โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์จากพืชสำหรับกระบวนการตกตะกอนโปรตีน

จรัสศรี แก้วฝั้น เอื้องพลอย ใจลังกา อำพล วริทธิธรรม

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์จากพืชสำหรับกระบวนการตกตะกอนโปรตีนนั้น ใช้เอนไซม์โบรมิเลนในน้ำสับปะรดในการตกตะกอนโปรตีนเคซีนในน้ำนม เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่หาง่ายในประเทศไทย และมีทุกฤดูกาล อีกทั้งยังเป็นเอนไซม์ที่มีการยอมรับให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยได้ทำการศึกษาถึงผลการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป พบว่าน้ำสับปะรดที่ pH เท่ากับ 3.97 (ประมาณ 4) เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็ง เพราะได้ปริมาณร้อยละของผลผลิต (22.7±0.22%) ค่าความแน่นเนื้อ (240.4±7.37 g/sec) สูงที่สุด และค่าปริมาณความชื้น (12.88 ±0.15%) ต่ำที่สุด เมื่อใช้น้ำสับปะรดที่มี pH เท่ากับ 3.97 มาศึกษาปริมาณของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือโดยใช้ปริมาณที่ร้อยละ 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30 พบว่าการใช้น้ำสับปะรดที่ปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.20 เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งที่สุด โดยให้ผลร้อยละของผลผลิต (27.3±0.05%) การวัดเนื้อสัมผัส (275.2±3.37g/sec) และค่าปริมาณความชื้น (10.95±0.12%) และมีค่าคะแนนความชอบเท่ากับ ชอบ โดยคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (6.5±1.20) กลิ่น (6.5±1.56) รสชาติ (6.5±0.54) ลักษณะเนื้อสัมผัส (7.2±1.20) และการยอมรับโดยรวม (7.0±0.18) โดยผลต่อความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อีกทั้งยังมีและปริมาณความชื้น (10.95±0.12%) และต้นทุนการผลิตที่กิโลกรัมละ 293.04 บาท ที่ต่ำที่สุดในการศึกษานี้

คำสำคัญ : นมกระบือ สับปะรด เนยแข็งชนิดไม่ผ่านการบ่ม

เลขทะเบียนวิจัย : 62(2)-0423-105

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์

Development of buffalo fresh cheese by plant enzyme for protein denaturation method

Abstract

The development of buffalo fresh cheese by plant enzyme for protein denaturation method used bromelain enzyme in pineapple juice for protein denaturation method. Because in Thailand pineapple were easy to buy in all year round and accept to use in food industry. This project study pH of pineapple juice for protein denaturation method. The suitable pineapple juice was pH 3.97 (~4) because percentage of productivity (22.7±0.22%) fullness (240.4±7.37 g/sec) and moisture (12.88 ± 0.15%). Study value of pineapple juice (pH 3.97) for protein denaturation method were 0.15%, 0.20%, 0.25% and 0.30%. The suitable value of pineapple juice (pH 3.97) for protein denaturation method were 0.20%. The product that using this process has significantly affected on percentage of productivity (27.3± 0.05%) fullness (275.2± 3.37 g/sec) moisture (12.88 ± 0.15%) and accepted by panelists with like of consumer sensory test (P≤0.05) on appearance (6.5±1.20), odor (6.5±1.56), flavor (6.5±0.54), texture (7.2±1.20) and overall acceptability (7.0±0.18). The production costs of buffalo fresh cheese were 293.04 bath/kilogram.

Keyword : Buffalo milk, pineapple, fresh cheese

Registered No. : 62(2)-0423-105

Chiang mai livestock product research and development center, Division of livestock products, Department of Livestock Development

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เผยผลการศึกษาศักยภาพการผลิตการตลาดกระบือนม พบมีโอกาสเป็นสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ที่มีช่องทางการตลาดรองรับในอนาคต หากได้รับการพัฒนารูปแบบการผลิต รวมทั้งสนับสนุนให้นมกระบือและผลิตภัณฑ์เป็นที่รู้จักยอมรับของคนไทยมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จากคุณสมบัติทางเคมีของนมกระบือจากกระบือที่เลี้ยงในประเทศไทยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมโค พบว่า มีโปรตีน แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส สูงกว่านมโค 40.6% 92% 37.7% และ 118% ตามลำดับ รวมทั้ง มีวิตามินเอมากกว่า เนื่องจาก กระบือสามารถ ย่อยเปลี่ยนสารแคโรทีน จากอาหารเป็นวิตามินเอได้เกือบหมด และมีโคเลสเตอรอลน้อยกว่านมโคถึง 43% (กลุ่มวิจัยและพัฒนากระบือ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, 2552) อีกทั้งนมกระบือยังมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีสีขาวจัด ไม่มีกลิ่น และมีรสหวานเล็กน้อย สามารถนำเอาน้ำนมกระบือมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมเพื่อเพิ่มมูลค่าได้เช่นเดียวกับนมโค

เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งยังเป็นการยืดอายุการเก็บ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้มีราคาต่อปริมาณสูงขึ้นมีหลากชนิด หลากราคาการเก็บรักษาได้นาน มีความต้องการของตลาดสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์เนยแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของบริโภค สามารถนำไปประกอบอาหารหรือนำไปบริโภคได้ในหลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะเนยแข็งที่ไม่ผ่านกระบวนการบ่มที่มีคุณค่าทางสารอาหารของน้ำนมอยู่ครบถ้วน โดยในปี 2559 ตลาดเนยแข็งในประเทศไทยมีมูลค่าสูงถึง 1,700 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 จากปีก่อนหน้า และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากความนิยมในอาหารตะวันตกที่เพิ่มมากขึ้น (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร สถาบันอาหาร, 2560) แต่จากการที่กระบวนการผลิตเนยแข็งที่มีขั้นตอนยุ่งยาก และขั้นตอนของการผลิตเนยแข็งชนิดต้องมีการตกตะกอนด้วยเอนไซม์เรนเนท (Rennet) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการตกตะกอนนมโดยเฉพาะ แต่มีข้อเสียคือมีราคาแพงและต้องซื้อในปริมาณมากทำให้การผลิตเนยแข็งในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กไม่แพร่หลายผลิต

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ จึงได้มีแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์จากพืชสำหรับกระบวนการตกตะกอนโปรตีน โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนจากน้ำสับปะรดที่มีอยู่ทั่งไปในประเทศไทย ผู้แปรรูปสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีจำหน่ายตลอดทั้งปี โดยในต่างประเทศได้อนุญาติให้มีการใช้เอนไซม์โบรมีเลนในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยเฉพาะประเทศอังกฤษ เอนไซม์โบรมีเลน จัดอยู่ในกล่มเอนไซม์ที่แนะนำให้ใช้ในปัจจุบันรวมถึงอนาคตอีกด้วย (Arii, 1991) เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตที่ง่าย ใช้วัตถุดิบที่หาได้ทั่วไป ต้นทุนต่ำ สามารถทำเองได้ในครัวเรือน เหมาะสำหรับเกษตรกรหรือผู้ประกอบการขนาดย่อมและสามารถใช้ในการศึกษาและพัฒนาต่อยอดในการทำเนยแข็งชนิดต่าง ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

วัตถุดิบและสารเคมี

- น้ำนมกระบือจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ทาเหนือ ภายใต้มูลนิธิโครงการหลวง
- สับปะรด ใช้สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเนื่องจากมีขายโดยทั่วไปตามท้องตลาด
- สารแคลเซียมคลอไรด์

อุปกรณ์

- ชุดสำหรับพาสเจอร์ไรส์น้ำนม
- ชุดพิมพ์เนยแข็ง
- ชุดอัดทับเนยแข็ง
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (ยี่ห้อ Hanna)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ยี่ห้อ Eutech)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (ยี่ห้อMemmert, รุ่น E14)
- เครื่อง Autoclave (ยี่ห้อ APL รุ่น MC-30L)
- เครื่อง Incubator (ยี่ห้อ Memmert)
- เครื่อง Vortex mixer (ยี่ห้อ Uzusio รุ่น VTX-3000L)
- เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler-tolendo, Swizerland)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler-tolendo, Swizerland)
- เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ยี่ห้อ Fuke gerber รุ่น lactostar)
- เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (ยี่ห้อ AND รุ่น MX-50)
- เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro systems รุ่น TA-HDi)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

1. นำน้ำนมกระบือดิบมาผ่านกระบวนการพาสเจอไรส์น้ำนมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที ลดอุณหภูมิลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส แบ่งน้ำนมออกเป็น 4 ตัวอย่าง

2. เติมแคลเซียมคลอไรด์ 0.02 % ในทุกตัวอย่าง

3. เตรียมน้ำสับปะรด โดยนำผลสับปะรดปอกเปลือก คั้นเอาน้ำสับปะรด โดยใช้น้ำสับปะรดที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำสับปะรดที่มี pH ประมาณ 3.50(วัดจริงได้ 3.37), pH 4.00(วัดจริงได้ 3.97), pH 4.25(วัดจริงได้ 4.28) และ pH 4.50(วัดจริงได้ 4.50)

5. เติมน้ำสับปะรดในตัวอย่างในข้อ 3 ปริมาณ 0.15% จะได้อัตราส่วนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนวัตถุดิบในการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

ตัวอย่างที่	น้ำนมกระบือ (กิโลกรัม)	แคลเซียมคลอไรด์ (กรัม)	pH ของน้ำสับปะรด	ปริมาณน้ำสับปะรดที่ใช้ (มิลลิลิตร)
1	10	2	3.37	15
2	10	2	3.97	15
3	10	2	4.28	15
4	10	2	4.50	15

6. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกว่าน้ำนมจะตกตะกอนเป็นเนื้อคล้ายพุดดิง (ก้อนเคิร์ด)

7. ตัดก้อนเคิร์ดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และคนอย่างช้า ๆ

8. นำไปตุ่นในน้ำร้อนให้ก้อนเคิร์ดมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คงอุณหภูมิไว้นาน 10 นาที

9. แยกเคิร์ดออกจากน้ำเวย์นำเคิร์ดใส่ลงพิมพ์เนยแข็ง นำไปอัดทับด้วยชุดอัดทับเนยแข็งตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 30 นาที กลับด้านก้อนชีสแล้วกดทับอีกนาน 30 นาที

10. ชั่งน้ำหนักผลผลิตที่ได้บรรจุเก็บในถุงสุญญากาศ และเก็บในห้องเย็น

11. ทดสอบทางด้านคุณภาพและด้านประสาทสัมผัส

12. ทำการทดลอง ทั้งหมด 3 ครั้งการทดลอง

13. สรุปผล pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

2. การศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดและกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดสด

ทำทดลองเหมือนกับการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสม โดยใช้น้ำสับปะรดปริมาณ 0.15, 0.20, 0.25 และ 0.30 ในตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ดังอัตราส่วนในตารางที่ 2 และใช้น้ำสับปะรดที่มี pH ที่ได้จากการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ แล้วทำการทดสอบตามข้อที่ 3

ตารางที่ 2 อัตราส่วนวัตถุดิบของการศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

ตัวอย่างที่	น้ำนมกระบือ (กิโลกรัม)	แคลเซียมคลอไรด์ (กรัม)	ปริมาณน้ำสับปะรด (มิลลิลิตร)
1	10	2	15 (0.15%)
2	10	2	20 (0.20%)
3	10	2	25 (0.25%)
4	10	2	30 (0.30%)

3. ทดสอบหาและเปรียบเทียบคุณภาพของเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ ดังนี้

การทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ โดยวิธี

- การหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (Percent yield)
- การวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analysis)
- การวัดค่าความชื้น (Moisture content)

ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 (9-point hedonic scale) (Peryam and Pilgrim, 1957) โดยคุณลักษณะที่ทดสอบมีดังนี้ คือ ลักษณะปรากฏ (Appearance) กลิ่น (Odor) รสชาติ (Flavor) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) และการยอมรับโดยรวม (Overall acceptability) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 20 คน โดยเป็นกลุ่มเจ้าหน้าที่กรมปศุสัตว์ นักศึกษา และผู้บริโภคที่รับประทานเนยแข็งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. การศึกษาต้นทุนการผลิตของกระบวนการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

ศึกษา และเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ โดยมีการศึกษาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ วัตถุดิบ แรงงาน และค่าปัจจัยการผลิต ตามวิธีของเพ็ญศรี (2549)

5. เปรียบเทียบผลการวิจัย

เปรียบเทียบผลการวิจัยหากระบวนการแปรรูปเนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนในการตกตะกอนโปรตีน สำหรับโรงงานแปรรูปน้ำนมขนาดเล็ก โดยดูจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ การยอมรับของผู้บริโภค และต้นทุนการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย มีคุณค่าทางอาหารสูง ผู้บริโภคยอมรับ และต้นทุนต่ำเหมาะกับโรงงานแปรรูปน้ำนมขนาดเล็ก

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ

ผลการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ โดยการศึกษาการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ การหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (Percent yield) การวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) การวัดค่าความชื้น (Moisture content) ได้ผลดังตารางที่ 3 โดยพบว่าน้ำสับปะรดที่ pH เท่ากับ 3.97 (ประมาณ 4) เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งและได้ผลร้อยละของผลผลิต (22.7±0.22%) การวัดเนื้อสัมผัส (240.4±7.37 g/sec) สูงที่สุด และปริมาณความชื้น (12.88±0.15%) ต่ำที่สุด สอดคล้องกับจากงานวิจัยของ Ruchita Dubey และคณะ ที่ได้มีการศึกษาสภาวะการทำงานของเอนไซม์โบรมีเลน พบว่าที่ สภาวะ 45 องศาเซลเซียส และมีค่าความเป็นกรด-เบสที่ 4.0 เอนไซม์โบรมีเลนสามารถทำงานได้ดีที่สุด โดยมีการทำงานร่วมกับสารแคลเซียมคลอไรด์ (Ruchita et al., 2011)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

ตัวอย่างที่	pH ของน้ำสับปะรด	ปริมาณร้อยละผลผลิต (%)	ความแข็ง (Hardness, g/sec)	ความชื้น (%)
1	3.37	15.1±0.32	141.0±2.75	15.51±0.21
2	3.97	22.7±0.22	240.4±7.37	12.88±0.15
3	4.28	20.3±0.35	147.6±3.50	19.75±0.11
4	4.50	17.1±0.11	109.2±5.05	13.04±0.35

2. การศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดและกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตเนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดสด

ผลการศึกษาปริมาณของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ โดยการศึกษาการทดสอบใช้น้ำสับปะรดที่มี pH เท่ากับ 3.97 แล้วศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ การหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (Percent yield) การวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) การวัดค่าความชื้น (Moisture content) ได้ผลดังตารางที่ 4 โดยพบว่าการใช้น้ำสับปะรดที่ปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.20 เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งและได้ผลร้อยละของผลผลิต (27.3±0.05%) การวัดเนื้อสัมผัส (275.2±3.37g/sec) สูงที่สุด และปริมาณความชื้น (10.95±0.12%) ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ**ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 209) พ.ศ. 2543 เรื่อง เนยแข็ง** ที่กำหนดให้เนยแข็ง (Cheese) เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และได้เนยแข็ง แบงออกเป็น 5 ชนิด และเนยแข็งชนิด โฮลมิลคชีส (Whole Milk Cheese) ซึ่งเป็นเนยแข็งที่ใชนมป็นสวนประกอบที่สำคัญในการผลิต โดยอนุญาตให้มีปริมาณน้ำได้ไมเกินรอยละ 37 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ

ตัวอย่างที่	ปริมาณน้ำสับปะรด (มิลลิลิตร)	ปริมาณร้อยละผลผลิต (%)	ความแข็ง (Hardness, g/sec)	ความชื้น (%)
1	0.15%	22.1±0.12	241.1±5.34	12.51±0.41
2	0.20%	27.3±0.05	275.2±3.37	10.95±0.12
3	0.25%	25.5±0.33	176.7±4.50	17.35±0.24
4	0.30%	21.1±0.45	111.1±9.12	21.12±0.87

3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อพิจารณาผลความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำสับปะรด (pH = 4.0) ที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำนมกระบือที่เหมาะสมมีผลต่อความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ดังตารางที่ 5 โดยตัวอย่างที่2 ที่มีการใช้ปริมาณน้ำสับปะรด (pH = 4.0) ที่ร้อยละ 0.2 ให้ได้คะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ (6.5±1.20) กลิ่น (6.5±1.56) รสชาติ (6.5±0.54) ลักษณะเนื้อสัมผัส (7.2±1.20) และการยอมรับโดยรวม (7.0±0.18) จากผู้บริโภค (n = 20) สูงที่สุดและอยู่ในเกณฑ์ ชอบ สาเหตุเนื่องมาจาก เมื่อใช้ปริมาณน้ำสับปะรดมาเกินไปจะทำให้กระบวนการตกตะกอนโปรตีนมีการเกินไปจนเกิดการย่อยสายโปรตีนให้มีขนาดเล็ก และโปรตีนสายเล็กเหล่านี้ทำให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ได้ สอดคล้องกับข้อความของปราณี ที่กล่าวว่ากรดอะมิโนที่มีขนาดเล็กจะทำให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑ์ได้ (ปราณี,2547) อีกทั้งการย่อยโปรตีนที่มีขนาดเล็กยังก่อให้เกิดเนื้อสัมผัสที่ยุ่ยเกินไป ส่วนการใช้ปริมาณน้ำสับปะรดน้อยเกินไปทำให้การตกตะกอนโปรตีนไม่สมบูรณ์ได้เนยแข็งที่มีปริมาณน้อยและเนื้อสัมผัสเหลว

ตารางที่ 5 ผลความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้น้ำสับปะรด (pH = 4.0) ในแต่ละตัวอย่าง

การทดสอบ	ตัวอย่างที่ 1 (คะแนน)	ตัวอย่างที่ 2 (คะแนน)	ตัวอย่างที่ 3 (คะแนน)	ตัวอย่างที่ 4 (คะแนน)
ลักษณะปรากฏ	6.8^{a} ±0.98	6.5^{a} ±1.20	6.9^{a} ±1.20	6.5^{a} ±1.08
กลิ่น	6.2^{a} ±1.44	6.5^{a} ±1.56	6.2^{a} ±1.42	6.5^{a} ±1.46
รสชาติ	6.0^{a} ±0.98	6.5^{b} ±0.54	5.4^{c} ±0.90	4.3^{d} ±1.10
เนื้อสัมผัส	6.4^{a} ±0.44	7.2^{b} ±1.20	6.7^{b} ±0.66	5.2^{c} ±1.20
การยอมรับโดยรวม	6.2^{a} ±0.44	7.0^{b} ±0.18	6.3^{b} ±0.54	5.3^{c} ±0.32

* ค่าคุณภาพเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดลอง 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

5. การศึกษาต้นทุนการผลิต

ในการคำนวณต้นทุนการแปรรูป จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ วัตถุดิบ แรงงาน และค่าปัจจัยการผลิต โดยในการทดลองนี้ได้ทำการคำนวนต้นทุนทั้ง 4 ตัวอย่างแยกตามปริมาณน้ำสับปะรดที่ใช้และปริมาณเนยแข็งที่ผลิตได้ โดยคำนวณจากการผลิตเนยแข็งโดยใช้น้ำนมกระบือดิบ 10 กิโลกรัม (น้ำนมกระบือดิบราคากิโลกรัมละ 60 บาท) โดยมีสรุปต้นทุนแสดงดังตาราง 4 โดยตัวอย่างที่2 ที่มีการใช้ปริมาณน้ำสับปะรด (pH = 4.0) ที่ร้อยละ 0.2 มีต้นทุนการผลิตรวมต่อกิโลกรัมน้อยที่สุด

ตารางที่ 6 สรุปต้นทุนการแปรรูปเนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม

รายการต้นทุน/ชุดการทดสอบ	**ตัวอย่างที่ 1**	**ตัวอย่างที่ 2**	**ตัวอย่างที่ 3**	**ตัวอย่างที่ 4**
จำนวนที่ผลิตได้ต่อรอบ (กิโลกรัม)	2.21	2.73	2.55	2.11
ต้นทุนวัตถุดิบ (บาท/รอบ)	625	625	625	625
ต้นทุนแรงงาน (บาท/ชิ้น)	150	150	150	150
ต้นทุนปัจจัยการผลิต (บาท/ชิ้น)	25	25	25	25
รวมต้นทุนการผลิตต่อรอบ (บาท/รอบ)	800	800	800	800
รวมต้นทุนการผลิต (บาท/กิโลกรัม)	361.99	293.04	313.725	379.15

สรุปผลการทดลอง

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากน้ำนมกระบือชนิดไม่ผ่านกระบวนการบ่ม โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนในน้ำสับปะรดในการตกตะกอนโปรตีนเคซีนในน้ำนม ได้ทำการศึกษาถึงผลการศึกษา pH ของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในกระบวนการแปรรูป พบว่าน้ำสับปะรดที่ pH เท่ากับ 3.97 (ประมาณ 4) เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งและได้ผลร้อยละของผลผลิต (22.7±0.22%) การวัดเนื้อสัมผัส (240.4±7.37 g/sec) สูงที่สุด และปริมาณความชื้น (12.88±0.15%) ต่ำที่สุด และเมื่อใช้น้ำสับปะรดที่มี pH เท่ากับ 3.97 มาศึกษาปริมาณของน้ำสับปะรดที่เหมาะสมกับการผลิตเนยแข็งชนิดสดจากน้ำนมกระบือ พบว่าการใช้น้ำสับปะรดที่ปริมาณเท่ากับร้อยละ 0.20 เหมาะสมในการนำไปตกตะกอนโปรตีนในกระบวนการผลิตเนยแข็งและได้ผลร้อยละของผลผลิต (27.3±0.05%) การวัดเนื้อสัมผัส (275.2±3.37g/sec) สูงที่สุด และปริมาณความชื้น (10.95±0.12%) ต่ำที่สุด และมีค่าคะแนนความชอบสูงที่สุด โดยผลต่อความชอบด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม แตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตที่กิโลกรัมละ 293.04 บาท ซึ่งเป็นต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการศึกษานี้

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองในครั้งนี้ ใช้น้ำนมกระบือดิบโดยไม่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งใด ๆ หาต้องการให้คะแนนความชอบเพิ่มมากขึ้นอาจต้องมีการเติมแต่งรสชาติ ซึ่งอาจเพิ่มในส่วนของวัตถุดิบ หรือเพิ่มในกระบวนการปรุงเพื่อรับประทานเพื่อให้เหมาะกับความชอบของผู้บริโภค โดยลักษณธของเนยแข็งชนิดสดที่ได้มีลักษณะเหมือนเต้าหู้ไม่เหลวเมื่อโดนความร้อนจึงสามารถนำไปประกอบอาหารแทนเนื้อสัตว์ได้ ช่วยให้เกิดการเพิ่มการบริโภคนม และผู้บริโภคมีสุขภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. สัตว์พระราชทานกระบือนมเมซานี เอกสารคำแนะนำ. กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 3 หน้า

กลุ่มวิจัยและพัฒนากระบือ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. (2552). กระบือเมซานี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://breeding.dld.go.th/buffalo/index.php?option=com_content&view= article&id= 117&Itemid=13 (15 กรกฎาคม 2560)

ข่าวเกษตรประจำวัน. (2553). กระบือนม อาจเป็นอาชีพทางเลือกใหม่. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.phtnet.org/news53/view-news.asp?nID=73 (15 กรกฎาคม 2560)

ปราณี อ่านเปรื่อง. (2547). เอนไซม์ทางอาหาร. (หน้า 157-158). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิกร สางห้วยไพร สุวิช บุญโปร่ง ประภัสสร วุฒิปาณี และ พิจิตรา เดชสูงเนิน. (2556). ***คู่มือการเลี้ยงกระบือไทย.*** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

นิตยา ตันติวา และนพพล เล็กสวัสดิ์ (2018) การศึกษาจลนพลศาสตร์ของเอนไซม์โปรติเอส จาก Kluyveromyces marxianus IFO 0288 [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-003.pdf (24 กรกฎาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). สศก. แนะ...กระบือนม...อาชีพทางเลือกใหม่ของเกษตรกร (ต้นฉบับ). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_baer/ewt_news. php?nid=2415&filename=index (18 กรกฎาคม 2560)

สุคีพ ไชยมณี . 2555. กระบือนมและผลิตภัณฑ์จากนมกระบือ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: web2012.hrdi.or.th/HighlandDevelop/detail/1631/กระบือนมและผลิตภัณฑ์จากนมกระบือ/ (18 กรกฎาคม 2560)

สุคีพ ไชยมณี . 2555. กระบือนมและผลิตภัณฑ์จากนมกระบือ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=134 (18 กรกฎาคม 2560)

Arii, S., and Fujimaki, M. (1991). *Enzymatic Modification of Proteins, In Food Enzymology*. Elsevier Publishing, New York.

Brescia, M.A., Monfreda, M., Buccolieri, A. and Carrino, C. (2005). Characterisation of the geographical origin of buffalo milk and mozzarella cheese by means of analytical and spectroscopic determinations. *Food Chemistry.* 89(1): 139-147

Dubey, R., Reddy, S. and Murthy, N.Y.S. (2011). Optimization of Activity of Bromelain. *Asian Journal of Chemistry*; Vol.24, No.4(2012): 1429-1431

Locci, F., Ghiglietti, R., Francolino, S., Iezzi, R., Oliviero, V., Garofalo, A. and Mucchetti, G. (2008). Detection of cow milk in cooked buffalo Mozzarella used as Pizza topping. *Food Chemistry*. 107(3): 1337-1341.

Menard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F. and Lopez, C. (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry*. 120(2): 544-551

Patel, H.G., Upadhyay, K.G., Miyani, R.V. and Pandya, A.J. (1993). Instron texture profile of buffalo milk cheddar cheese as influenced by composition and ripening changes. *Food Quality and Preference.* 4(4): 187-192.

Rao, M.B., Tanksale, A.M., Ghatge, M.S., Deshpande, V.V. (1998). Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 62: 597-635.