

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2552

โครงการวิจัยรหัส ว-ท(ด)146.52

การศึกษาผลการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์ต่อนมแพะในเขตภาคตะวันตกของประเทศไทย

Study on Effect of Sterilization Heat Treatment on Goat Milk in Western Part of Thailand

ศุภัญญา วิชชุกิจ⁽¹⁾ ศศิธร นาคทอง⁽²⁾ ศรีสมัย วิริยารัมปะ⁽³⁾ สุวรรณาทิพยรักษ์⁽³⁾

Sukanya Wichchukit⁽¹⁾ Sasitorn Narktong⁽²⁾ Srisamai Viriyarumpa⁽³⁾ Suwanna Tipayarak⁽³⁾

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์ต่อนมแพะในเขตภาคตะวันตกของประเทศไทยมีจุดประสงค์เพื่อประเมินความคงตัวต่อความร้อนของนมแพะซึ่งได้จากแพะในภูมิภาคตะวันตกของประเทศไทย และศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส ของนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ในช่วงการเก็บรักษาโดยอุณหภูมิที่ใช้ประเมินความคงตัวต่อความร้อนคือ 100, 110, 120, 130 และ 140°C สำหรับการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์มี 3 กรณีศึกษาคือที่ 65°C เวลา 30 นาที, 72°C เวลา 10 นาทีและ 85°C เวลา 5 นาที และ 4 กรณีศึกษาสำหรับการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ คือที่ 116°C เป็นเวลา 4, 6, 8 และ 10 นาที ผลการทดลองได้ว่าการ preheat การปรับแต่งค่าความเป็นกรดหรือเติมฟอสเฟตส่งผลให้ความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมแพะสูงถึง 140°C ส่วนในนมแพะที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนในการฆ่าเชื้อ ค่า b* ในนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิสเตอริไลซ์สอดคล้องกับการเปลี่ยนสีของน้ำนมก่อนไปทางสีน้ำตาลอย่างเห็นได้ชัดเจน ในกลุ่มนมแพะพาสเจอร์ไรส์ นมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 5 นาที มีอายุการเก็บรักษาสูงสุดถึง 14 วัน ส่วนในกลุ่มนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิสเตอริไลซ์ ทุกกรณีศึกษาไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ในช่วงเวลาการเก็บรักษา 90 วัน จากการเรียงลำดับความชอบของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคชอบสีของนมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116°C เวลา 4 นาทีมากที่สุด และชอบรสชาติของนมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 5 นาทีมากที่สุด

คำสำคัญ: นมแพะความคงตัวต่อความร้อน พาสเจอร์ไรส์สเตอริไลซ์

⁽¹⁾ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University

⁽²⁾ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University

⁽³⁾ ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุขศาสตร์และการบริการวินิจฉัย คณะสัตวแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Veterinary Public Health and Diagnostic Services, Kasetsart University

Abstract

The study on effect of sterilization heat treatment on goat milk in western part of Thailand had two objectives, to evaluate heat stability and to investigate the physical, chemical, microbiological and sensory properties of pasteurized or sterilized goat's milk were studied during storage. The heat stability was evaluated at 100, 110, 120, 130 and 140°C. There were three treatments for pasteurization (65°C, 30 min; 72°C, 10min; 85°C, 5 min) and four treatments for sterilization (116°C, 4 min; 116°C, 6min; 116°C, 8 min; 116°C, 10 min). The results showed that preheating, pH adjustment and phosphate addition enhanced higher heat stability in goat milk that the milk could stand the temperature up to 140°C. The increasing tendency of b^* in the case of sterilized milk showed an agreement with the obvious change of milk color to brownish. The longest lasting shelf life for pasteurized milk was only 14 days, for the milk pasteurized at 85°C for 5 min. However, the sterilized milk for all treatments was clear of microbial growth for at least 3 months. The ranking preference tests indicated that the most preferred color was that of the sterilized milk at 116°C for 4 min and the most preferred taste was for milk pasteurized at 85°C for 5 min.

Key words: goat milk, heat stability, pasteurization, sterilization

คำนำ

ปัจจุบันมีการส่งเสริมการเลี้ยงแพะเพื่อผลิตนํ้านม เนื่องจากแพะเป็นสัตว์เล็กและเลี้ยงง่าย อีกทั้งนมแพะยังมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉลี่ยนมแพะมีปริมาณโปรตีน เกือบเท่า และวิตามินเอมากกว่านมวัว เนื่องจากเม็ดไขมันของนมแพะมีขนาดเล็กกว่าของนมวัว ทำให้มีการกระจายตัวของไขมันสม่ำเสมอโดยไม่ต้องผ่านการลดขนาดเม็ดไขมัน และนมแพะยังช่วยให้ย่อยและดูดซึมได้ง่ายเมื่อถูกบริโภค อีกทั้งมีปริมาณน้ำตาลแลคโตสน้อย จึงเหมาะกับผู้แพ้นมวัว

จังหวัดนครปฐมเป็นพื้นที่หนึ่งในเขตภาคตะวันตก ที่มีการเลี้ยงแพะให้นํ้านม และมีการจำหน่ายนมแพะพาสเจอร์ไรส์ อย่างไรก็ตามอายุการเก็บรักษาที่ได้มีระยะสั้น การพัฒนาการเก็บรักษานมแพะโดยการกระบวนการเตอริไลซ์นับว่าน่าศึกษา เนื่องจากเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ทั้งหมด เป็นผลทำให้อาหารมีอายุการเก็บรักษายาวนาน แต่ความร้อนสูงมีผลให้โปรตีนในนํ้านมแพะถูกทำลาย (protein denature) และจับตัวเป็นก้อนลิ่ม (milk coagulation) ส่งผลให้นมแพะที่ได้ไม่น่ารับประทาน การจับตัวเป็นก้อนนี้ เนื่องมาจากนมแพะมีความคงตัวต่อความร้อน (heat stability) ต่ำกว่านมวัว

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความคงตัวต่อความร้อน (heat stability) ของนมแพะ และศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัสของนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ในช่วงการเก็บรักษา 90 วัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความคงตัวต่อความร้อน (heat stability) ของนมแพะธรรมชาติและนมแพะที่มีการปรับแต่งความเป็นกรดต่าง และปริมาณฟอสเฟต
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา ของนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ และสเตอริไลซ์ในช่วงการเก็บรักษา 90 วัน
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

ตรวจเอกสาร

แพะนมมีการถูกเลี้ยงในเมืองไทยมานานแล้ว โดยเฉพาะในเขต 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และได้รับการส่งเสริมให้เลี้ยงกันมากขึ้นในประเทศไทยอย่างชัดเจนเมื่อภาครัฐได้มีนโยบายผลักดัน 1 ฟาร์ม 1 ตำบล ตามโครงการในพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ (กรมปศุสัตว์, 2552) การพัฒนาศักยภาพทั้งด้านการเลี้ยง นำนม และผลิตภัณฑ์นม จึงถูกสนับสนุนตลอดมา

1. นมแพะ

1.1 นิยาม

นํ้ามนมแพะดิบ หมายถึง นํ้านมที่รีดจากแม่แพะหลังจากคลอดลูกแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 วัน โดยไม่แยกองค์ประกอบของนํ้ามนมแพะออก หรือเติมวัตถุอื่นใด และไม่ได้ผ่านกรรมวิธีใดๆ ยกเว้นการทำให้เย็น ทั้งนี้ต้องปราศจากนํ้านมเหลือง (colostrum) ปน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551)

1.2 องค์ประกอบของนํ้านม

1.2.1 น้ำ นํ้าเป็นสารที่มีมากที่สุดในนมคือ ประมาณ 87% โดยนํ้าหนัก นํ้าเป็นตัวทำละลายสำหรับน้ำตาล กลีโกล์ และวิตามินที่ละลายได้ในนํ้าให้อยู่ในรูปสารละลาย ส่วนไขมัน เคซีน และกลีโกล์บางชนิดจะอยู่ในรูปสารแขวนลอย

1.2.2 ไขมันนมในนํ้านมประกอบด้วยกลีเซอรอล (glycerol) ประมาณ 12.5% โดยนํ้าหนักและกรดไขมัน 85.5% โดยนํ้าหนักซึ่งทั้ง 2 อย่างนี้จะรวมตัวกันเป็นไตรกลีเซอไรด์เกิดเป็นไขมันขึ้น ส่วนที่เหลือจะประกอบด้วย ฟอสโฟลิปิด สเตอรอล และกรดไขมันอิสระ ในนํ้านมจะมีกรดไขมันประเภท caproic (C6), caprylic (C8), capric (C10) รวม 15% มีในนํ้านมโค 5% กรดไขมัน 3 ตัวนี้มีประโยชน์ในการลดไขมัน และ ลดการสะสม cholesterol กรดไขมันนี้อาจถูกปล่อยออกมาเป็นอิสระโดยการย่อยสลายของเอนไซม์ lipase ทำให้นมมีกลิ่นเฉพาะแบบนมแพะ ซึ่งโดยปกติแล้วนมแพะจะไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ การรีดเก็บนํ้านมที่ทำให้มีการสั่นกระเทือนทำให้เม็ดไขมันแตกออกและจะทำให้ เอนไซม์ lipase เข้าทำ

ปฏิกิริยากับ triglycerides แต่การ pasteurize ที่ 57°C จะทำลายเอนไซม์ได้ ไขมันจะถูกสร้างและจับออกมาในรูปของเม็ดไขมัน (fat globule) นมแพะจะมีเม็ดไขมันเล็กเพียง 2 micron นมโคจะอยู่ที่ 20-30 micron เม็ดไขมันที่เล็กจะย่อยง่ายและมีคุณสมบัติที่ดีในการกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่จับตัวเป็นไข (cream) เมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนั้นนมแพะจึงมีการโฮโมจีไนซ์โดยธรรมชาติ ไม่ต้องมาทำโฮโมจีไนซ์ ในการผลิตอีกเหมือนน้ำนมโค

1.2.3 น้ำตาลแลคโตสเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในน้ำนม โดยมีอยู่ประมาณ 4.9% และยังพบสารประกอบอื่นๆ เช่น ซีรีโบไรซ์ กลูโคส กาแลคโตส ซูโครส และน้ำตาลอะมิโนในปริมาณน้อย แลคโตสเป็นไดแซคคาไรด์เมื่อถูกย่อยสลายจะได้น้ำตาล กลูโคส และกาแลคโตส น้ำตาลแลคโตสมีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก และการบ่มของผลิตภัณฑ์นม เช่น นมเปรี้ยว และเนยแข็ง ในนมแพะมีปริมาณแลคโตสต่ำกว่านมวัวทำให้คนที่แพ้นมวัวสามารถดื่มได้

1.2.4 โปรตีน โปรตีนในน้ำนมมีส่วนประกอบที่คล้ายกัน ยกเว้นน้ำนมแพะจะไม่มีโปรตีน alpha-s-1-casein โปรตีนในน้ำนมแพะจะประกอบด้วย casein 71%, whey protein (โปรตีนที่ละลายน้ำได้) 22%, non-protein nitrogen 7% นมแพะมี casein น้อยกว่านมโค แต่มีโปรตีนอื่นมากกว่า เมื่อน้ำนมโคเอนไซม์ในการย่อยทำปฏิกิริยาเกิดการตกตะกอนเป็นลิ่มน้ำนม (curd) ทำให้เกิดคุณสมบัติที่แตกต่างกันได้แก่ ลิ่มน้ำนม (curd tension) ยิ่งอ่อนจะยิ่งย่อยง่าย น้ำนมแพะมีค่าเฉลี่ยความอ่อนวัดได้ต่ำกว่าน้ำนมโคถึงหนึ่งเท่าตัว และขนาดชิ้นของลิ่ม (relative size of flakes) น้ำนมแพะให้ชิ้นที่เล็กได้รวดเร็วกว่านมโค ทำให้ย่อยง่ายกว่านมโค จึงทำให้นมแพะย่อยง่ายและรวดเร็วไม่ก่อให้เกิดภาวะภูมิแพ้เหมือนในนมโค

1.2.5 เอนไซม์ เอนไซม์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นจากเซลล์สิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาชีวเคมี ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเอนไซม์ เอนไซม์ในน้ำนมมีหลายชนิด เช่น lipase เป็นเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้, protease เป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการสลายตัวของโปรตีนในผลิตภัณฑ์นมที่ถูกเก็บไว้เป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ที่สามารถใช้เป็นครรชนับบอกการเปลี่ยนแปลงบางอย่างในน้ำนมหรือในการแปรรูปนมได้ เช่น เอนไซม์ phosphatase ใช้บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากเอนไซม์นี้จะถูกทำลายโดยความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้นถ้าตรวจพบเอนไซม์นี้ในน้ำนมแสดงว่าความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

ผลิตภัณฑ์ยังไม่เพียงพอที่จะทำลาย ส่วนเอนไซม์ catalase เป็นครรชนที่บ่งบอกในน้ำนมถึงโรคเต้านมอักเสบที่เกิดขึ้นจากสัตว์

1.2.6 วิตามินในน้ำนมมีทั้งวิตามินที่ละลายในน้ำและวิตามินที่ละลายในไขมัน วิตามินหลักที่พบได้ในน้ำนมแพะ ได้แก่ วิตามินบีรวมซึ่งสังเคราะห์ได้จากแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร วิตามินเค สังเคราะห์ได้จากกระเพาะและลำไส้ วิตามินเอ, วิตามินดี และวิตามินซีได้มาจากอาหารที่กินเข้าไป ส่วนวิตามินบีเป็นผลจากการสังเคราะห์ได้เองในกระเพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง นมแพะมีวิตามินเอและวิตามินบีมากกว่านมโค

1.2.7 แร่ธาตุ น้ำนมแพะมี แคลเซียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส คลอรีน และ แมงกานีสสูงกว่านมโค แต่มี โซเดียม เหล็ก ซีลีเนียม โมลิบดีนัมต่ำกว่านมโค แต่ แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในน้ำนมแพะมีความเข้มข้นเท่ากับกับนมโค ทั้งน้ำนมวัวและแพะมีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.4-6.7) นมแพะมีความสามารถปรับกรดต่างได้จึงมีประโยชน์ในการรักษาแผลในกระเพาะ โดยมี แคลเซียม, ฟอสฟอรัสและ เคซีนเป็นตัวปรับสภาพ buffer ที่สำคัญ หากมีปริมาณขององค์ประกอบนี้มากก็จะทำให้ buffer capacity เพิ่มขึ้น

1.2.8 สารประกอบอินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ที่พบในน้ำนมมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น สารประกอบที่แปรสภาพมาจากอาหารสัตว์ สารประกอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์น้ำนม เช่น กรดอะมิโน, creatinine, creatine, และแอมโมเนียตลอดจนสารที่ได้จากการย่อยสลายเอนไซม์ ได้แก่ ซัลไฟด์ mercaptans และสารประกอบหมู่คาร์บอนิล

ในน้ำนมแต่ละชนิดจะมีปริมาณส่วนประกอบต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำนมแพะ นมโค และนมมารดา

(นิธิยา, 2527; วรณา และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531; สมจิตต์ และ นภาศรี, 2543; บรรจง, 2548)

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบของน้ำมันแต่ละประเภท

รายการ	องค์ประกอบของน้ำมัน (% โดยน้ำหนัก)				
	น้ำ	ไขมันนม	น้ำตาล	โปรตีน	แร่ธาตุ
นมแพะ	87.3%	4.0%	4.2%	3.7%	0.8%
นมโค	87.0%	4.0%	4.9%	3.4%	0.7%
นมมารดา	87.6%	3.7%	6.9%	1.6%	0.2%

ที่มา:ดัดแปลงจาก พงศธร (2551)

1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน

1.3.1 สี สีของน้ำมันที่มองเห็น เกิดจากการกระจายแสงของเม็ดไขมัน ไมเซลล์ของเคซีน แคลเซียม ฟอสเฟต แคลโรทีน และไรโบฟลาวิน การที่มองเห็นเป็นสีขาวเนื่องจากการกระจายแสงกลับหมดของแสง ในช่วงคลื่นต่างๆ เม็ดไขมันขนาดเล็กจะสามารถกระจายแสงได้ดีกว่า แต่หากเม็ดไขมันจับตัวกันเป็น ขนาดใหญ่ขึ้นจะลดการมองเห็นเป็นสีขาวให้น้อยลง นมกระป๋องจะมีสีขาวมากที่สุด เนื่องจากสามารถ เปลี่ยนสารแคลโรทีนที่มีอยู่ในอาหาร (ซึ่งมีสีเหลือง) ไปเป็นวิตามินเอได้เกือบหมด นมแพะมีสีขาว มากกว่านมโคเนื่องจากนมแพะมีขนาดของเม็ดไขมันที่เล็กกว่านมโค และนมที่เติมน้ำจะมีสีขาวโปร่ง

1.3.2 รสและกลิ่นของน้ำมัน ในขณะที่เป็นน้ำมันดิบจะมีรสขมและมีกลิ่นฉุน แต่จะระเหยไปเมื่อ ปล่อยนมตั้งทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศ เมื่อน้ำมันไปผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือทำให้สุก รสจะ เปลี่ยนไป คือจะมีรสหวานเล็กน้อย

1.3.3 ความหนืด ความหนืดมีผลต่อลักษณะของเนื้อม และความรู้สึกเมื่อดื่ม ปริมาณของไขมัน โปรตีน กรรมวิธีการผลิต อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเก็บน้ำมัน การพาสเจอร์ไรส์ทำให้ความหนืดของ น้ำมันลดลง น้ำมันที่ผ่านความร้อนภายใต้ความดันจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนเกิด coagulation ส่วนน้ำมันที่มีปริมาณกรดหรือปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย ในทาง ตรงกันข้าม การคนหรือการกวนมีผลทำให้ความหนืดลดลง โดยปกติแล้วน้ำมันพร้อมมันเนซจะมีความ

หนืด 2.0 centipoises นมพร่องมันเนยหรือหางนมจะมีความหนืด 1.5 centipoises และเวย์จะมีความหนืด 1.2 centipoises

1.3.4 ความหนาแน่น ความหนาแน่นของน้ำนมคือน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของน้ำนม ซึ่งจะแปรผันตามปริมาณของส่วนประกอบต่างๆในน้ำนม เช่น ปริมาณไขมัน และความสามารถของโปรตีน โดยปกติความหนาแน่นของสารใดๆจะเทียบเป็นสัดส่วนต่อความหนาแน่นของน้ำ เรียกว่า ความถ่วงจำเพาะ โดยทั่วไป ที่อุณหภูมิ 20°C น้ำนมจะมีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยประมาณ 1.0325

1.3.5 จุดเดือด จุดเดือดของน้ำนมจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 100 – 101 °C โดยจุดเดือดของน้ำนมจะแปรผันตามปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในน้ำนม ถ้าในน้ำนมมีปริมาณของแข็งละลายอยู่มากจะทำให้มีจุดเดือดสูงขึ้น

1.3.6 จุดเยือกแข็ง จุดเยือกแข็งของน้ำนมจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ -0.54 – (-0.59) °C โดยจุดเยือกแข็งของน้ำนมจะแปรผันตามส่วนประกอบที่ละลายได้ในน้ำนม เช่น น้ำตาล แลคโตส และเกลือแร่ต่างๆ การวัดจุดเยือกแข็งของน้ำนมสามารถใช้ตรวจสอบการเจือปนสารอื่นลงในน้ำนมได้ เช่น การเติมน้ำลงในน้ำนมจะทำให้จุดเยือกแข็งเพิ่มขึ้น และน้ำนมที่ค้างทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลง

1.3.7 ความเป็นกรด ในตามธรรมชาติแล้วน้ำนมจะมีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย โดยจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.3 - 6.9 ค่าความเป็นกรดจะสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำนมได้ เช่น สัตว์ที่เป็นโรคเต้านมอักเสบจะมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นไปจากเดิม จุลินทรีย์ที่ปะปนจากบรรยากาศสามารถเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้กลายเป็นกรด จึงทำให้ค่า pH ลดลงจากเดิม

1.3.8 การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ในน้ำนมจะประกอบด้วยสารประกอบเกลือ เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งจะสามารถแตกตัวเป็นไอออน ทำให้เกิดประจุทางไฟฟ้า ไอออนเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปมา และสามารถเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า การนำไฟฟ้าของน้ำนมมีค่าเท่ากับ $46.1 - 49.2 \times 10^{-4}$ mho ส่วนนมที่รีดได้จากเต้านมวัวอักเสบ จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงอยู่ในช่วง $45.8 - 83.0 \times 10^{-4}$

1.3.9 ดัชนีการหักเหของแสง (refractive index) ดัชนีหักเหของแสงของน้ำนมมีค่าเท่ากับ 1.3440 - 1.3480 โดยค่าดัชนีการหักเหของแสงจะแปรผันตามปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำนม ดังนั้นค่าดัชนีการหักเหของแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำนมมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น

(นิธิยา, 2527; ทองยศ, 2529; สุวรรณ, 2530; วรรณ และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531)

1.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำนมในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความ

การทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมที่ทำให้เกิดโรคต่อร่างกายด้วยความร้อนนั้น นอกจากจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์แล้วยังทำให้ส่วนประกอบต่างๆของน้ำนมเกิดการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ โดยจะมีผลต่อส่วนประกอบของน้ำนมดังนี้ (นิธิยา, 2527; สุวรรณ, 2530)

1.4.1 ไขมัน การให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C จะไม่ทำให้คุณสมบัติของไขมันนมเสียไป แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 100°C จะทำให้ fat globule บางส่วนเกิดการรวมตัวกัน แต่อย่างไรก็ดี ถ้าน้ำนมถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงถึง 75°C หรือสูงกว่านี้ จะทำให้แยกครีมได้ยาก

1.4.2 น้ำตาล น้ำตาลแลคโตสที่อยู่ในน้ำนมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยความร้อนได้รวดเร็วกว่า น้ำตาลแลคโตสที่อยู่ในสภาพแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 100°C น้ำตาลแลคโตสจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้เกิดสีน้ำตาล

1.4.3 โปรตีน เมื่อน้ำนมได้รับความร้อนจะเกิดการรวมตัวของเคซีนและแคลเซียมเป็นก้อนของโปรตีน ทำให้เกิดแผ่นบางๆหรือฝ้าขึ้นบนผิวน้ำนม โดยปกติเมื่อได้รับความร้อนเคซีนจะรวมตัวได้ยากกว่า อัลบูมิน เว้นแต่น้ำนมจะมีความเป็นกรดสูง ทำให้น้ำนมมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ถ้าน้ำนมถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 140°C นาน 5 นาที จะทำให้เคซีนตกตะกอนและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล บีต้า – แลคโตกลูโบลินและอัลบูมินจะเริ่มตกตะกอนที่อุณหภูมิ 70°C ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 75°C น้ำนมจะมีกลิ่นและรสของนมคั่ว เนื่องจากสารที่ทำให้กลั่นในน้ำนมระเหยออกมาและอาจเกิดจากบีต้า – แลคโตกลูโบลินอีกด้วย

1.4.4 เอนไซม์ความร้อนจะทำลายความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ และเอนไซม์แต่ละชนิดจะถูกทำลายที่อุณหภูมิแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์

1.4.5 วิตามินวิตามินซีจะไวต่อการถูกทำลายด้วยความร้อนเร็วที่สุดโดยเฉพาะในสภาวะที่มีอากาศและในสถานะโลหะ ส่วนวิตามินชนิดอื่นๆในน้ำนม จะถูกทำลายเล็กน้อยหรืออาจไม่ถูกทำลายถ้าได้รับความร้อนขนาดปานกลาง

1.4.6 แร่ธาตุความร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุต่างๆในน้ำนม ไม่ว่าที่อุณหภูมิสูงเท่าใดก็ตาม

1.5 การคงตัวของน้ำนมต่อความร้อน

การทำให้นมได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ และทางเคมีของส่วนประกอบในน้ำนม ซึ่งจะเกิดผลรวมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมด้วย การจับตัวของอนุภาคน้ำนมเนื่องจากความร้อนเกิดจากการเปลี่ยนรูปของโปรตีน (Protein denaturation) เนื่องจากความร้อนสูงโดยเฉพาะเมื่อน้ำนมผ่านกระบวนการสเตอริไรซ์ โปรตีนจะจับกันเป็นก้อนลิ่มมีลักษณะคล้ายเจล หากเวลาที่ถูกร้อนมีเวลานาน ก้อนเจลจะมีขนาดใหญ่และสามารถมองเห็นชัดได้ด้วยตาเปล่า ค่าเวลาที่ทำให้เกิดการจับตัว เรียกว่า heat coagulation time (HCT)(Cole and Tarassuk, 1946; Walstraet *al.*, 1999; Montilla and Calvo, 1997; Morgan et al, 2000; Raynal-Ljutovacet *al.*, 2007)

1.5.1 ปัจจัยที่ผลต่อค่าคงตัวความร้อนของน้ำนม

ก. องค์ประกอบโปรตีน: พบว่าสัดส่วนระหว่าง κ - casein และ β - lactoglobulin มีผลต่อค่า HCT หากปริมาณของ β - lactoglobulin ยิ่งมาก ค่า HCT จะมากด้วย เนื่องจาก β - lactoglobulin ช่วยหยุดยั้งการจับตัวเป็นก้อนของ κ - casein หรืออาจประสานกับ protein micelle ช่วยให้โปรตีนมีความสมดุลไม่จับตัวเป็นก้อน

ข. ปริมาณยูเรีย: พบว่าหากปริมาณยูเรียในน้ำนมสูง ความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมสูงด้วย

ค. ปริมาณเกลือ: เกลือในนมที่สำคัญคือแคลเซียม และ ฟอสเฟต พบว่าเมื่อเติมเกลือเหล่านี้เพิ่มลงในนม การเสถียรของเกลือมีผลให้ความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมสูงด้วย

ง. ความเป็นกรดต่าง: พบว่าหากค่า pH มีค่าสูง น้ำนมจะมีความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมสูงขึ้น พบว่าหากค่า pH ต่ำกว่า 6.6 การตกตะกอนของก้อนเจลเนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างมาก

จ. ไขมัน: หากนมมีการผ่านการ Homogenize เมื่อไขมันจะเกาะกับ Casein micelle เมื่อเคซีนจับตัวเป็นก้อนเนื่องจากความร้อนและตกตะกอน ไขมันที่เกาะอยู่กับเคซีนก็จะตกตะกอนด้วย ดังนั้น กระบวนการ Homogenization จึงมีแนวโน้มทำให้ความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมต่ำ

1.5.2 วิธีประเมินค่าความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนม

ก. Ramsdell test: การประเมินวิธีนี้ทำโดยการเติม potassium dihydrophosphate (KH_2PO_4) 0.5 M ลงในน้ำนม 10 ml โดยมีการเติม KH_2PO_4 ในปริมาณที่แตกต่างกัน แล้วนำสารละลายนมนี้ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นพิจารณาสารละลาย KH_2PO_4 ปริมาณของสารละลาย KH_2PO_4 ในนมเป็นปริมาณที่ก่อให้เกิดความไม่คงตัวของนม หากปริมาณของสารละลายมีน้อยกว่า 1 ml แสดงว่าน้ำนมนี้ไม่สามารถทนความร้อนในกระบวนการ UHT ได้ อย่างไรก็ตามการแปรผลของวิธีนี้ค่อนข้างยาก อีกทั้งไม่ปรากฏการใช้วิธีนี้กับนมแพะและ

ข. Alcohol test: วิธีเป็นที่นิยมเนื่องจากไม่ยุ่งยากและได้ผลเร็ว และสามารถบอกถึงความสดใหม่ของนมด้วย การประเมินโดยวิธีนี้ทำโดยการเติมแอลกอฮอล์ปริมาณหนึ่งแต่แตกต่างความเข้มข้นลงในน้ำนมปริมาณหนึ่ง ปริมาณสารละลายแอลกอฮอล์ในนมเป็นปริมาณที่ก่อให้เกิดความไม่คงตัวของนม โดยปกติแล้วพบว่านมแพะและนมมีปริมาณเอทานอลน้อยกว่านมวัว

ค. Direct capillary method: ปกติแล้ววิธีนี้จะวัดค่าความคงตัวต่อความร้อนของน้ำนมโดยการรายงานระยะเวลาที่นมเริ่มเกิดการจับตัวเป็นเจล ที่อุณหภูมิสูง โดยบรรจุนมในหลอดแก้ว capillary ต่อมาได้มีการปรับวิธีเพื่อใช้วัดนมแพะและซึ่งไม่คงตัวที่อุณหภูมิสูง (140°C) การประเมินทำโดยการบรรจุนมประมาณ $60\ \mu\text{l}$ ลงในหลอดแก้ว capillary ปิดฝาแน่น จุ่มหลอดลงในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ ($120 - 150^\circ\text{C}$) เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นรายงานค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุดที่น้ำนมสามารถคงตัวอยู่ได้โดยไม่จับตัวเป็นเจล

2. จุลินทรีย์กับการตรวจสอบทางชีวภาพ

นมเป็นอาหารที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มาก นมมีความชื้นสูง pH ประมาณ 7 นมประกอบด้วยแลคโตส โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุต่างๆ ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำนมเน่าเสีย หรือทำให้เกิดโรค ดังนั้นในกระบวนการผลิตน้ำนมจึงต้องมีการทำลายจุลินทรีย์ เพื่อที่จะรักษาคุณภาพของน้ำนมให้เหมือนเดิมมากที่สุด(ปริยา, 2535)

2.1 จุลินทรีย์ในน้ำนม

ในการรีดนม แม้จะทำการรีดนมที่กระบวนการปลอดเชื้อแล้ว แต่ยังพบว่านมที่ได้นั้นมีจุลินทรีย์อยู่ 100 – 1,000 โคโลนี/มิลลิลิตร ส่วนนมที่รีดได้ด้วยวิธีการที่ไม่ปราศจากเชื้อจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์ที่ปะปนอยู่ในนมก่อนที่จะรีดจากวัวที่ไม่เป็นโรคนั้น ไม่มีความสำคัญมากนัก เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอยู่ภายนอกมีโอกาสปะปนเข้าไปในนมได้มากกว่า และจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถเจริญเติบโตในนมได้ดีกว่าจุลินทรีย์ที่ติดมากับนม แหล่งที่มาที่สำคัญของจุลินทรีย์ในนมคือ เครื่องมือที่ใช้ในการรีดนม ถังนม โรงนม รวมทั้งมือ ผีวหนัง และเสื้อผ้าของคณงานที่รีดนม โดยทั่วไปแล้วนมที่รีดได้นั้นจะมีจุลินทรีย์อยู่ 2,000 – 3,000 โคโลนี/มิลลิลิตร โดยจุลินทรีย์ที่พบในนมมีอยู่ 7 ประเภท (ปริยา, 2535)คือ

2.1.1 Thermoduric organisms เป็นจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้สูง สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 30 -32°C ในน้ำนมสดจะพบเชื้อ *Corynebacterium* และ *Micrococcus* ส่วนน้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์จะพบเชื้อ *Streptococcus* และ *Bacillus* ถ้าจุลินทรีย์เหล่านี้มีจำนวนมากพอ จะทำให้น้ำนมมีลักษณะข้นแข็ง “sweet curdling” และมีรสขม

2.1.2 Thermophilic organisms คือจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 145°F เชื้อที่พบมากคือ *Lactobacillus thermophilus* ถ้าพบจุลินทรีย์ประเภทนี้ในน้ำนม แสดงว่ามีการปะปนมาจากอาหารเลี้ยงสัตว์ ผุ่นละออง โดยทั่วไปจุลินทรีย์ประเภทนี้จะพบน้อย

2.1.3 Psychrophilic organisms จุลินทรีย์ประเภทนี้เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 3-20°C ซึ่งจุลินทรีย์ประเภทนี้ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์ได้ แต่ถ้าเก็บน้ำนมที่เก็บมีเชื้ออยู่จำนวนน้อย ไว้ที่อุณหภูมิ 5-7°C ประมาณ 3-5 วัน เชื้อที่มีอยู่จำนวนน้อยจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นตัวทำให้น้ำนมมีรสขม เชื้อที่พบ คือ *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Serratia* และ *Micrococcus*

2.1.4 Pathogens เป็นจุลินทรีย์ที่ได้มาจากการปนเปื้อนภายนอก คือ จุลินทรีย์จากสัตว์ ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis*, *Brucella abortus* และ จุลินทรีย์จากคนที่ถ่ายทอดต่อไปในนม ได้แก่ *Salmonella typhosa*, *Shigella dysenteriae* เป็นต้น

2.1.5 Lactose fermenting organisms คือจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตแลคโตสและกรดออกมาได้ ทำให้นมมีรสเปรี้ยว จุลินทรีย์ในประเภทนี้ เชื้อที่ทำให้ให้น้ำนมมีกลิ่นและรสไม่ดี คือ Coliforms ซึ่งพบไปตามธรรมชาติ ถ้าใส่ อุจจาระ น้ำเสีย แต่เชื้อเหล่านี้ไม่เป็นพิษ สามารถทำลายได้ด้วยการพาสเจอร์ไรส์

2.1.6 Peptonizing organisms เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ให้น้ำนมเกิด sweet curdling และทำให้สีของน้ำนมเกิดการเปลี่ยนแปลง เชื้อเหล่านี้จะติดมากับดิน ฟาง เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ไม่สะอาดแล้วถ่ายทอดไปสู่ น้ำนม ซึ่งเชื้อที่ทำให้เกิด sweet curdling คือ *Pseudomonas fluorescens* พบจำนวนมากในน้ำที่มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่และน้ำที่ใช้ในการล้างขวด ส่วนสีของน้ำนมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นมาจาก รงควัตถุจากจุลินทรีย์จะปล่อยสีลงไปในน้ำนม และสร้างสารชนิดพิเศษ คือ เมื่อสารที่จุลินทรีย์สร้างอยู่ในสภาพเป็นกรดจะเปลี่ยนสี จึงทำให้สีของน้ำนมเกิดการเปลี่ยนแปลง น้ำนมที่เสียส่วนใหญ่สีจะเปลี่ยนน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ซึ่งสีน้ำเงิน ได้มาจาก *Pseudomonas sepeyana*, *Streptococcus lactis* และ *Geotrichum* สีเหลืองเกิดจาก *Pseudomonas synxanth*, *Sarcina lutea* และ *Flavobacterium* ส่วนสีแดงมาจาก *Serratia marcescens* เป็นต้น

2.1.7 Lipolytic organisms คือจุลินทรีย์ที่ทำให้ให้น้ำนมมีกลิ่นหืนและรสขม (tallow flavors) เชื้อที่ทำให้เกิด คือ *Pseudomonas fragi*

2.2 การเสื่อมเสียของนํ้านมเนื่องจากจุลินทรีย์

พรเพชร(2546) ได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยด้านการเสื่อมเสียของนํ้านมเนื่องจากจุลินทรีย์ไว้ดังนี้ การเสื่อมเสียของนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล แต่ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตมากกว่านอกจากนี้ นํ้านมพาสเจอร์ไรส์ที่บรรจุแล้วมีอายุการเก็บรักษาได้นานมากกว่า 21 วัน

การเสื่อมเสียของนํ้านมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิห้อง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนของแบคทีเรียที่มีอยู่ในนํ้านม แต่ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียที่ทำให้นํ้านมเกิดการเสื่อมเสียเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง คือ จุลินทรีย์กลุ่มทนความร้อนที่สำคัญได้แก่ *Pseudomonas* sp. เพราะสามารถสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีน และไขมันในนํ้านมได้ดี ทำให้นํ้านมมีกลิ่นหืน และรสขมตามมา จุลินทรีย์กลุ่มนี้ไม่ทนต่อการพาสเจอร์ไรส์ จุลินทรีย์ที่ทนต่อการพาสเจอร์ไรส์ และสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า *Thermophilic psychrotroph* ที่สำคัญคือ *Bacillus* เนื่องจากสามารถสร้างสปอร์ ซึ่งไม่ถูกทำลายโดยการพาสเจอร์ไรส์ ทำให้นํ้านมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้ว และเก็บรักษาไว้ระยะเวลาอันมีรสขม กลิ่นหืน เกิดกรดและแก๊สได้

2.3 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในนํ้านม

การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในอาหารจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ทางตรงและการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ทางอ้อม การตรวจวิเคราะห์ทางตรงเป็นการตรวจหาเซลล์ของจุลินทรีย์โดยตรงจากอาหาร ส่วนการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ทางอ้อมเป็นการตรวจหาสารบางชนิดที่จุลินทรีย์ขับออกมา(สุมณฑา, 2549)

2.3.1 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในนํ้านมโดยทางอ้อมเป็นการตรวจหาสารเมตาบอไลต์ที่แบคทีเรียขับออกมาจากการเจริญเติบโต การตรวจวัดสารเมตาบอไลต์อาศัยหลักทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่เกิดการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันและ/หรือทางพันธุกรรม ตามปกติเทคนิคทางอ้อมจะรู้ผลเร็วกว่าการเพาะเลี้ยงเซลล์ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาเพื่อให้เซลล์เจริญเติบโตจนมีจำนวนมากพอที่จะการประเมินผลในอุตสาหกรรมอาหาร การรู้ผลเร็วเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงานบางลักษณะที่ต้องการตัดสินใจในทันที เทคนิคทางอ้อมจึงได้รับความนิยมมากขึ้น

ก. เทคนิคทางกายภาพ จะอาศัยหลักการนำหรือความต้านทานกระแสไฟฟ้าของสารเมตาบอไลต์ที่แบคทีเรียขับออกมา

ข. เทคนิคทางเคมี เป็นวิธีวิเคราะห์ทางอ้อมที่อาศัยสารเมตาบอไลต์ที่จุลินทรีย์ขับออกมาแล้วทำการทดสอบสารนั้นๆโดยอาศัยการทำปฏิกิริยาทางเคมี

2.3.2 การตรวจสอบจุลินทรีย์ในน้ำนมโดยตรง

ก. เทคนิคการตรวจรูปร่างลักษณะของจุลินทรีย์จากอาหารโดยตรงได้กล้องจุลทรรศน์ เป็นการตรวจรูปร่างลักษณะของจุลินทรีย์จากอาหารโดยตรงด้วยกล้องจุลทรรศน์ เทคนิคนี้ใช้ตัวอย่างอาหารน้อยมากหยดลงบนแผ่นสไลด์ปิดทับด้วยโคเวอร์สลิป (cover slip) ถ้าต้องการดูลักษณะการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ต้องหยดน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

ข. เทคนิคการตรวจนับเซลล์จุลินทรีย์จากอาหารโดยตรงได้กล้องจุลทรรศน์ เป็นการตรวจนับจุลินทรีย์โดยตรงด้วยกล้องจุลทรรศน์ วัตถุประสงค์สำคัญของเทคนิคนี้เพื่อต้องการตรวจนับแบคทีเรียในน้ำนม เนื่องจากต้องการรู้ผลเร็ว ทันเวลาในการประเมินราคาน้ำนมดิบตามคุณภาพในกระบวนการรับซื้อนม

ค. เทคนิคการเพาะเลี้ยงอาหารจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นการกระตุ้นให้จุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่เจริญ ขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนมากขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวบนพื้นผิวหรือบนวุ้นอาหาร

ง. เทคนิคการตรวจนับจุลินทรีย์บนพื้นผิว เช่นการสวอป(Swab)

2.4 ค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำนม

การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมทางด้านจุลินทรีย์ใช้กำหนดราคาซื้อขายน้ำนมดิบ และเป็นดัชนีชี้ถึงประสิทธิภาพด้านสาธารณสุขหรือความสะอาดของการรีดนมของฟาร์ม คุณภาพของน้ำนมที่ตรวจสอบจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางจุลินทรีย์ได้นั้นต้องเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

2.4.1 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (กระทรวงสาธารณสุข,2545) น้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ ต้องมีคุณภาพ ดังต่อไปนี้

ก. ต้องปราศจากเชื้อโรคอันอาจจะติดต่อคนได้ เช่น เชื้อที่ทำให้เกิดวัณโรค เชื้อที่ทำให้เกิดโรคแท้งติดต่อ เป็นต้น

ข. ไม่มีน้ำนมเน่าเหลืองเจือปน

ค. มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อชนิดนั้น

ง. มีลักษณะเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

จ. ไม่มีสารที่อาจเป็นพิษ สารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ และสารปนเปื้อน ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง สารปฏิชีวนะ แอฟลาทอกซิน เป็นต้น

ฉ. ไม่มีวัตถุกันเสีย

ช. ไม่มีวัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล

ซ. มีโปรตีนนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.8 ของน้ำหนัก

ฅ. มีเนื้อมนมไม่รวมมันเนยและมันเนย ดังนี้

- เนื้อมนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดเต็มมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

- เนื้อมนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมันเนยมากกว่าร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก แต่ไม่ถึงร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดพร่องมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

- เนื้อมนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.8 ของน้ำหนัก และมันเนยไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก สำหรับน้ำนมดิบชนิดขาดมันเนยที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อ

ญ. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

ฎ. ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia coli) ในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ 0.1 มิลลิลิตร

ฏ. ตรวจพบแบคทีเรียในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ 1 มิลลิลิตร ได้ไม่เกิน 10,000 หน่วยผลิตและไม่เกิน 50,000 ตลอดระยะเวลาเมื่อออกจากแหล่งผลิตจนถึงวันหมดอายุการบริโภคที่ระบุบนฉลาก

ฐ. ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มได้ไม่เกิน 100 ในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอ

ไรต์ 1 มิลลิลิตร ณ แหล่งผลิต

ท. ตรวจไม่พบแบคทีเรียในน้ำนมดิบที่ผ่านกรรมวิธีสเตอริไลซ์และน้ำนมดิบที่ผ่ากรรมวิธี

ยู เอช ที 0.1 มิลลิลิตร

การแบ่งชั้นมาตรฐานของน้ำนมแพะดิบสามารถแบ่งได้ตามคุณลักษณะที่พบดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 ส่วนตารางที่ 3 บ่งบอกถึงมาตรฐานกำหนดของจำนวนจุลินทรีย์ที่มีในน้ำนม

ตารางที่ 2 ตารางแสดงการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำนมแพะดิบตามคุณลักษณะ

ชั้นคุณภาพ คุณลักษณะ	ดีมาก	ดี	มาตรฐาน
1. จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	$< 5 \times 10^4$	5×10^4 ถึง 10^5	$> 10^5$ ถึง 2×10^6
2. จำนวนเซลล์โซมาติก (cells/ml)	$< 7 \times 10^5$	7×10^5 ถึง 10^6	$> 10^6$ ถึง 1.5×10^6
3. โปรตีน (%)	> 3.7	> 3.4 ถึง 3.7	3.1 ถึง 3.4
4. ไขมัน (%)	> 4	> 3.5 ถึง 4	3.25 ถึง 3.5
5. เนื้อมทั้งหมด (%)	> 13	> 12 ถึง 13	11.7 ถึง 12

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2551)

ตารางที่ 3 ตารางแสดงเกณฑ์กำหนดจุลินทรีย์

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	
		นมพาสเจอร์ไรส์	นมสเตอริไลซ์และนมยูเอชที
1	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดโคโลนีในนมสด 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร 1.1 ตัวอย่างจากโรงงาน 1.2 ตัวอย่างจากร้านจำหน่ายปลีก	ไม่เกิน 10 000 ไม่เกิน 50 000	ต้องไม่พบ ต้องไม่พบ
2	เอสเคอริเชีย โคไล (<i>Escherichia coli</i>) ในนมสด 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ
3	โคลิฟอร์ม (coliform) โคโลนีในนมสด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร	ไม่เกิน 10	ไม่ต้องตรวจ
4	เทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย(<i>thermophilic bacteria</i>) โคโลนีในนมสด 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร	ไม่ต้องตรวจ	ต้องไม่พบ
5	จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคโดยเฉพาะเชื้อมายโคแบคทีเรียทูปerculosis (<i>Mycobacterium tuberculosis</i>) ซาลโมเนลลา(<i>Salmonella</i>) สเตรปโตค็อกคัส(<i>Streptococcus</i>) สตาฟีโลค็อกคัสออเรียส(<i>Staphylococcus aureus</i>) ชิเจลล่า(<i>Shigella</i>)และวิบรีโอโคเลอรา(<i>Vibrio cholera</i>)	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547)

3. การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในกระบวนการแปรรูปอาหาร เพื่อให้อาหารมีคุณภาพ การบริโภคตามต้องการ และการใช้ความร้อนยังเป็นวิธีในการถนอมรักษาอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อยับยั้งการเน่าเสียของอาหารและการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ในอาหาร ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ที่มีอยู่ในอาหารรวมทั้งพืชและแมลงต่างๆ

ระดับความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปหรือถนอมรักษาอาหารมีผลต่อระดับของการถนอมอาหารนั้นๆ เช่น การใช้ความร้อนในระดับต่ำจะสามารถถนอมรักษาอาหารให้สุกพอใช้รับประทานได้เท่านั้น อายุการเก็บรักษา (Shelf – life) จะสั้น ถ้าต้องการเก็บรักษาอาหารให้นานจำเป็นต้องเพิ่มระดับความร้อนหรือปริมาณความร้อนให้เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานจะสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้น และในการให้ความร้อนที่สูงในช่วงเวลาสั้นๆสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่เวลานานกว่า โดยยังคงรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นั้นไว้ได้ การให้ความร้อนกับน้ำนมที่นิยมใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ตามกรรมวิธีได้ 3 ประเภท (วิไล, 2546)คือ

3.1 การพาสเจอร์ไรส์(Pasteurization)

การพาสเจอร์ไรส์เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่ไม่รุนแรงนักที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารให้นานหลายวัน เช่นนม หรือนานหลายเดือน เช่นน้ำผลไม้บรรจุขวด วิธีนี้สามารถใช้ในการถนอมอาหารได้โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าอาหารน้อยที่สุดการพาสเจอร์ไรส์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วต้องเข้าสู่กระบวนการต่อไปหรือต้องเก็บรักษาในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น การเก็บนมพาสเจอร์ไรส์ หรือน้ำผลไม้พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 4-10 °C การรุนแรงของการให้ความร้อนกับผลการยืดอายุผลิตภัณฑ์กำหนดได้โดย pH ของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยวัตถุประสงค์หลักในการพาสเจอร์ไรส์อาหารที่มีความเป็นกรด (pH>4.5) คือการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่วนวัตถุประสงค์หลักในการพาสเจอร์ไรส์อาหารที่มีความ

เป็นกรดสูง(pH<4.5) คือการทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดัง
ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงวัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรส์อาหารชนิดต่างๆ

อาหาร	วัตถุประสงค์หลัก	วัตถุประสงค์รอง	สถานะในการให้ความร้อน ^a
(pH<4.5) น้ำผลไม้	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เช่น pectin-esterase และ polygalacturonase	ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ เกิดการเน่าเสีย เช่น ยีสต์ รา	65 °C นาน 30 นาที
เบียร์	ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการ เน่าเสีย เช่น ยีสต์ป่า <i>Lactobacillus species</i> และยีสต์ที่ หลงเหลืออยู่ เช่น <i>Saccharomyces species</i>	-	65-68 °C นาน 20 นาที (บรรจุขวด) หรือ 72-75 °C นาน 1-4 นาที ที่ 900-1,000 kPa
(pH>4.5) นม	ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น <i>Brucella abortis</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Coxiella burnetii</i> ^b	ทำลายจุลินทรีย์ที่ ก่อให้เกิดการเน่าเสียและ ทำลายเอนไซม์	63 °C นาน 30 นาที หรือ 71.5 °C นาน 15 วินาที
ไข่	ทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น <i>Salmonella seftenburg</i>	ทำลายจุลินทรีย์ที่ ก่อให้เกิดการเน่าเสีย	65 °C นาน 30 นาที หรือ 71 °C นาน 10 นาที หรือ 80 °C นาน 15 วินาที

^aตามด้วยการทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 3-7 °C อย่างรวดเร็ว

^bเป็นเชื้อ *Rickettsia* ที่ทำให้เกิดโรค Q fever

ที่มา : วิลโล (2546)

3.1.1 Low Temperature Long Time (LTLT) Pasteurization เป็นการพาสเจอร์ไรส์น้ำนมที่ใช้กันมาเป็นเวลานาน เครื่องมือพาสเจอร์ไรส์ประกอบด้วยถังเหล็กปลอดสนิมสองชั้นรวมกันความจุของตัวถังด้านในประมาณ 200-1500 ลิตร ช่องว่างระหว่างถังสองใบมีน้ำร้อนหรือไอน้ำไหลวนเวียน ภายในถังมีเครื่องกวนหมุนด้วยมอเตอร์ การให้ความร้อนอาจกระทำโดยระบบอัตโนมัติหรือใช้คนควบคุมอุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 62.8-63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 5°C

3.1.2 High Temperature Short Time (HTST) Pasteurization เป็นการพาสเจอร์ไรส์แบบต่อเนื่อง โดยทั่วไปนิยมใช้ระบบ plate pasteurization โดยน้ำนมดิบไหลผ่านแผ่นโลหะปลอดสนิมที่เรียงซ้อนกันจำนวนหนึ่ง น้ำนมที่ไหลผ่านแผ่นเหล็กดังกล่าวถูกทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 72.5 องศาเซลเซียส นานอย่างน้อย 15 วินาที จากนั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แผ่นเหล็กที่ใช้ถ่ายเทความร้อน และความเย็นนี้ เรียกว่าแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนหรือ plate heat exchanger เป็นวิธีที่นิยม และมีประสิทธิภาพสูงสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ร้อยละ 90-99

การพาสเจอร์ไรส์โดยใช้อุณหภูมิสูงแต่เวลาสั้น High Temperature Short Time (HTST) เป็นการช่วยถนอมคุณภาพด้านโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร การออกแบบกระบวนการพาสเจอร์ไรส์จึงขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำลายจุลินทรีย์กับปัจจัยด้านคุณภาพ โดยทั่วไปกระบวนการ HTST จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงสุด เช่น นมไม่นิยมให้ความร้อนโดยกระบวนการ LTLT เนื่องจากจะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินมากกว่ากระบวนการ HTST และการพาสเจอร์ไรส์นมที่ 88°C นาน 1 วินาที หรือ 94°C นาน 0.1 วินาที หรือ 100°C นาน 0.01 วินาที เป็นกระบวนการที่เรียกว่า การใช้อุณหภูมิสูงกว่าและเวลาสั้นกว่า (higher-heat-shorter-time) หรือแฟลชพาสเจอร์ไรส์ (flash pasteurization)

วิธีพาสเจอร์ไรส์แบบช้านั้นมีใช้กันในโรงงานขนาดเล็กๆ ที่รับน้ำนมเข้ามาในปริมาณไม่มาก ส่วนการพาสเจอร์ไรส์แบบเร็วนี้ นิยมใช้ในโรงงานทั่วไป วิธีผลิตเป็นระบบต่อเนื่อง อุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเรียกว่า plate heat exchanger เนื่องจากน้ำนมที่ได้ยังมีจุลินทรีย์เหลือรอดอยู่จึงต้องทำให้เย็นลงทันที ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5°C จากนั้นจึงบรรจุลงถุง/ขวดพลาสติก หรือกล่องแล้วส่งออกจำหน่าย

3.1.3 การพาสเจอร์ไรส์นมในครัวเรือน นมพาสเจอร์ไรส์ (pasteurized milk) คือ นมที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ใช้สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในคน (pathogens) ทำให้นมปลอดภัยในการบริโภค แต่ความร้อนที่ใช้ไม่ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้นมเสีย ซึ่งทำให้นมพร้อมดื่มเสียและเปรี้ยว ดังนั้นนมประเภทนี้จึงมีอายุการเก็บสั้น ประมาณ 3 - 10 วัน และต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C นมพาสเจอร์ไรส์

ที่มีขายในท้องตลาดอาจบรรจุภาชนะพลาสติกลักษณะเป็นถุงหรือขวด หรืออาจบรรจุในกล่องกระดาษลามิเนต ก่อนซื้อผู้บริโภคควรอ่านวันหมดอายุที่ระบุไว้ด้วย เพื่อป้องกันการบริโภคนมเสียการบรรจุขวดเมื่อทำการฆ่าเชื้อขวดแล้วนำนมที่ร้อนใส่ลงไปถึงระดับปากขวด จากนั้นทำการปิดปากขวดพร้อมทั้งฆ่าเชื้อปากขวดด้วยการกลั้วเอาหัวลง ถ้าเป็นขวดปากกว้างใช้เวลา 3 นาที ถ้าเป็นขวดปากแคบใช้เวลา 5 นาที แล้วจึงนำไปลดอุณหภูมิ

3.2 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)

การสเตอริไลซ์เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ เป็นผลทำให้อาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์มีอายุการเก็บรักษานานอย่างน้อย 6 เดือน การให้ความร้อนที่รุนแรงระหว่างการสเตอริไลซ์อาหารในภาชนะบรรจุก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร การพัฒนาเทคโนโลยีของการแปรรูปอาหารในปัจจุบันจึงมีเป้าหมายหลักเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดต่อคุณภาพด้าน โภชนาการและประสาทสัมผัส ดังนั้นจึงเกิดการให้ความร้อนในระดับที่เรียกว่า การสเตอริไลซ์แบบการค้า (Commercial Sterilization) คือ การใช้ความร้อนในระดับที่เพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโทษและจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงรวมทั้งสปอร์ ทำให้จุลินทรีย์หรือสปอร์ที่หลงเหลืออยู่ (ประมาณ 1×10^{-12} สปอร์) ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เก็บรักษา

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นหลักการวัดคุณภาพทางอ้อม (Subjective measurement) ซึ่งใช้นมนุษย์เป็นเครื่องทดสอบแทนเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ในการวัดค่าทางเคมีหรือการวัดค่าทางกายภาพ ซึ่งเป็นการวัดคุณภาพโดยตรง

ปัจจุบันการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีบทบาทสำคัญมากขึ้น เพราะลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยคุณภาพที่ส่งผลต่อการยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภค สถาบันเทคโนโลยีทางด้านอาหาร (The Institute of Food Technologists; IFT) ในหน่วยของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำ นิยามของคำ ว่า “ประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)” ว่า เป็นกฎเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดค่าวิเคราะห์ผลและสรุปผลจาก

ปฏิบัติต่างๆต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากความรู้สึกของมนุษย์ในแง่ การมองเห็น การได้รับกลิ่น รสชาติ การสัมผัส และการได้ยิน(ไพโรจน์, 2545; ธงชัย, 2548; ปราณี, 2527)

4.1 ประเภทการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผู้ประเมินผลิตภัณฑ์หรือผู้ทดสอบชิมจะต้องได้รับการพัฒนาถึงการจำแนกระดับความแตกต่างที่เหมาะสมหนึ่งๆ หรือ ความสามารถในการจำแนกความแปรปรวนของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอ บ่อยครั้งที่การจำแนกลักษณะของผลิตภัณฑ์ในการวัดโดยใช้เครื่องมือ การปรากฏหรือไม่ปรากฏของ ลักษณะผลิตภัณฑ์เฉพาะบางอย่างอาจจะมีผลต่อความชอบของผู้บริโภค แม้ว่าผู้บริโภค อาจจะไม่มีความไว น้อยต่อการแปรปรวนของคุณภาพเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วก็ตาม มี ข้อสังเกตว่าการทดสอบความชอบที่ดีที่สุดมักใช้การทดสอบผู้บริโภคทั่วไป ในขณะที่ผู้ทดสอบที่ผ่านการ ฝึกฝนมานิยมใช้ในการทดสอบหาความแตกต่างและการทดสอบเชิงพรรณนา

4.1.1 การทดสอบโดยใช้ผู้ประเมินที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (Untrained panel) หรือผู้ทดสอบบริโภคที่ไม่จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ประเมินจำนวนมากที่ถูกคัดเลือก โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างสุ่มว่ามีประโยชน์อย่างมากในการทดสอบผู้บริโภค จำนวนผู้บริโภค ที่ต้องการเพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือโดยปกติมักจะมีจำนวนมากกว่า100 คน ความแปรปรวนค่อนข้างสูงใน กลุ่มผู้ประเมินถูกคาดหวังว่ามักจะเกิดขึ้น และด้วยเหตุนี้จึงมักจะปรับให้มีความแปรปรวนน้อยที่สุดโดย การใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างให้มีประสิทธิภาพ และโดยการเพิ่มจำนวนของผู้บริโภคจากประชากร กลุ่มเป้าหมายให้มากขึ้น

สำหรับผู้ทดสอบบริโภค ผู้ประเมินดังกล่าวจะไม่ได้ผ่านการฝึกฝน และไม่คาดหวังว่าจะต้องทำการ ทดสอบก่อนผู้ประเมินแต่ละคนจะต้องมีการทดสอบซ้ำ ดังนั้นอาจจะเกิดปัญหาเรื่องภาษาปกติที่ใช้ และ ระบบของการสื่อสารที่สัมพันธ์กับการเข้าใจของผู้บริโภคของตัวผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้การทดสอบ ผู้บริโภคโดยปกติจะถูกจำกัดเฉพาะเป็น การทดสอบความชอบ (Preference) ในกรณีส่วนใหญ่การเห็น ครั้งแรกของผู้บริโภคหรือระดับของความชอบมักจะเป็นข้อมูลที่ได้รับโดยตรงมาจากการทดสอบ ผู้บริโภค การจำแนกลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือการหาความแตกต่างในลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ มักจะไม่ถามกับผู้ทดสอบบริโภค ดังนั้นโดยทั่วไปการทดสอบผู้บริโภคจึงมักใช้ประโยชน์จากการวัดการ ขอมรับผลิตภัณฑ์ หรือความชอบผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

4.1.2 การทดสอบโดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน (trained panel) เป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่ได้ผ่านการฝึกฝนให้มีความรู้ทางด้านประสาทสัมผัส และมีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์บ้างพอสมควร จำนวนที่ใช้ไม่จำเป็นต้องมาก อาจอยู่ในช่วงตั้งแต่ 5-20 คน ควรใช้ประมาณ 10 คน (อย่างน้อย 6 คน) ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่การใช้ผู้บริโภคริโภคในห้องปฏิบัติการนั้นจะใช้ในงานที่มีลักษณะเป็นงานวิจัย หรือการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสายงานด้านอาหารพบว่าจะมีประโยชน์อย่างมากในงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งการสร้างระดับของคุณภาพ และการศึกษาด้านกลิ่น รสชาติของผลิตภัณฑ์ ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถาบันทางวิชาการที่มีความเข้าใจเพียงพอและเห็นประโยชน์ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส จะมีการใช้ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการ กลุ่มผู้ทดสอบชิมกลุ่มนี้แตกต่างจากกลุ่มผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนในเรื่องจำนวนของผู้ทดสอบชิมที่ต้องการใช้ และธรรมชาติของข้อมูลที่ต้องการได้จากผู้ประเมิน ดังนั้นในขณะที่ผู้ทดสอบบริโภคถูกจำกัดด้วยการทดสอบหลักเป็นการวัด ความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์ ส่วนผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมานับว่ามีบทบาทที่สำคัญในการทดสอบหาความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ และเป็นการจำแนกของลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เป็นต้น บางครั้งในกลุ่มนี้ที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดีจะเป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่มีการพัฒนาความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างอันละเอียดอ่อนระหว่างลักษณะของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้เมื่อสภาวะทางกายภาพถูกควบคุมอย่างพอเพียงและผู้ทดสอบชิมได้รับการฝึกฝนอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถที่จะใช้เป็นผู้ทดสอบในลักษณะที่เป็นเครื่องมือที่มีความไวในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผู้ทดสอบชิม อาจจะใช้เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถใช้วัดคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่เป็นเหตุเป็นผลและมีความเที่ยงตรง

4.1.3 การทดสอบความชอบและการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Preference / acceptance tests) การทดสอบความชอบ หรือความนิยม หรือการยอมรับ เป็นวิธีการที่วัดความชอบ หรือวัดจากความชอบที่ใกล้เคียงกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่กำลังทดสอบ วัดจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้ทดสอบชิมที่ตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบความชอบ หรือการยอมรับนี้ เป็นการวัดความชอบจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้บริโภคที่ไม่การฝึกฝน (Untrained panels) ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบที่มีประชากรมากเพื่อให้ได้ค่าที่สรุปและผลในการวิเคราะห์ทางสถิติมีผลเป็นที่น่าพอใจ การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบ ความชอบนี้เป็นการหาความชอบจากตัวแทน กลุ่มของประชากรและจำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนมาก

4.2 วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.2.1 การทดสอบความแตกต่าง โดยรูปแบบของการทดสอบหาความแตกต่างสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ การทดสอบเพื่อหาความแตกต่างโดยรวมทั้งหมด (Overall difference tests) และ การทดสอบเพื่อหาความแตกต่างลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัส (Attribute difference tests)

ก. การทดสอบแบบ Triangle test การทดสอบวิธีนี้เป็นการทดสอบอย่างง่ายใน 3 ตัวอย่างในเวลาเดียวกันซึ่ง 2 ตัวอย่างใน 3 ตัวอย่างดังกล่าวจะมีความเหมือนกัน และอีกตัวอย่างหนึ่งจะแตกต่างจากกลุ่ม ซึ่งบางครั้งตัวอย่างที่แตกต่างนี้จะเทียบเคียงถึงตัวอย่าง Unknown การทดสอบแบบ Triangle test นับว่ามีประโยชน์หลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์รวมทั้งการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ผู้ทดสอบจะต้องประเมินหาตัวอย่างที่แตกต่างหรือตัวอย่างที่ (Odd sample) ออกมาจากตัวอย่างคู่ที่เหมือนกัน (Identical samples) การทดสอบนี้นอกจากมีประสิทธิภาพในการหาความแตกต่างในตัวอย่างแล้ว สามารถนำการทดสอบนี้ไปใช้ในการคัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างได้ดีหรือไม่ เพราะโอกาสความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะให้คำตอบที่ถูกต้องมีเพียง 1 ใน 3 เท่านั้น

ข. การทดสอบแบบ Duo-trio test หรือ วิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่กับตัวอย่างมาตรฐาน เป็นการทดสอบความแตกต่างในตัวอย่างที่นำมาทดสอบจำนวน 2 ตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบแบบ Triangle ผู้ทดสอบจะดำเนินการทดสอบตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง (A และ B) ที่เรียกว่าคู่อ (Duo) พร้อมกับอีกหนึ่งตัวอย่างเรียกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (R) ที่เลือกมาจากตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่งใน 2 ตัวอย่าง เช่นตัวอย่าง A การสุ่มลำดับการเสนอตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบจะเป็นดังนี้ A-AB หรือ A-BA หรือถ้าเป็นตัวอย่าง B การสุ่มลำดับการเสนอตัวอย่างจะเป็นดังนี้ B-AB หรือ B-BA จึงเรียกว่า ทรี โอ (Trio) ผู้ทดสอบจะต้องบอกว่าตัวอย่างใดในสองตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกับตัวอย่างมาตรฐาน การทดสอบวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ง่ายสำหรับผู้ทดสอบเนื่องจากใช้ความสามารถในการจดจำตัวอย่างเพื่อแยกแยะความแตกต่างน้อยกว่าการทดสอบแบบ Triangle เพราะมีตัวอย่างมาตรฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ และความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะมีโอกาสตอบได้ถูกต้องเท่ากับ 1 ใน 2 หรือ 50 %

ค. การทดสอบแบบเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (Paired test or Paired comparison test) เป็นวิธีที่มีการเสนอตัวอย่าง 2 ตัวอย่างพร้อมกันเพื่อให้ผู้ทดสอบเปรียบเทียบตัวอย่าง 2 ตัวอย่างในลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉพาะที่ต้องการ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างกันในทิศทางที่มากกว่าหรือน้อยกว่ากัน เช่นการ

เปรียบเทียบตัวอย่าง 2 ตัวอย่างให้ผู้ทดสอบเลือกว่าตัวอย่างไหนหวานกว่า เนื่องจากการทดสอบแบบนี้มีจำนวนตัวอย่างให้ทดสอบเพียง 2 ตัวอย่าง และบอกทิศทางของการเลือกตัวอย่างจึงเรียกรูปแบบนี้ว่า 2 AFC (Two alternative forced choice test)

4.2.2 การทดสอบแบบเรียงลำดับ (Ranking test) การทดสอบนี้เหมาะสำหรับในกรณีที่มีตัวอย่างที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างที่ได้รับตามลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ดำเนินการทดสอบต้องการศึกษาโดยผู้ทดสอบจะทำการเรียงลำดับความเข้มของตัวอย่างตามลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้น เช่น ผู้ทดสอบได้รับตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่างที่มีเลขรหัส 3 หลักกำกับอยู่ในแต่ละตัวอย่าง ผู้ดำเนินการทดสอบต้องการให้ผู้ทดสอบเรียงลำดับความหวานจากหวานมากไปหวานน้อยที่สุด

การทดสอบการจัดลำดับยังสามารถนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ง่ายโดยการใช้เทคนิคที่เรียกว่า R-index ซึ่งนักจิตวิทยาได้คิดค้นหลักการนี้โดยเลียนแบบการวิเคราะห์เพื่อแยกแยะสัญญาณ (Signal) ออกจากตัวรบกวน (Noise) ในทางไฟฟ้า ตัวอย่างการนำเทคนิค R-index มาใช้วิเคราะห์ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในอาหาร 4 ตัวอย่าง กับผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน ซึ่งมีข้อมูลการประเมินดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างข้อมูลการประเมินความชอบของผู้บริโภคโดยใช้ประสาทสัมผัส ด้วยวิธีจัดลำดับ

ลำดับที่ ตัวอย่าง	1	2	3	4
A	a	b	c	d
B	e	f	g	h
C	i	j	k	l
D	m	n	o	p

หมายเหตุ a > e > i > m

ที่มา :O' Mahony (2001)

โดย

A, B, C และ D = ตัวอย่างอาหาร

ลำดับที่1 = ชอบมากที่สุด

ลำดับที่2 = ชอบมาก

ลำดับที่3 = ชอบน้อย

ลำดับที่4 = ชอบน้อยที่สุด

a, b, c, d, e, f, g, h, I, j, k, l, m, n, o, p = จำนวนผู้ทดสอบที่เลือกตัวอย่างอาหารที่ระดับความชอบต่างๆ

ในการเปรียบเทียบว่าอาหารตัวอย่างใดให้ค่าความชอบมากกว่ากัน ควรเปรียบเทียบตัวอย่างอาหารที่ได้รับการจัดลำดับใกล้เคียงกัน โดยให้ตัวอย่างที่ได้รับการจัดลำดับสูงกว่าเป็นตัวสัญญาณ และตัวที่ได้รับการจัดลำดับรองลงมาเป็นตัวรบกวน เช่น หากผู้ทดสอบโดยรวมเลือกอาหารตัวอย่าง A มากกว่าตัวอย่าง B ในการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อยืนยันความแตกต่างด้านความชอบของอาหาร 2 ตัวอย่างนี้ ทำโดยการให้อาหารตัวอย่าง A เป็นตัวสัญญาณและอาหารตัวอย่าง B เป็นตัวรบกวน และสามารถตั้งสมมุติฐานได้ดังนี้

สมมุติฐานหลัก H_0 : อาหารตัวอย่าง A และ อาหารตัวอย่าง B มีความกรอบใกล้เคียงกัน

สมมุติฐานรอง H_1 : อาหารตัวอย่าง A มีความกรอบมากกว่าอาหารตัวอย่าง B

$$R = \frac{a(f + g + h) + b(g + h) + ch + 0.5(ae + bf + cg + dh)}{N_1 N_2} \dots\dots\dots$$

(1)

$$N_1 = a + b + c + d \dots\dots\dots (2)$$

$$N_2 = e + f + g + h \dots\dots\dots (3)$$

โดย N_1 = จำนวนสัญญาณทั้งหมด

N_2 = จำนวนตัวรบกวนทั้งหมด

นำค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ในตารางที่ 1 ในภาคผนวก หากค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่คำนวณได้มากกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ในตารางบวกกับ 50 แสดงว่าอาหารตัวอย่าง A ได้รับความชอบมากกว่าอาหารตัวอย่าง B (ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1)

4.2.3 การทดสอบแบบให้คะแนน (Rating/Scoring test) เป็นวิธีใช้สำหรับกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างหลายๆตัวอย่างแบบมีทิศทางในการให้คะแนนความต่าง (Multiple difference tests - Rating approaches) ไปในทางมากกว่าหรือน้อยกว่า วิธีนี้ผู้ทดสอบต้องได้รับการฝึกฝนให้รู้จักค่าของคะแนนและความหมายของคะแนนที่ให้ เป็นการให้คะแนนตามสมบัติของลักษณะที่ต้องการทดสอบเช่นความเข้มข้นของกลิ่นรส ระดับค่าคะแนนความต่างที่ให้ไม่ควรมีสเกลกว้างนัก เพราะช่วงคะแนนที่ยาวมากจะทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถตัดสินใจได้ ปกตินิยมใช้คะแนน 1-5 หรือ 1-9 จากไม่มีไปถึงมากที่สุด ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ทดสอบ

4.2.4 การใช้การทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive tests) การทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analysis) มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องการทราบรายละเอียดของข้อกำหนดของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ หรือเปรียบเทียบระหว่างหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ร่วมกันใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ของกลุ่ม ซึ่งการทดสอบเชิงพรรณนาสามารถบ่งชี้ได้ว่า ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มนั้นแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ของเราอย่างไรได้อย่างละเอียด เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ในการประกันคุณภาพอาหารนั้น สามารถใช้การทดสอบเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ปัญหาที่ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างละเอียด การใช้การทดสอบเชิงพรรณนาในงานการควบคุมคุณภาพประจำวันทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นก็จริง แต่วิธีการดังกล่าวจะมีประโยชน์ในกรณีที่เกิดเสียงคำหนิจากลูกค้าขึ้น ซึ่งจะทำให้เราสามารถประเมินได้ว่า คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใดที่ก่อให้เกิดคำหนิในผลิตภัณฑ์ขึ้น ไม่ควรใช้วิธีนี้ในการทดสอบผู้บริโภค เพราะว่าการทดสอบเชิงพรรณนาทุกชนิดนั้น ผู้ทดสอบต้องได้รับการฝึกฝนมาแล้วเท่านั้น อย่างน้อยผู้ทดสอบต้องเป็นผู้ที่ให้ผลการทดสอบที่สม่ำเสมอและผลที่ได้สามารถทำซ้ำได้ (reproducibility)

ขอบเขตของโครงการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ งานวิจัยนี้ศึกษาความคงตัวต่อความร้อน (heat stability) ของนมแพะ และศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา ของนมแพะที่ผ่านอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ในช่วงการเก็บรักษา 90 วัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

นิสิต นักศึกษา นักวิจัย นักวิชาการ ประชาชนผู้สนใจ และผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมนมขนาดกลางและขนาดเล็ก สามารถประยุกต์ผลการวิจัยในการทำนมแพะสเตอริไลซ์เพื่อบริโภคและจำหน่ายได้ เป็นการเพิ่มทางเลือกด้านการถนอมอาหารและส่งเสริมธุรกิจนมแพะสเตอริไลซ์ให้แพร่หลาย

วิธีวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทำมพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

1. นํ้านมพะเคิบ (ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน)
2. เครื่อง Autoclave (Model HA-300MII, Hirayama Manufacturing Corporations, Tokyo, Japan)
3. ตู้บ่ม (GALLENKAMP, บริษัท ไทยโพนเมติก จำกัด)
4. เทอร์โมมิเตอร์ (EBRO TTX 100)
5. ตู้เย็น(รุ่น SDC – 1000AY, บริษัท Sanden Intercool)
6. เครื่องปิดฝาขวด
7. ขวดขนาด 300 ml พร้อมฝาจับ
8. ผ้าขาวบาง
9. แอลกอฮอล์ 85%
10. นาฬิกาจับเวลา
11. หม้อสแตนเลส
12. กระบวย
13. กรวยกรอง
14. นํ้าแข็ง
15. เตาแก๊ส
16. จานพลาสติกและถ้วยพลาสติกสีขุ่น
17. แก้วน้ำพลาสติก

1.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์

1. เครื่องวัดค่า pH (SCHOTT GERATE CG 818, Germany)
2. เครื่องวัดความขุ่น (HACH RATIO/XR, LOVELAND, COLO. U.S.A.)
3. เครื่องวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบน้ำมัน (Lacto scan 90, Chickaree Holding CO., LTD, Europe)
4. เครื่องปั่นผสม
5. เครื่องวัดสี (Model NR-400, NIPPON DENSHOKU)
6. Sterile Petri-dishes (Plate Count)
7. Sterile pipettes ขนาด 1 ml
8. Sterile tubes
9. อาหารเลี้ยงเชื้อ PCA (Plate Count Agar)
10. โซเดียมไฮดรอกไซด์
11. Disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4)
12. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการ

1. การวัดองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนม และค่า pH ของน้ำนมแพะดิบ น้ำนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ และ น้ำนมแพะที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ โดยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (Lacto scan 90, Chickaree Holding CO., LTD, Europe) และเครื่องวัดค่า pH (SCHOTT GERATE CG 818, Germany)

2. การประเมินค่าความคงตัวต่อความร้อนของนมแพะ

ตัวอย่างนมเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองคือ นมดิบและนมที่ผ่านกระบวนการ thermalization หรือ preheat การ preheat ทำโดยการให้ความร้อนแก่นมดิบที่อุณหภูมิ 60-69°C เป็นเวลา 20 นาที การหาค่าคงตัวต่อความร้อนทำโดยวิธี direct heating ซึ่งประยุกต์จากวิธี direct capillary method (Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007) และวิธีของ Cole and Tarassuk (1946) โดยการนำนมแพะ 5 ml ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm และยาว 13 cm ปิดหลอดทดลอง แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำมันเป็นเวลา 1 นาที แล้วสังเกตการจับตัวเป็นก้อนของน้ำนมเนื่องจากการเสียสภาพของโปรตีน (denaturation) อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบคือ 100, 110, 120, 130 และ 140°C นมดิบและนมที่ผ่านการ preheat ที่นำมาใช้ในการทดลองถูกเตรียมเป็น 3 แบบ คือ แบบธรรมชาติ (ไม่มีการปรับแต่งใด) แบบปรับค่ากรดต่าง (โดยการไตรเตทด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์) และแบบเติมฟอสเฟต (โดยการเติม disodium hydrogen phosphate, Na_2HPO_4) โดยนมที่ถูกปรับค่าความเป็นกรดต่าง มีการปรับให้อยู่ในช่วง 6.65-7.51 ส่วนนมที่ถูกเติมฟอสเฟต มีช่วงการเติม 0.1-0.9 g/l

3. การทดลองหาสภาวะการสเตอริไลซ์เบื้องต้น

เนื่องจากนมแพะมีความคงตัวต่อความร้อนต่ำกว่านมวัว ความร้อนมีผลให้โปรตีนเสื่อมสภาพและจับตัวเป็นก้อน (Montill and Calvo, 1997) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนสีและรสชาติของน้ำนม (นิธิยา, 2527) ซึ่งอาจเป็นผลให้นมแพะนั้นไม่น่ารับประทาน การทดลองขั้นตอนนี้จึงทำเพื่อหาช่วงอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการศึกษาการทำนมแพะสเตอริไลซ์ โดยมีลำดับการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 การทดลองทำนมแพะสเตอริไลซ์ในช่วงอุณหภูมิสเตอริไลซ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมนม

ได้ทดลองทำนมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิเลียนแบบการทำสเตอริไลซ์ในอุตสาหกรรมนมในช่วงอุณหภูมิ 110-121°C เป็นเวลา 10-20 นาที (Raynalet *et al.*, 2007) ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของสีและการจับตัวเป็นลิ่มของนมสเตอริไลซ์ที่สภาวะต่างๆ
(จากการสังเกตด้วยตาเปล่า)

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)		
	20	15	10
121°C	เปลี่ยนสีชัดเจน	เปลี่ยนสีชัดเจน	เปลี่ยนสีชัดเจน
	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม
115°C	เปลี่ยนสีชัดเจน	เปลี่ยนสีชัดเจน	เปลี่ยนสีเล็กน้อย
	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม
110°C	เปลี่ยนสีชัดเจน	สีไม่เปลี่ยนแปลง	สีไม่เปลี่ยนแปลง
	ไม่เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	ไม่เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม	ไม่เกิดการจับตัวเป็นลิ่ม

จากการทดลอง พบว่าที่อุณหภูมิ 110°C เวลา 20 นาที ส่งผลให้นมเกิดการเปลี่ยนสีอย่างชัดเจน นมมีลักษณะสีน้ำตาลเมื่อเทียบกับสีของนมดิบซึ่งมีสีขาว แต่ที่เวลา 10 นาที นมไม่เกิดการเปลี่ยนสีดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนสีของนมแพะระหว่างอุณหภูมิ 110°C เวลา 20 และ 10 นาที

3.2 การทำสเตอริไลซ์นมวัว จากข้อมูลของ TetraPak

TetraPak (1995) ได้ระบุอุณหภูมิทั่วไปในการทำสเตอริไลซ์นมวัว คือ 116°C เวลา 20 นาที แต่จากการทดลองข้อ 2.1 พบว่านมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 110°C เวลา 20 นาที นมเกิดการเปลี่ยนสีอย่างชัดเจน จึงเลือกทำการทดลองสเตอริไลซ์นมที่อุณหภูมิ 116°C เวลา 10 นาที พบว่าเกิดการเปลี่ยนสีเพียงเล็กน้อย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความแตกต่างของสีนมแพะระหว่างอุณหภูมิ 116°C เวลา 10 นาที และอุณหภูมิ 110°C 10 นาที

จึงได้ทำการกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการศึกษาที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและการจับตัวเป็นลิ่มน้อยที่สุด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเลือกสภาวะการสเตอริไลซ์นม

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)			
110° C	10	12	14	16
116° C	10	8	6	4

ต่อมาจึงทำการทดลองสเตอริไลซ์นมตามอุณหภูมิและเวลาดังตารางที่ 7 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อตามสภาวะดังกล่าวไปทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านจุลชีววิทยาโดยวิธีการบ่มเร่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) โดยนำนมสเตอริไลซ์เข้าบ่มที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นนำมาไปวิเคราะห์ผลทางจุลชีววิทยา ปรากฏว่าไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทุกกรณีศึกษา จึงบอได้ว่าสภาวะการสเตอริไลซ์นมเพาะในกรณีศึกษาตามตารางที่ 7 นี้เป็นสภาวะที่มีประสิทธิภาพดี ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการสเตอริไลซ์นมวัวที่อุณหภูมิ 116°C ช่วงเวลา 4-10 นาที

3.3 การทดลองศึกษาสมบัติของนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

ทำการศึกษาค้นคว้าหาสภาวะที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรส์นมในครัวเรือน (วิไล, 2546 และจากสูตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) โดยแบ่งสภาวะการฆ่าเชื้อ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 กรณีศึกษาของการฆ่าเชื้อนมแพะด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์

กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	อุณหภูมิ	เวลา
พาสเจอร์ไรส์	65 °C	30 นาที
	72 °C	10 นาที
	85 °C	5 นาที

ขั้นตอนการฆ่าเชื้อนมแพะด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์ มีดังต่อไปนี้

1. นำน้ำนมแพะดิบมากรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อนออก
2. นำน้ำนมแพะดิบใส่หม้อและยกขึ้นตั้งไฟโดยการให้ความร้อนทางอ้อมพร้อมกับคนไปด้วยเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวอย่างทั่วถึงจนกระทั่งได้อุณหภูมิและเวลาตามตารางที่ 8
3. เตรียมภาชนะขวดแก้วที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว บรรจุน้ำนมลงในขวดแล้วปิดฝาให้สนิทด้วยเครื่องปิดฝาจีบ
4. ทำการคว่ำปากขวดลงเป็นเวลา 3-5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อบริเวณรอบปากขวด
5. ทำการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 0-3 °C จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 5-7 °C
6. นำผลิตภัณฑ์เก็บไว้ในที่อุณหภูมิตู้เย็น (5 °C) เพื่อนำไปเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดูอายุการเก็บรักษา โดยจะนำไปตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 1, 4, 7, 11 และวันที่ 14

3.4 การทดลองศึกษาสมบัติของนมแพะที่ผ่านกระบวนการการสเตอริไลซ์

จากการทดลองเบื้องต้นจะได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำนมแพะสเตอริไลซ์ โดยมีสภาวะต่างๆดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 กรณีสึกษาการฆ่าเชื้อนมแพะด้วยวิธีการสเตอริไลซ์

กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน	เวลา
สเตอริไลซ์ 116°C	10 นาที
	8 นาที
	6 นาที
	4 นาที

ขั้นตอนการฆ่าเชื้อนมแพะด้วยวิธีการสเตอริไลซ์ มีดังต่อไปนี้

1. นำน้ำนมแพะดิบมากรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อนออก
2. ทำการ pre-heat น้ำนมโดยการให้ความร้อนจนกระทั่งได้อุณหภูมิ 80°C
3. บรรจุน้ำนมลงภาชนะขวดแก้วในขณะที่ยังร้อนอยู่ร้อน พร้อมปิดฝาจิบให้สนิท
4. นำน้ำนมที่บรรจุขวดแล้วเข้าเครื่อง Autoclave ทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาดังตารางที่ 9
5. นำผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่อง Autoclave ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. นำผลิตภัณฑ์เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษา 90 วัน โดยจะนำไปตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 30, 45, 60, 75 และวันที่ 90

3.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคในน้ำนมแพะที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยผู้ทดสอบจะทำการทดสอบโดยการคุลิ และชิมรสชาติ ซึ่งการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนี้ใช้วิธีเรียงลำดับ (Ranking Test) ซึ่งมีวิธีปฏิบัติดังนี้

1. เลือกกรณีสึกษาของนมพาสเจอร์ไรส์ละนมสเตอริไลซ์มาทำการทดสอบประสาทสัมผัสทางด้านสีและรสชาติ เพื่อให้ผู้ทดสอบมีการถ้จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากจำนวนตัวอย่างมากเกินไป จึงเลือกกรณีสึกษาสำหรับการทดสอบจำนวน 4 กรณีสึกษาดังตารางที่ 10 ซึ่ง

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรณีศึกษาทั้งหมดนี้มีการยอมรับทางด้านสี และรสชาติโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทำการทดลอง

ตารางที่ 10 ตารางกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

กรณีศึกษาที่ 1	นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 5 นาที
กรณีศึกษาที่ 2	นมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C เป็นเวลา 4 นาที
กรณีศึกษาที่ 3	นมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C เป็นเวลา 6 นาที
กรณีศึกษาที่ 4	นมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C เป็นเวลา 8 นาที

2. ตัวอย่างนมทั้งหมดถูกแช่ไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำมาทดสอบ และจะถูกนำไปใส่ถ้วยพลาสติกด้วยปริมาตร 30 ml

3. ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี และรสชาติของนมแพะทั้ง 4 ตัวอย่าง โดยวิธีเรียงลำดับ ดังภาพที่ 3 โดยใช้ผู้ประเมินที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ผู้ประเมินใช้วิธีประเมินความชอบของสีและรสชาติของนมแพะจากมากไปน้อย

4. นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธี R-index แสดงเปรียบเทียบทางสถิติแบบ 1-tailed test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีสมมติฐานดังนี้

ตัวอย่าง หากเปรียบเทียบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ระหว่างกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 จะได้สมมติฐานดังนี้

สมมติฐานหลัก H_0 : ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาที่ 1 เท่ากับผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาที่ 2

สมมติฐานรอง H_1 : ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาที่ 1 มากกว่าผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาที่ 2

3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา ถูกวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และทำ multiple comparison test ด้วย Tukey's method ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม Minitab (v. 15.1.30.0, Minitab Inc., USA)

ผลและวิจารณ์

1. การประเมินค่าความคงตัวต่อความร้อนของนมแพะ

องค์ประกอบน้ำนมดิบที่ใช้ทดลองแสดงดังตารางที่ 11 ค่า pH ของนมดิบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 เมื่อนมผ่านการ preheat แล้ว พบว่าค่า pH ลดลงเล็กน้อย ค่า pH โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.47

ตารางที่ 11 องค์ประกอบน้ำนมแพะดิบก่อนการประเมินความคงตัวต่อความร้อน

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
ไขมัน	3.52-7.17
ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน	8.14-9.33
โปรตีน	3.58-4.41
แลคโตส	3.90-4.12
เถ้า	0.76-0.88

ผลการทดลองพบว่ามีนมเพียง 1 กรณีนั่นที่มีการจับตัวเป็นก้อนเนื่องจากความร้อน คือกรณีที่ใช้ นมดิบในการทดสอบและเตรียมนมแบบธรรมชาติ (ไม่มีการคัดกรองหรือเติมฟอสเฟต) ซึ่งนมมีการจับตัวเป็นก้อนที่ 130 และ 140°C ซึ่งเป็นลักษณะปกติของนมแพะ โดยทั่วไปที่ให้ความคงตัวต่อความร้อนต่ำ ที่อุณหภูมิสูง (Cole and Tarassuk, 1946; Montilla and Calvo, 1997; Morgan et al, 2000; Raynal-Ljutovac et al., 2007) ส่วนนมที่ผ่านการ preheat นั้นให้ผลความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่านมที่ไม่ผ่านการ preheat โดยทั่วไปพบว่าความร้อนทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนเคซีนและฟอสเฟตในน้ำนมลดลง โปรตีนมีการเคลื่อนที่เข้าหากันและจับตัวกัน ซึ่งสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของขนาดโปรตีนไมเซลล์ อย่างไรก็ตามมีหลายงานวิจัยที่ชี้ว่าขนาดของโปรตีนไมเซลล์ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อนมแพะผ่านอุณหภูมิไม่เกิน 85°C ก่อนการผ่านกระบวนการ UHT (Raynal-Ljutovac et al., 2007) นมที่มีค่าความเป็นกรดต่ำเพิ่มขึ้นและนมที่เติมฟอสเฟตทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมที่เกาะกันด้วยพันธะไอออนิกลดลง ทำให้การจับตัวเป็นก้อนของแคลเซียมในนมลดลงด้วย (Montilla and Calvo, 1997; Raynal-Ljutovac et al., 2007)

2. การทดลองศึกษาสมบัติของนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

2.1 การวิเคราะห์ทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของนํ้านม

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบนํ้านม คุณภาพเคมีของนมแพะดิบและนมแพะพาสเจอร์ไรส์ (ตารางที่ 12) การให้ความร้อนในระดับการพาสเจอร์ไรส์พบว่าในทุกกรณีศึกษาปริมาณองค์ประกอบนํ้านมของนํ้านมดิบก่อนผ่านการพาสเจอร์ไรส์และนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อาจเนื่องมาจากช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์ ($65 - 85^{\circ}\text{C}$) เป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมากและวิธีให้ความร้อนแบบนี้เป็นแบบไม่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง (indirect heat contact) จึงไม่ส่งผลให้องค์ประกอบในนํ้านมมีการเปลี่ยนแปลงหลังกระบวนการให้ความร้อนและเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบนํ้านมของนมแพะพาสเจอร์ไรส์ในแต่ละกรณีศึกษาตลอดช่วงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C ปรากฏว่าทุกกรณีศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบนํ้านมอย่างมีนัยสำคัญตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 12 องค์ประกอบนํ้านมของนมแพะดิบและนมแพะพาสเจอร์ไรส์

กรณีศึกษา	นํ้านม	ปริมาณองค์ประกอบนํ้านม (%)			
		ไขมัน	แลคโตส	โปรตีน	ของแข็งไม่รวมไขมัน
1	นมแพะดิบก่อนผ่าน การพาสเจอร์ไรส์	4.71±0.47	4.8±0.07	4.55±0.03	8.42±0.22
	*นมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 65 °C, 30 min	4.66±0.22	4.26±0.59	3.79±0.01	8.35±0.10
2	นมแพะดิบก่อนผ่าน การพาสเจอร์ไรส์	3.42±0.03	4.64±0.27	3.83±0.14	8.84±0.04
	*นมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72 °C, 10 min	3.39±0.13	4.14±0.01	3.86±0.02	8.84±0.02
3	นมแพะดิบก่อนผ่าน การพาสเจอร์ไรส์	3.37±0.35	4.28±0.28	4.83±0.18	8.77±0.16
	*นมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 °C, 5 min	3.46±0.18	4.27±0.02	3.91±0.02	8.79±0.03

* นมผลิตเสร็จใหม่ (จำนวนวันในการเก็บรักษา = 0)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของนมแพะดิบและนมแพะสเตอริไลซ์

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบน้ำนม คุณภาพเคมีของนมแพะดิบและนมแพะสเตอริไลซ์ (ตารางที่ 13) ในทุกกรณีศึกษาปริมาณขององค์ประกอบน้ำนมของนมแพะดิบก่อนผ่านการสเตอริไลซ์และนมแพะที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลแลคโตสเริ่มมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจะทำให้แลคโตสแตกตัวออกมาเป็นสารประกอบเช่นไฮดรอกซีเมทิลฟอรัลฟิวรัล (Hydroxymethylfurfural, HMF) เมื่อสาร HMF ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของเคซีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีนเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด กลายเป็นสารประกอบประเภทไนโตรจีนัสโพลีเมอร์ (nitrogenous polymer) สารพวกนี้บางชนิดมีสีน้ำตาลนอกจากนี้อิทธิพลของความร้อนสูงมีผลให้แอลฟาแลคโตโกลบูลินและเบต้าแลคโตอัลบูมินเกิดการสลายตัวได้ง่ายส่งผลกระทบต่อกรดลดลงของของแข็งไม่รวมไขมัน (รัตนกร, 2552) เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบน้ำนมของนมแพะสเตอริไลซ์ในแต่ละกรณีศึกษาตลอดช่วงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ปรากฏว่าทุกกรณีศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา

ตารางที่ 13 องค์ประกอบน้ำนมของนมแพะดิบและนมแพะสเตอริไลซ์

กรณีศึกษา	น้ำนม	ปริมาณองค์ประกอบน้ำนม (%)			
		ไขมัน	แลคโตส	โปรตีน	ของแข็งไม่รวมไขมัน
1	นมแพะดิบก่อนผ่าน การสเตอริไลซ์	4.75±0.13	4.46±0.18	3.80±0.90	8.24±0.06
	*นมแพะสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C, 4 min	4.45±0.25	3.40±0.09	3.80±0.10	8.47±0.21
2	นมแพะดิบก่อนผ่าน การสเตอริไลซ์	3.90±0.01	3.97±0.02	4.97±0.04	8.94±0.07
	*นมแพะสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C, 6 min	3.38±0.47	2.83±0.06	4.64±0.07	8.25±0.10
3	นมแพะดิบก่อนผ่าน การสเตอริไลซ์	4.76±0.06	4.17±0.23	3.99±0.29	8.55±0.26
	*นมแพะสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C, 8 min	5.01±0.29	3.91±0.17	3.83±0.08	8.41±0.14
4	นมแพะดิบก่อนผ่าน การสเตอริไลซ์	4.83±0.07	4.72±0.16	3.75±0.04	8.81±0.16
	*นมแพะสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C, 10 min	4.45±0.25	3.97±0.09	3.80±0.10	8.47±0.21

* นมผลิตเสร็จใหม่ (จำนวนวันในการเก็บรักษา = 0)

2.2 การวิเคราะห์ความเป็น กรด-เบสของน้ำนม

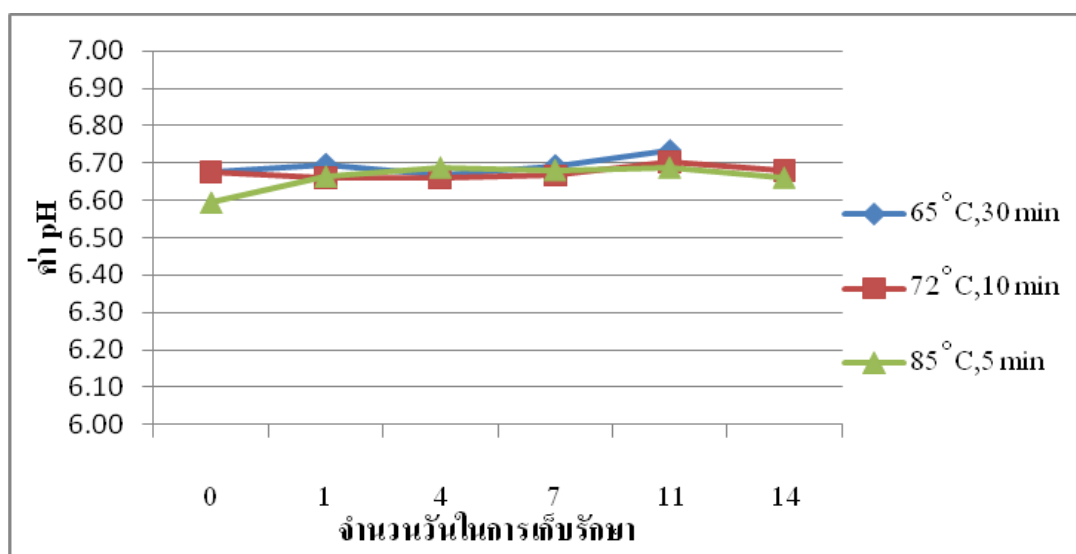
2.2.1 การวิเคราะห์ความเป็น กรด-เบสของนมพาสเจอร์ไรส์

จากการทดลองพบว่าในทุกกรณีศึกษา ค่าความเป็น กรด-เบสของน้ำนมดิบก่อนผ่านการพาสเจอร์ไรส์และนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 14 และ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเป็นกรด-เบส ในนมพาสเจอร์ไรส์ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 14 ค่า กรด-เบส ของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C, 30 min	72 °C, 10 min	85 °C, 5 min
น้ำนมแพะดิบ	6.75±0.02	6.70±0.01	6.62±0.02
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่	6.68±0.01	6.68±0.01	6.59±0.04

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-เบส ของนมแพะพาสเจอร์ไรส์ตามจำนวนวันในการเก็บรักษา

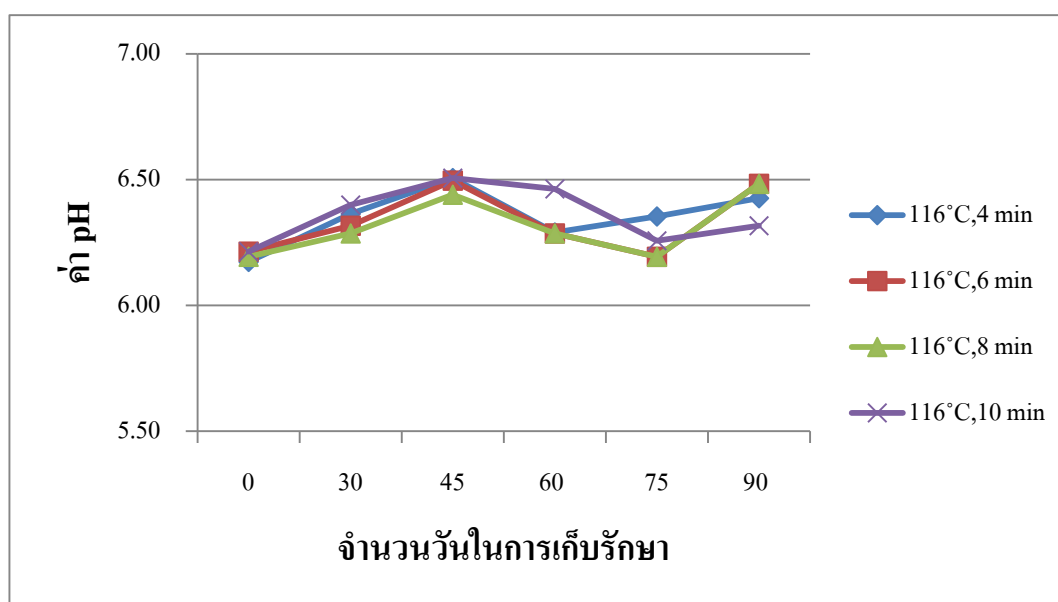
2.2.2 การวิเคราะห์ความเป็น กรด-เบสของนมแพะสเตอริไลซ์

จากการทดลองพบว่า ในทุกกรณีศึกษา ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำนมดิบก่อนผ่านการสเตอริไลซ์ และนมแพะที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 15 และไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าความเป็นกรด-เบส ในนมสเตอริไลซ์ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 15 ค่ากรด-เบส ของนมแพะสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
น้ำนมแพะดิบ	6.18±0.02	6.32±0.03	6.48±0.02	6.43±0.02
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่	6.17±0.04	6.21±0.06	6.59±0.01	6.21±0.04

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด-เบส ของนมสเตอริไลซ์ตามจำนวนวันในการเก็บรักษา

2.3 การวิเคราะห์ความขุ่นของนม

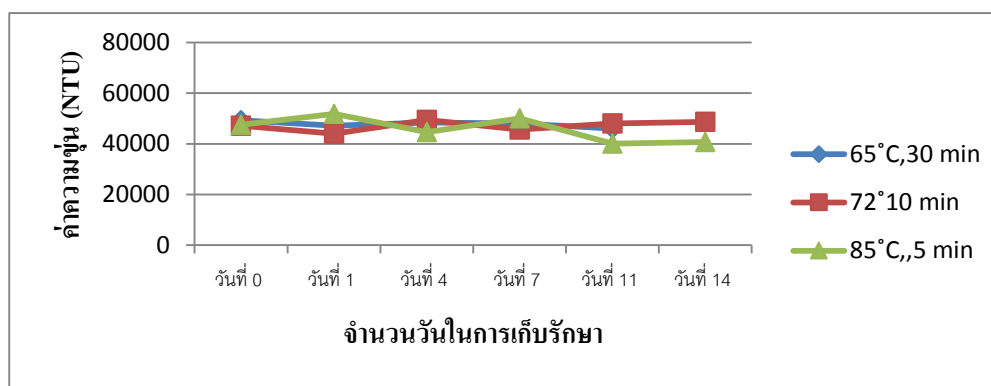
2.3.1 การวิเคราะห์ค่าความขุ่นของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

ค่าความขุ่นของนมแพะดิบก่อนผ่านการพาสเจอร์ไรส์และนมแพะที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 16 โดยทั่วไป เม็ดไขมันและเคซีนในน้ำนมซึ่งมีความทึบสูง (opaque) ส่งผลให้นมมีสีขาวขุ่น (Walstra *et al.*, 1999) การจับตัวเป็นลิ่มของเคซีนเนื่องจากการสลายตัวที่ความร้อนสูง มีผลให้ความขุ่นของน้ำนมเพิ่มขึ้น ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์นี้มีระดับไม่สูงมาก ความร้อนระดับนี้ไม่ทำให้โปรตีนนมเกิดการสลายตัวและจับตัวเป็นลิ่ม ดังนั้นนมจึงไม่มีความขุ่นมากขึ้นกว่าเดิม ค่าความขุ่นจะเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในกรณีของการเกิดเคิร์ดในน้ำนม (Desobry-Banonet *et al.*, 1994) ในการทดลองนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าความขุ่น ในนมพาสเจอร์ไรส์ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 16 ค่าความขุ่นของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C, 30 min	72 °C, 10 min	85 °C, 5 min
น้ำนมแพะดิบ	53217±1185	3550±781	44350±1370
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่	49283±1507	47122±1732	47567±1283

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าความขุ่นของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

2.3.2 การวิเคราะห์ค่าความชุ่มของนมแพะสเตอริไลซ์

ค่าความชุ่มของนมแพะสเตอริไลซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำหนักดิบก่อนผ่านการสเตอริไลซ์ดังตาราง 17 อาจเนื่องมาจากความร้อนสูงจากกระบวนการสเตอริไลซ์ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและทางเคมีของโปรตีน โดยเฉพาะเคซีนในนมแพะอาจมีการสลายตัวและเริ่มจับตัวเป็นลิ่ม จากการสังเกตด้วยตาเปล่า สังเกตได้ว่านมมีความชุ่มมากขึ้น และมีลิ่มนมเกิดขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ ความร้อนในช่วงอุณหภูมินี้ทำให้นมแพะมีความเข้มข้นมากขึ้น อาจช่วยส่งผลให้ค่าความชุ่มมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีศึกษา พบว่า นมแพะที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ที่ใช้เวลานานกว่า ให้ค่าความชุ่มสูงกว่านมแพะที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ที่ใช้เวลาสั้นกว่า ซึ่งเวลาการสเตอริไลซ์ทำให้เคซีนสลายตัวมากขึ้น ค่าความชุ่มจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบนมแพะสเตอริไลซ์ในช่วงการเก็บรักษาในเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความชุ่มของนมแพะสเตอริไลซ์มีแนวโน้มลดลงตามจำนวนวันในการเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ค่าความชุ่มของนมแพะสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
น้ำหนักนมแพะดิบ	71933±1754	76900±4530	72500±2920	68367±4229
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่	67856±6136	83661±2947	80133±1730	89339±4860

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความขุ่นของนมแพะสเตอริไลซ์ (หน่วย = NTU)

จำนวนวันในการเก็บรักษา	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
0	67856 ^a ±6136	83661 ^a ±2947	80133 ^a ±1730	89339 ^a ±4860
30	75156 ^a ±2017	56217 ^b ±5712	74933 ^b ±1524	67967 ^b ±4302
45	52788 ^b ±567	56206 ^b ±3707	48856 ^c ±3965	51072 ^c ±4764
60	55344 ^b ±582	51200 ^b ±404	54694 ^d ±1207	51572 ^c ±640
75	57031 ^b ±2041	68994 ^c ±5667	62556 ^c ±1361	54656 ^c ±898
90	54444 ^b ±4156	54500 ^b ±722	60611 ^c ±1005	63944 ^b ±1551

^aอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าความขุ่นของนมมีความซับซ้อน มีข้อมูลงานวิจัยรายงานว่าค่าความขุ่นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสของนมด้วย ที่ค่า pH เท่ากับ 6.3 ค่าความขุ่นของนมจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อนมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 60 °C เนื่องจากเกิดการรวมตัวบางส่วนของเคซีนไมเซลล์ที่ค่า pH ต่ำ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงกว่า 60 °C ค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ที่ค่า pH เท่ากับ 6.5 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดกับความขุ่นของนมที่อุณหภูมิ 60 °C แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นเชิงเส้นตรงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ที่ pH ≥ 6.7 ค่าความขุ่นของนมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 60 °C จากนั้นค่าความขุ่นจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 60 °C (Anema and Klostermeyer, 1997) ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำสเตอริไลซ์มีค่าสูงกว่า 60 °C แต่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิ 60 °C และค่า pH ที่วัดได้อยู่ในช่วงประมาณ 6.2 - 6.5 อุณหภูมิและค่า pH ในช่วงนี้อาจส่งผลให้ค่าความขุ่นลดลง นอกจากนี้ นมแพะสเตอริไลซ์ทุกกรณีศึกษาเกิดการแยกชั้นของไขมันเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 สัปดาห์ (แสดงดังภาพที่ 6) การแยกชั้นของไขมันมีผลให้อนุภาคที่แขวนลอยในสารละลายนมมีจำนวนน้อยลง ส่งผลให้ค่าความขุ่นของนมลดลง



ภาพที่ 6 การแยกชั้นไขมันในแพะสเตอร์ไรส์

2.4 การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE

2.4.1 การวิเคราะห์ค่าสีของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

พบว่าค่า L^* , a^* , b^* ของนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่เทียบกับค่าของน้ำนมดิบก่อนการผลิต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังตารางที่ 19-21 และค่า ΔE (เปรียบเทียบกับนมแพะดิบ) แสดงดังตารางที่ 22 ΔE เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสีโดยรวม การเปลี่ยนแปลงสีน้ำนมแพะพาสเจอร์ไรส์เมื่อเทียบกับน้ำนมดิบมีค่าประมาณ 1-2.9 จากการสังเกตด้วยตาเปล่า ไม่เห็นความแตกต่างของสีระหว่างน้ำนมทั้งสองชนิดนี้

L^* , a^* , b^* , ΔE (เปรียบเทียบกับนมแพะพาสเจอร์ไรส์ที่เพิ่งทำเสร็จใหม่ หรือที่จำนวนการเก็บรักษา = 0) และการวิเคราะห์ทางสถิติของนมแพะพาสเจอร์ไรส์แสดงดังตารางที่ 23-26 ตามลำดับ พบว่าค่า L^* ซึ่งแสดงถึงค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันในการเก็บรักษา และค่า L^* ของกรณีศึกษา 72°C , 10 min มีค่าต่ำสุด ค่า a^* ($-a^*$ เข้าใกล้สีเขียว, $+a^*$ เข้าใกล้สีแดง) ของทุกกรณีศึกษามีแนวโน้มที่แปรปรวน ค่า b^* ($-b^*$ เข้าใกล้สีน้ำเงิน, $+b^*$ เข้าใกล้สีเหลือง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันในการเก็บรักษาและมีค่าค่อนข้างคงที่หลังจากถูกเก็บรักษามากกว่า 7 วัน และค่า b^* มีแนวโน้มในทำนองเดียวกันกับค่า b^* ใดๆ ก็ตามการเปลี่ยนแปลงของสีในกรณีศึกษาเหล่านี้ไม่เห็นเด่นชัดได้ด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 19 ค่าความสว่าง L^* ของนมพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
นํ้านมแพะดิบ	44.91±0.135	54.88±0.08	43.1±0.05
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่	42.4±0.95	54.91±0.31	43.12±0.97

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 20 ค่าสี a* ของนมพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
นํ้านมแพะดิบ	0.47±0.59	-1.87±0.16	1.32±0.05
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่	0.14±0.12	-2.24±0.04	1.1±0.16

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 21 ค่าสี b* ของนมพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
นํ้านมแพะดิบ	0.71±0.01	1.58±0.02	-2.27±0.07
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่	-0.23±0.53	1.18±0.05	-2.67±0.52

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 22 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ΔE ของนมพาสเจอร์ไรส์

นมแพะ	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
*นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตเสร็จใหม่ เทียบกับนํ้านมแพะดิบ	2.86±1.03	1.83±1.96	0.99±0.31

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า L* ของนมพาสเจอร์ไรส์

จำนวนวันในการเก็บรักษา	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
0	42.4 ^a ±0.946	54.913 ^{ab} ±0.306	43.117 ^a ±0.970
1	53.373 ^b ±9.292	53.573 ^a ±1.437	42.710 ^a ±1.170
4	58.613 ^b ±1.582	55.333 ^{ab} ±1.651	54.4 ^b ±1.292
7	58.627 ^b ±0.842	59.150 ^c ±0.622	55.830 ^a ±2.156
11	58.587 ^b ±1.211	60.457 ^{cb} ±2.369	60.487 ^c ±0.770
14		58.897 ^c ±1.013	60.980 ^c ±1.353

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 24การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า a*ของนมพาสเจอร์ไรส์

จำนวนวันในการเก็บรักษา	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
0	0.140 ^a ±0.121	(-2.240) ^{ac} ±0.436	1.100 ^a ±0.164
1	(-1.000) ^{ac} ±1.015	(-2.123) ^a ±0.123	1.120 ^a ±0.220
4	(-2.647) ^b ±0.150	(-1.193) ^b ±0.170	(-2.150) ^b ±0.113
7	(-2.520) ^b ±0.063	(-2.467) ^{cd} ±0.094	0.247 ^c ±0.253
11	(-1.197) ^c ±0.101	(-2.667) ^d ±0.124	(-2.353) ^b ±0.127
14		(-1.377) ^b ±0.072	(-2.477) ^b ±0.038

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 25การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า b* นมพาสเจอร์ไรส์

จำนวนวันในการเก็บ รักษา	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
0	(-.233) ^a ±0.530	1.180 ^{ac} ±0.520	(-2.670) ^a ±0.521
1	1.031 ^{ab} ±0.971	0.710 ^b ±0.036	(33.423) ^a ±0.544
4	1.517 ^{ba} ±0.323	0.960 ^c ±0.214	0.930 ^b ±0.225
7	1.600 ^{ba} ±0.243	1.477 ^a ±0.085	(-1.170) ^c ±0.558
11	0.773 ^a ±0.101	1.547 ^a ±0.244	1.183 ^b ±0.259
14		0.523 ^b ±0.174	1.157 ^b ±0.127

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า ΔE ของนมพาสเจอร์ไรส์

กรณีศึกษา จำนวนวันในการเก็บ รักษา	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
1	10.190 ^a ±0.749	1.613 ^a ±1.276	1.220 ^a ±0.790
4	16.550 ^b ±1.61	2.3931 ^{ab} ±0.681	12.277 ^b ±1.280
7	16.543 ^b ±0.864	4.260 ^{ab} ±0.622	12.877 ^b ±2.152
11	16.277 ^b ±1.22	5.577 ^b ±2.383	18.137 ^c ±0.747
14		4.147 ^{ab} ±0.943	18.618 ^c ±1.323

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2.4.2 การวิเคราะห์ค่าสีของนมแพะสเตอริไลซ์

ค่า L^* , a^* และ b^* ของนมแพะสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่เทียบกับค่าของน้ำนมแพะดิบก่อนการสเตอริไลซ์ แสดงดังตารางที่ 27-29 พบว่าค่าของสีมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยค่า L^* , a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนมแพะผ่านการสเตอริไลซ์ และได้ค่า ΔE (เมื่อเทียบกับนมแพะดิบ) มีค่าประมาณ 2 ถึง 5 ดังแสดงในตารางที่ 30 ผลนี้สอดคล้องกับการสังเกตได้ด้วยตาเปล่า คือ นมแพะที่ผ่านการสเตอริไลซ์มีสีเข้มขึ้นก่อนไปทางสีน้ำตาล แสดงดังภาพที่ 7

ตารางที่ 27 ค่าความสว่าง L^* ของนมสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
น้ำนมแพะดิบ	57.27±0.08	45.18±0.23	55.82±0.44	59.89±0.02
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่	55.84±2.00	45.86±1.01	52.56±1.58	56.39±0.17

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 28 ค่า a^* ของนมสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
น้ำนมแพะดิบ	-1.95±0.00	-0.03±0.08	-1.83±0.01	-0.68±0.12
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่	-1.46±0.05	0.72±0.08	-0.51±0.24	0.68±0.17

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 29 ค่า b^* ของนมสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
น้ำนมแพะดิบ	2.17±0.02	-2.67±0.26	2.94±0.05	0.95±0.11
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่	3.36±0.45	-1.01±0.34	5.31±0.09	1.64±0.43

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ตารางที่ 30 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ΔE ของนมสเตอริไลซ์

นมแพะ	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
*นมสเตอริไลซ์ที่ผลิตเสร็จใหม่เทียบ กับน้ำนมแพะดิบ	2.52±1.01	2.04±0.53	4.58±1.11	2.49±1.09

* จำนวนวันที่เก็บรักษา = 0

ค่า L^* , a^* , b^* , ΔE (เปรียบเทียบกับนมแพะสเตอริไลซ์ที่เพิ่งทำเสร็จใหม่ หรือที่จำนวนการเก็บรักษา = 0) และการวิเคราะห์ทางสถิติของนมแพะสเตอริไลซ์ แสดงดังตารางที่ 31-34ตามลำดับ พบว่าค่าทั้งหมดมีแนวโน้มในทำนองเดียวกันกับนมแพะที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ แต่ค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าในกรณีนมแพะที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ จึงส่งผลให้ค่า ΔE เพิ่มขึ้นด้วย จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่านมแพะที่ผ่านการสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C ในช่วง 4-10 นาทีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning) ของแลคโตสเนื่องจากอุณหภูมิสูง (นิธิยา, 2527; สุวรรณ, 2530)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนสีของนมแพะหลังผ่านการสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116 °C

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ทางสถิติของ L^* ของนมสเตอริไลซ์

จำนวนวันในการ เก็บรักษา	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
0	55.837 ^a ±1.997	45.863 ^a ±1.008	52.563 ^a ±1.584	56.393 ^a ±0.170
30	50.693 ^b ±3.003	54.123 ^b ±0.714	55.077 ^{ac} ±2.963	51.347 ^b ±1.763
45	54.837 ^c ±0.614	56.837 ^{bc} ±1.752	46.080 ^b ±1.222	51.003 ^b ±1.235
60	58.650 ^{ad} ±0.406	56.380 ^{bc} ±1.766	51.450 ^a ±1.287	53.070 ^{ab} ±0.427
75	61.913 ^d ±0.038	57.997 ^c ±1.770	58.817 ^c ±2.970	56.820 ^a ±2.245
90	65.923 ^e ±0.038	55.150 ^b ±0.135	58.587 ^c ±1.928	59.673 ^c ±2.525

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 32 การวิเคราะห์ทางสถิติของ a* ของนมสเตอริไลซ์

จำนวนวันในการ เก็บรักษา	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
0	(-1.457) ^a ±0.051	0.723 ^a ±0.081	(-0.510) ^a ±0.240	0.680 ^a ±0.174
30	(-1.223) ^{bf} ±0.021	(-0.223) ^b ±0.015	(-0.517) ^b ±0.220	0.983 ^b ±0.186
45	0.100 ^c ±0.044	(-0.193) ^b ±0.100	1.607 ^b ±0.084	(-0.363) ^c ±0.067
60	(-0.447) ^d ±0.108	0.663 ^a ±0.0493	0.847 ^a ±0.166	0.923 ^{ab} ±0.012
75	(-1.367) ^{ac} ±0.065	(-0.300) ^b ±0.072	0.233 ^b ±0.136	0.417 ^d ±0.067
90	(-1.28) ^{fe} ±0.419	(-0.277) ^b ±0.012	(-0.583) ^b ±0.070	(-0.490) ^c ±0.053

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 33 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า b* ของนมแพะสเตอริไลซ์

จำนวนวันในการ เก็บรักษา	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
0	3.650 ^a ±0.453	(-1.010) ^a ±0.341	5.31 ^a ±0.09	1.637 ^a ±0.429
30	1.980 ^b ±0.774	4.883 ^b ±0.514	6.01 ^a ±0.707	3.98 ^b ±0.131
45	1.673 ^b ±0.398	6.187 ^c ±0.217	2.103 ^b ±1.222	5.493 ^c ±0.362
60	3.157 ^a ±0.130	4.713 ^b ±0.639	3.483 ^c ±0.349	2.733 ^c ±0.216
75	3.460 ^a ±0.174	7.640 ^d ±0.395	3.937 ^c ±0.702	4.697 ^b ±0.707
90	4.727 ^c ±0.419	6.243 ^c ±0.284	4.183 ^{ac} ±0.316	6.527 ^d ±0.029

^aอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 34 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่า ΔE ของนมแพะสเตอริไลซ์

จำนวนวันในการ เก็บรักษา	กรณีศึกษา			
	116 °C, 4 min	116 °C, 6 min	116 °C, 8 min	116 °C, 10 min
30	5.43 ^a ±3.056	10.190 ^a ±0.749	3.177 ^a ±2.092	5.603 ^a ±1.617
45	2.843 ^a ±0.438	13.173 ^{ab} ±1.593	7.570 ^a ±1.196	6.710 ^b ±0.796
60	3.073 ^a ±0.330	11.977 ^{ab} ±1.848	3.550 ^a ±0.879	3.410 ^b ±0.276
75	6.113 ^a ±0.809	14.957 ^b ±1.673	6.590 ^a ±2.590	3.650 ^c ±0.796
90	10.157 ^b ±0.012	18.872 ^a ±0.264	5.180 ^a ±1.896	6.250 ^c ±1.191

2.5 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

2.5.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

หลังจากได้ผลิตกัมมันตพาสเจอร์ไรส์แล้วเมื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์รวมพร้อมกับ นำนมแพะดิบ พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของนมแพะพาสเจอร์ไรส์ มีแนวโน้มต่ำกว่านมแพะดิบ เนื่องจาก ผลของความร้อนที่ทำลายจุลินทรีย์บางส่วน ดังตารางที่ 35 สำหรับกรณีศึกษาที่ 1 ให้ความร้อนแก่นมที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณมากกว่ากรณีศึกษาอื่น อาจเนื่องมาจาก อุณหภูมิที่ต่ำ มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าอุณหภูมิพาสเจอร์ไรส์ที่สูงกว่า และนมดิบก่อนการพาสเจอร์ไรส์มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์สูง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 35 จะเห็นได้ว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา ถึงแม้ว่าน้ำนมถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน เช่น แบคทีเรียที่มีสปอร์ ยังสามารถเจริญเติบโตได้ และทำให้นมเน่าเสียในที่สุด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547) ได้ระบุว่าในนมพาสเจอร์ไรส์จะต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน $5 \times 10^4 \text{ CFU/ml}$ ในการทดลองนี้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เรียงลำดับจากน้อยไปหามากเป็นดังนี้คือนมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 65°C เวลา 30 นาที (11 วัน) < นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72°C เวลา 10 นาที และ นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 5 นาที (14 วัน) จากผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์รวมที่พบในนมแพะพาสเจอร์ไรส์ พบว่านมแพะที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาทีมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด เนื่องจากมีการให้ความร้อนต่ำ นอกจากนี้ อายุการเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น คุณภาพของนมดิบเริ่มต้นการเก็บรักษา ประสิทธิภาพการพาสเจอร์ไรส์ สุขาภิบาลในกระบวนการผลิต ตลอดจน การเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิที่ถูกต้องเพื่อชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่

2.5.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของนมแพะสเตอริไลซ์

หลังจากได้ผลิตกัมมันตสเตอริไลซ์แล้วเมื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์รวม ปรากฏว่าไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ในทุกกรณีศึกษา และอายุการเก็บรักษามากกว่า 90 วัน

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนจุลินทรีย์ของนมแพะพาสเจอร์ไรส์

จำนวนวันในการเก็บรักษา	กรณีศึกษา		
	65 °C,30 min	72 °C,10 min	85 °C,5 min
0	613 ^a ±942	5 ^a ±8	0
1	2141 ^a ±546	9 ^a ±15	45 ^a ±56
4	2346 ^a ±1861	1221 ^{ab} ±2115	218 ^a ±167
7	3495 ^{ab} ±843	3020 ^{ab} ±2024	3559 ^a ±2743
11	13730 ^b ±8895	4727 ^{ab} ±6069	5173 ^a ±1319
14	-	10583 ^b ±6713	36650 ^b ±11650

^aอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการสังเกตของผู้ทดลองพบว่า นมแพะสเตอริไลซ์มีสีค่อนข้างขาวไปทางน้ำตาลอย่างเห็นได้ชัด ส่วนนมแพะพาสเจอร์ไรส์นั้นไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสี และนมแพะสเตอริไลซ์จะเกิดการแยกชั้นของไขมันเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 สัปดาห์ (แสดงดังภาพที่ 6) ส่วนนมแพะพาสเจอร์ไรส์จะเกิดการแยกชั้นเมื่อเวลาผ่านไป 2-3 สัปดาห์ ซึ่งชี้ว่าการแยกชั้นไขมันในนมวัวพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่ผ่านการลดขนาดเม็ดไขมัน (แสดงดังภาพที่ 8) เพราะขนาดของเม็ดไขมันของนมแพะมีขนาดเล็กกว่าเม็ดไขมันของนมวัว



ภาพที่ 8 การแยกชั้นไขมันในนมวัวพาสเจอร์ไรส์ (ขวา) เมื่อเทียบกับนมแพะพาสเจอร์ไรส์ (ซ้าย)

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ ในด้านสีและรสชาติโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ใช้วิธีการทดสอบแบบจัดลำดับ (Ranking Test) ค่า R-index ของคู่กรณีศึกษาที่มีลำดับติดกัน เมื่อเรียงร้อยละของการประเมินจากมากไปหาน้อยสำหรับความชอบด้านสีและรสชาติโดยรวม คำนวณได้ดังตารางที่ 36 และ 37 ตามลำดับค่า R-index ที่บ่งบอกความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าประมาณ 61.44% (จากตาราง พ1 ในภาคผนวก) เมื่อเปรียบเทียบค่า R-index ทางสถิติ จะได้ลำดับความชอบผลิตภัณฑ์นมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์จากชอบมากที่สุดไปถึงชอบน้อยที่สุดเป็นไปดังภาพที่ 9-10

จากการสอบถามผู้บริโภคเพิ่มเติมหลังจากการทดสอบ ผู้บริโภคให้ความเห็นว่านมพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ทุกกรณีศึกษามีลักษณะของสีและรสชาติโดยรวมใกล้เคียงกัน อีกทั้งลักษณะของสีและรสชาติของทุกกรณีศึกษาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถจำหน่ายในท้องตลาดได้

ตารางที่ 36 ค่า R - Index ระหว่างกรณีศึกษาด้านสีของนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

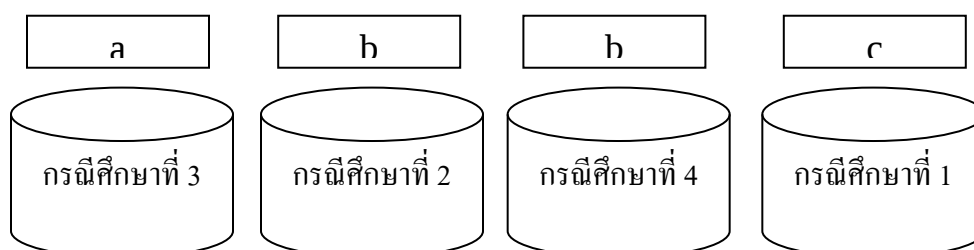
เปรียบเทียบระหว่าง	R-index
กรณีศึกษาที่ 3 และ 2	70.00%*
กรณีศึกษาที่ 3 และ 4	72.48%*
กรณีศึกษาที่ 3 และ 1	83.42%*
กรณีศึกษาที่ 2 และ 4	55.00%
กรณีศึกษาที่ 2 และ 1	71.40%*
กรณีศึกษาที่ 4 และ 1	65.00%*

* คือ กลุ่มกรณีศึกษา มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 37 ค่า R - Index ระหว่างกรณีศึกษาด้านรสชาติของนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

เปรียบเทียบระหว่าง	R-index
กรณีศึกษาที่ 4 และ 3	65.00%*
กรณีศึกษาที่ 4 และ 2	71.92%*
กรณีศึกษาที่ 4 และ 1	78.72%*
กรณีศึกษาที่ 3 และ 2	59.00%
กรณีศึกษาที่ 3 และ 1	68.02%*
กรณีศึกษาที่ 2 และ 1	59.00%

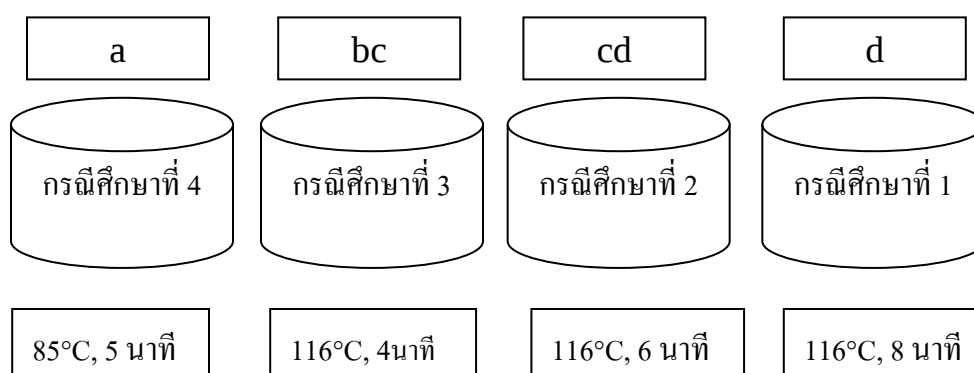
* คือ กลุ่มกรณีศึกษา มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



a, b, c = ระดับความชอบเรียงจากมากไปหาน้อย

โดยที่^a ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันแสดงถึงความแตกต่างของข้อมูลในระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาพที่ 9 ผลความชอบของผู้บริโภคด้านสีของนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์



a, b, c, d = ระดับความชอบเรียงจากมากไปหาน้อย

โดยที่^a ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันแสดงถึงความแตกต่างของข้อมูลในระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาพที่ 10 ผลความชอบของผู้บริโภคด้านรสชาติโดยรวมของนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. นมแพะที่ผ่านการ preheat ที่ปราศจากการปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่ำหรือเติมสารเจือปนมีความคงตัวต่อน้ำนมที่อุณหภูมิสูงถึง 140°C
2. การเพิ่มค่าความเป็นกรดต่ำและเติมฟอสเฟตส่งผลให้ค่าความคงตัวของนมแพะเพิ่มขึ้น
3. กระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำนมทั้งแบบพาสเจอร์ไรส์และสเตอริไลซ์ไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบน้ำนม และค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำนม
4. แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า b^* ในนมสเตอริไลซ์สอดคล้องกับการเปลี่ยนสีของน้ำนมที่ก่อนไปทางสีน้ำตาลอย่างเห็นได้ชัด
5. ในกรณีศึกษาแบบพาสเจอร์ไรส์ นมแพะที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 5 นาที มีอายุการเก็บรักษาสูงสุดถึง 14 วัน
6. นมแพะสเตอริไลซ์ทุกกรณีศึกษายังคงอยู่ในสภาพดีจนถึงปัจจุบัน (อายุการเก็บรักษาเกิน 3 เดือน)
7. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคชอบสีของนมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116°C เวลา 4 นาทีมากที่สุด และชอบรสชาติของนมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 5 นาทีมากที่สุด
8. แนวทางการนำผลของการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคไปใช้ อาจทำได้ คือ หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีสีสวยเป็นหลัก ควรเลือกนมสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 116°C เวลา 4 นาที และอาจแต่งเติมรสชาติด้วยสารปรุงแต่ง แต่หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดีเป็นหลัก ควรเลือก นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 5 นาที และอำพรางสีโดยการบรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบทึบ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานมแพะที่ผ่านกระบวนการลดขนาดเม็ดไขมันก่อนและ/หรือหลังกระบวนการสเตอริไลซ์ อาจเป็นแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยนี้ และเพื่อพัฒนานมแพะสเตอริไลซ์เชิงพาณิชย์ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2552. สถิติแพะ แกะในประเทศไทยรายภาค 2552. (ออนไลน์)สืบค้น

จาก: <http://www.dld.go.th>[10มิถุนายน 2553].

กระทรวงสาธารณสุข. 2545. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องนมโค.ฉบับที่ 265.

ทองยศ อนะกะเวียง. 2529. ปฏิบัติการนม. พิมพ์ครั้งที่ 2.สำนักพิมพ์อมรรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย สุวรรณสิขณ. 2548. เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนานนท์. 2527. เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บรรจง จงรักษ์วัฒนา. 2548. น้ามนแพะ.สำนักสุขศาสตร์สัตวและสุখনามย์ที่ 9. กรมปศุสัตว์. (ออนไลน์) สืบค้นจาก: <http://www.dld.go.th/region9/index.html>[23 มิถุนายน 2552].

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2527. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ. 2535. จุลชีววิทยาทางอาหาร (Food Microbiology). พิมพ์ครั้งที่ 1.โครงการตำรา ของศูนย์วิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

พงษ์ธร โสภานันธุ์. 2551. เครื่องดื่ม.ม.ป.พ.,ม.ป.ท.

พรเพชร ศักดิ์ศิริชัยศิลป์. 2546. การศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ามนพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียสและสภาพความเสี่ยงของน้ามนพาสเจอไรส์ในโรงงานต้นแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยะจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส.ภาควิชาเทคโนโลยีพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่.

รัตนกร แสนทำพล. 2552. การศึกษาคุณภาพของนมแพะดิบและนมแพะพาสเจอร์ไรส์ตามวิธีการของเกษตรกรในพื้นที่เขตภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณ ตังเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. โอ.เอส.พรีนติ้งเฮาส์, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท เท็กซ์ แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

สมจิต สุรพัฒน์ และ นภาศรี ไวยะนันท์. 2543. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

สุนงา วัฒนสินธุ์. 2549. ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สุวรรณ กิจภากรณ์. 2530. ผลิตภัณฑ์จากนํ้านม. ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมสด. กระทรวงอุตสาหกรรม. มอก. 738 2547.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. มกอช. 6006 – 2551.

Anema, S. G. and H. Klostermeyer. 1997. Heat-induced, pH-dependent dissociation of casein micelles on heating reconstituted skim milk at temperatures below 100°C. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 1108-1115.

Cole, W. C. and N. P. Tarassuk. 1946. Heat coagulate of milk. *Journal of Dairy Science*, 29 : 421-429.

Desobry-Banon, S., F. Richard and J. Hardy. 1994. Study of Acid and Rennet Coagulation of High Pressurized Milk. *Journal of Dairy Science*. 77: 3267-3274.

Montilla, A. and M. M. Calvo. 1997. Goat's milk stability during heat treatment: effect of pH and phosphates. *J. Agric. Food Chem.*, 45: 931-934.

Morgan, F., F. Jacquet, S. Micault, V. Bonnin, and A. Jaubert. 2000. Study on the compositional factors involved in the variable sensitivity of caprine milk to high- temperature processing. *Int. Dairy J.*, 10:113-117.

O'Mahony, M. A. 2001. Manual of Lecture notes for food sensory science: food Science & Technology 107:FST 107. University of California, Davis, USA.

Raynal-Ljutovac, K., Y. W. Park, F. Gaucheron, and S. Bouhallab. 2007. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 207-220.

Tetra Pak. 1995. Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems AB Lund, Sweden.

Walstra, P., T. J. Geurts, A. Noomen, A. Jellema, and M. A. J. S. van Boekel. 1999. Dairy Technology. Marcel Dekker, Inc., New York.

ภาคผนวก

ตารางพ1. แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ R-index ที่นัยสำคัญต่างๆ โดยค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่เกิน 50%
(ที่มา: O' Mahony, 2001)

R - Index: Percentage Critical Values expressed as Differences from Chance (50%)

Significance		1- tailed	0.200	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005	0.001
level		2- tailed	0.400	0.200	0.100	0.050	0.020	0.010	0.002
Sample size	N	%	%	%	%	%	%	%	%
5		19.39	26.98	31.76	35.00	37.91	39.49	41.98	
6		17.61	24.86	29.63	32.96	36.05	37.76	40.51	
7		16.25	23.18	27.87	31.24	34.43	36.23	39.18	
8		15.16	21.80	26.40	29.76	33.02	34.88	37.98	
9		14.26	20.64	25.14	28.48	31.76	33.67	36.88	
10		13.51	19.64	24.04	27.35	30.64	32.57	35.88	
11		12.86	18.78	23.07	26.34	29.63	31.58	34.95	
12		12.30	18.02	22.22	25.44	28.71	30.67	34.08	
13		11.80	17.35	21.45	24.62	27.88	29.83	33.28	
14		11.37	16.75	20.75	23.88	27.11	29.07	32.54	
15		10.97	16.20	20.12	23.20	26.40	28.35	31.84	
16		10.62	15.71	19.55	22.58	25.75	27.69	31.18	
17		10.29	15.26	19.02	22.00	25.14	27.07	30.57	
18		10.00	14.84	18.53	21.47	24.57	26.49	29.99	
19		9.73	14.46	18.07	20.97	24.04	25.95	29.44	
20		9.48	14.10	17.65	20.50	23.54	25.44	28.92	
21		9.25	13.77	17.26	20.07	23.07	24.96	28.42	
22		9.03	13.47	16.89	19.66	22.63	24.50	27.95	
23		8.83	13.18	16.55	19.28	22.22	24.07	27.51	
24		8.64	12.91	16.22	18.92	21.82	23.66	27.08	
25		8.47	12.65	15.91	18.57	21.45	23.27	26.68	
26		8.30	12.41	15.62	18.25	21.09	22.90	26.29	
27		8.14	12.19	15.35	17.94	20.75	22.54	25.91	
28		7.99	11.97	15.09	17.65	20.43	22.21	25.56	
29		7.85	11.77	14.84	17.37	20.12	21.88	25.21	
30		7.72	11.58	14.61	17.10	19.83	21.57	24.89	
31		7.59	11.39	14.38	16.85	19.55	21.28	24.57	
32		7.47	11.22	14.17	16.60	19.28	20.99	24.26	
33		7.36	11.05	13.96	16.37	19.02	20.72	23.97	
34		7.25	10.89	13.76	16.15	18.77	20.46	23.69	
35		7.14	10.73	13.57	15.93	18.53	20.20	23.41	
36		7.04	10.59	13.39	15.72	18.30	19.96	23.15	
37		6.95	10.44	13.22	15.53	18.08	19.72	22.89	
38		6.85	10.31	13.05	15.33	17.86	19.50	22.65	
39		6.76	10.18	12.89	15.15	17.65	19.28	22.41	
40		6.68	10.05	12.74	14.97	17.45	19.07	22.18	
45		6.29	9.48	12.03	14.17	16.55	18.10	21.11	
50		5.97	9.00	11.44	13.48	15.77	17.27	20.19	
55		5.69	8.59	10.92	12.89	15.09	16.54	19.38	
60		5.45	8.23	10.47	12.36	14.49	15.90	18.66	
65		5.23	7.91	10.07	11.90	13.96	15.32	18.02	
70		5.04	7.62	9.71	11.48	13.48	14.81	17.43	
75		4.87	7.37	9.39	11.11	13.05	14.34	16.90	
80		4.71	7.14	9.10	10.77	12.66	13.92	16.42	
85		4.57	6.92	8.83	10.46	12.30	13.53	15.97	
90		4.44	6.73	8.59	10.17	11.97	13.17	15.56	
95		4.32	6.55	8.36	9.91	11.67	12.84	15.18	
100		4.21	6.39	8.16	9.66	11.38	12.53	14.83	

adapted from J. Bi and M. O' Mahony J. Sensory Studies 1995, 10 341-347