Thai)
- Devi, A.F., Buckow, R., Singh, T., Hemar, Y. and Kasapis, S. 2015. Color change and proteolysis of skim milk during high pressure thermal-processing. **Journal of Food Engineering** 147: 102-110.
- Guerra-Hernandez, E., Leon, C., Garcia-Vaillanova, B. and Romera, J.M. 2002. Chemical changes in powdered infant formulas during storage. **International Journal of Dairy Technol** 55(4): 171-176.
- Hawae, F., Pinkaew, S. and Pakdeechanuan, P. 2019. Application of fourier transform infrared spectroscopy for analysis the stability of calcium fortified sterilized goat, cow and soy milk, pp. 34-41. *In* **The 21st Food Innovation Asia Conference 2019.** Food Science and Technology Association of Thailand, Bangkok.
- Jutanan, M. 2010. Characteristic of goat milk collected from enterprises in three southern border provinces. Master of Science (Food Science and Nutrition), Prince of Songkla University. (in Thai)
- Kaushik, R., Sachdeva, B. and Arora, S. 2014. Heat stability and thermal properties of calcium fortified milk. **CyTA- Journal of Food** 13(2): 1-7.
- Lewis, J.M. 2010. The measurement and significance of ionic calcium in milk-A review. **International Journal of Dairy Technology** 64(1): 1-13.
- McMahon, D.J. and Oommen, B.S. 2013. **Casein micelle structure, functions and Interactions: Advanced Dairy Chemistry: Proteins.** 4th ed. Springer, New York.
- Münchbach, M. and Gerstner, G. 2010. Calcium fortification in dairy products. **Food Marketing and Technology** 24: 4-8.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standard. 2008. **Raw goat milk.** Available source: https://www.acfs.go.th/standard/download/raw_goat_milk.pdf, June 2, 2022. (in Thai)
- Palacios, C., Cormick, G., Hofmeyr, G.J., Garcia-Casal, M.N., Peña-Rosas, J.P. and Betrán, A.P. 2021. Calcium-fortified foods in public health programs: considerations for implementation. **Annals of the New York Academy of Science** 1485(1): 3-21.
- Pathomrungsinyounggul, P., Lewis, M.J. and Grandison, A.S. 2010. Effects of calcium-chelating agents and pasteurization on certain properties of calcium-fortified soy milk. **Food Chemistry** 118(3): 808-814.
- Pesic, M.B., Barac, M.B., Stanojevic, S.P., Ristic, N.M., Macej, O.D. and Vrvic, M.M. 2012. Heat induced casein–whey protein interactions at natural pH of milk: A comparison between caprine and bovine milk. **Small Ruminant Research** 108(1): 77-86.
- Pesic, M.B., Barac, M.B., Stanojevic S.P. and Vrvic, M.M. 2014. Effect of pH on heat-induced

- casein- whey protein interactions: A comparison between caprine milk and bovine milk. **International Dairy Journal** 39(1): 178-183.
- Ramos, M. and Juarez, M. 2011. Sheep milk. **Encyclopedia of Dairy Sciences** 3(2): 494-502.
- Sharma, S. K. , Mulvaney, S. J. and Rizvi, S. S. H. 2000. **Food Process Engineering**. John Wilen & Son Inc, Toronto, Canada.
- Singh, G. and Muthukumarappan, K. 2008. Influence of calcium fortification on sensory, physical and rheological characteristics of fruit yogurt. **LWT - Food Science and Technology** 41(7): 1145-1152.
- Tsioulpas, A. , Koliandris, A. , Grandison, A. S. and Lewis, M. J. 2010. Effects of stabilizer addition and in- container sterilization on selected properties of milk related to casein micelle stability. **Food chemistry** 122(4): 1027-1034.