จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัยโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2540

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์การเจือปนนมผงในนมสด หรือการใช้นมผงแทนนมสดในการผลิตนมพร้อมดื่ม

(Development of Analytical Methods for Detection of Reconstituted Milk in Ready-to Drink Milk)

โดย

สุเทพ เรืองวิเศษ

กันยายน 2541

ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงบประมาณที่ได้ให้ทุนวิจัยโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2540

ขอขอบคุณ คุณปิยะดา หาญนุกูล ที่ช่วยการวิเคราะห์ คุณไฉไล คูวัฒนานุกูล ที่ช่วยตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมโดยเครื่อง Milko-Scan 133B และคุณพรทิพย์ เส็งสำเริง ที่ช่วยพิมพ์รายงาน

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีวิเคราะห์การใช้นมผงในการผลิตนมพร้อมดื่มอาศัยหลักการที่ว่านมพร้อมดื่มที่ผลิตจากนมผงนั้นต้องผ่านความร้อนถึง 2 ครั้ง คือจากกระบวนการผลิตนมผงและจากการผลิตนมพร้อมดื่ม การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีทางเคมี 2 วิธีคือ อัตราส่วน creatine/creatinine ในน้ำนม และ electrophoretic pattern ของ whey proteins creatine และ creatinine เป็นส่วนประกอบของน้ำนมตามธรรมชาติ creatine จะถูกเปลี่ยนเป็น creatinine เมื่อนมได้รับความร้อน ในขณะเดียวกันปริมาณ creatinine เพิ่มขึ้น หรือทำให้อัตราส่วน creatine/creatinine ลดลง การศึกษาผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine พบว่าน้ำนมดิบที่มีนมผงผสมอยู่ 0, 25, 50, 75, และ 100% ซึ่งได้ปรับปริมาณไขมันให้เท่ากับ 3.2 % เมื่อไม่ได้รับความร้อนมีค่าอัตราส่วน creatine/creatinine เท่ากับ 6.58, 6.27, 6.11, 6.21, 6.75 (n = 3) ตามลำดับ น้ำนมดังกล่าวเมื่อผ่านกระบวนการ pasteurization (63°ซ 30 นาที) ทำให้อัตราส่วนลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 5.08, 5.18, 5.14, 5.24, และ 5.26 กระบวนการ sterilization (121°ซ 10นาที) ทำให้อัตราส่วนลดลงอย่างมีนัยสำคัญเป็น 1.71, 1.62, 1.79, 1.72, และ 1.75 แต่กระบวนการ pasteurization และ sterilization ไม่สามารถแสดงความแตกต่างระหว่างน้ำนมที่มีนมผงผสมด้วยความเข้มข้นต่าง ๆกันได้ การศึกษาส่วนประกอบอื่นของน้ำนมที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อนมได้รับความร้อนคือ whey proteins ซึ่งสามารถแสดงความแตกต่างโดยใช้ electrophoretic pattern การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณนมผงในนมพร้อมดื่มยังควรต้องมีการพัฒนาต่อไป

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	iii
สารบัญ	iv
รายการตารางประกอบ	v
รายการภาพประกอบ	vi
รายการสัญญลักษณ์และคำย่อ	vii
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วิธีการวิจัย	3
2.1 ตัวอย่างนม	3
2.2 วิธีวิเคราะห์ creatine และ creatinine ในน้ำนม	3
2.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาผลของความร้อน ต่ออัตราส่วน creatine/creatinine	3
2.4 Electrophoretic pattern ของ whey proteins	4
2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	4
3 ผลการวิจัย	5
3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณ creatine และ creatinine ในตัวอย่างนม	5
3.2 ผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine	5
3.3 Electrophoretic pattern ของ whey proteins	5
4 การอภิปรายผล	14
เอกสารอ้างอิง	15

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

1 Recovery ของ creatine และ creatinine ในน้ำนม..... 6
2 ปริมาณ creatine และ creatinine ในน้ำนมดิบ..... 10
3 ผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine..... 11
4 ปริมาณ whey proteins ในน้ำนมดิบ..... 12

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1	HPLC chromatogram ของสารมาตรฐาน creatine และ creatinine	7
2	HPLC chromatogram ของ creatine และ creatinine ในน้ำนมดิบ	8
3	HPLC chromatogram ของ creatinine ในนมผง	9
4	Electrophoretic pattern ของ whey proteins	12

รายการสัญญลักษณ์และคำย่อ

°ซ	องศาเซลเซียส
HPLC	High performance liquid chromatography
L	liter
ml	milliliter
nmol	nanomol
µg	microgram

บทที่ 1
คำนำ

นมเป็นอาหารที่มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากนมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยไขมัน โปรทีน น้ำตาล เกลือแร่ และวิตามิน การบริโภคนมและผลิตภัณฑ์นมในประเทศเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 8 ต่อปี โดยในปี 2538 จะมีความต้องการใช้ 1,212,980 ตัน และเพิ่มเป็น 2,034,290 ตัน ในปี 2544 แต่ปริมาณน้ำนมดิบในประเทศสามารถผลิตได้เพียงร้อยละ 23 ของความต้องการ จึงต้องมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์นมที่นำเข้าที่สำคัญได้แก่ หางนมผง มีปริมาณการนำเข้าในอัตราร้อยละ 52 เพื่อใช้ทำนมพร้อมดื่ม นมข้น ไอศกรีม และอื่น ๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2538)

ในปัจจุบันการผลิตนมพร้อมดื่มสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 ใช้น้ำนมดิบที่ผลิตได้ในประเทศเป็นวัตถุดิบในการผลิต วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากราคาน้ำนมดิบที่โรงงานรับซื้อมีราคาประมาณ 12.50 บาท/กิโลกรัม

วิธีที่ 2 ใช้หางนมผงผสมกับน้ำนมดิบที่มีคุณค่าเหมือนน้ำนมดิบ ต้นทุนการผลิตประมาณ 7.07 บาท/กิโลกรัม หรืออาจใช้หางนมผงเพียงอย่างเดียว

จะเห็นได้ว่าการผลิตโดยวิธีที่ 2 ใช้หางนมผงผสมกับน้ำนมดิบมีราคาถูกกว่าการใช้น้ำนมดิบประมาณ 2.18 บาท/กิโลกรัม ถึงแม้กระทรวงพาณิชย์และกระทรวงอุตสาหกรรมจะมีมาตรการบังคับให้โรงงานต้องรับซื้อน้ำนมดิบก็ตาม ทางโรงงานผลิตนมพร้อมดื่มก็ยังพยายามหลีกเลี่ยงการรับซื้อน้ำนมดิบที่ผลิตได้ในประเทศ โดยจะรับซื้อให้น้อยที่สุดหรือกำหนดโควต้าการรับซื้อน้ำนมดิบ ส่วนเกินโควต้าจะไม่รับซื้อหรือให้ราคาต่ำจากข้อตกลงที่กำหนดไว้ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2538)

จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรข้างต้นที่ว่ามีการนำเข้าหางนมผงเพื่อใช้ผลิตนมพร้อมดื่ม เนื่องจากราคาน้ำนมดิบในประเทศมีราคาสูงกว่าจึงทำให้มีการผลิตนมพร้อมดื่มจากหางนมผงผสมกับมันเนย แต่ผู้ผลิตยังระบุว่าผลิตจากน้ำนมสดซึ่งเป็นการไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงควรมีวิธีตรวจวิเคราะห์ที่หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการควบคุมคุณภาพนมพร้อมดื่มที่สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

การนำเอานมผงมาผสมกับนมสดหรือการนำเอานมผงมาใช้แทนนมสดในการผลิตนมพร้อมดื่ม จะมีผลทำให้ส่วนประกอบของนมผงต้องผ่านความร้อนถึงสองครั้ง คือในระหว่างขั้นตอนการผลิตนมผงและขั้นตอนการผลิตนมพร้อมดื่ม ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของนมผงมากกว่าการใช้นมสดเพียงอย่างเดียว

ส่วนประกอบของน้ำนมที่มีรายงานว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค

(1) Creatine และ creatinine โดยปกติในน้ำนมมี creatine และ creatinine เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยเล็กน้อย เมื่อน้ำนมได้รับความร้อน creatine จะเปลี่ยนเป็น creatinine ปริมาณ creatinine ที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ ถึงแม้ creatinine มีปริมาณเพิ่มขึ้นก็ตาม แต่ผลรวมของ creatine และ creatinine ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง อัตราส่วน creatine/creatinine จึงถูกนำมาใช้แสดงว่าน้ำนมผ่านกระบวนการให้ความร้อนวิธีใด (Gennaro and Abrigo, 1991)

(2) Whey proteins คุณสมบัติที่สำคัญของ whey proteins คือทนทานต่อกรดแต่ไม่ทนต่อความร้อน น้ำนมที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแตกต่างกันจะมีปริมาณ whey proteins ที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่เหมาะสมเพื่อใช้หาปริมาณนมผงในนมพาสเจอร์ไรส์และนมสเตอริไลส์

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างนม

น้ำนมดิบซื้อจากฟาร์มโคนมในเขตจังหวัดนครปฐม

นมผงและหางนมผงซื้อจากห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร

การผสมนมผงหรือหางนมผงในนมสดปรับปริมาณไขมันให้ได้ 3.2% โดยตรวจวัดด้วยเครื่อง Milko-Scan 133B (Foss, Denmark)

Pasteurization ใช้การอุ่นนมใน water bath ที่ 63°ซ นาน 30 นาที

Sterilization บรรจุนมใน flask ปิดจุก แล้วจึง autoclave ที่ 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทั้งนี้ต้องอุ่นนมที่ 60°ซ นาน 30 นาทีก่อนจึงนำเข้าเครื่อง autoclave

2.2 วิธีวิเคราะห์ creatine และ creatinine ในน้ำนม

วิเคราะห์หาปริมาณ creatine และ creatinine โดยใช้วิธีของ Gennaro และ Abrigo (1990) นำตัวอย่างน้ำนม 50 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง centrifuge ที่ 4,000 rpm 4°ซ นาน 30 นาที แล้วจึงตักส่วนของไขมันชั้นบนออก ปิเปตหางนมที่ได้ 0.5 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำ (HPLC grade) ครบ 10 มิลลิลิตร กรองผ่าน membrane filter ที่มี pore size 0.2 μm เจือจางอีกครั้ง (1:100) ด้วย HPLC water แล้วจึงวิเคราะห์หาปริมาณด้วยวิธี HPLC

เงื่อนไข (conditions) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ creatine และ creatinine

Column	:	Spherisorb ODS-2 (5 μm)
		ขนาด 0.4 x 25.0 ซม
Mobile phase	:	0.005 M Octylamine ortho-phosphate
Flow rate	:	1 มิลลิลิตร/นาที
Detector	:	UV-Vis spectrophotometer wavelength 230 nm

2.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine

ปรับปริมาณไขมันในน้ำนมดิบให้ได้ 3.2% ด้วยน้ำ และนมผงในน้ำปรับปริมาณไขมันในให้ได้ 3.2% เช่นเดียวกัน

ผสมน้ำนมที่เตรียมจากนมผงกับน้ำนมดิบด้วยอัตราส่วนดังนี้

1 นมผง 0 มิลลิลิตร น้ำนมดิบ 200 มิลลิลิตร (0% นมผง)

2 นมผง 50 มิลลิลิตร น้ำนมดิบ 150 มิลลิลิตร (25% นมผง)

3 นมผง 100 มิลลิลิตร น้ำนมดิบ 100 มิลลิลิตร (50% นมผง)

4 นมผง 150 มิลลิลิตร น้ำนมดิบ 50 มิลลิลิตร (75% นมผง)

5 นมผง 200 มิลลิลิตร น้ำนมดิบ 0 มิลลิลิตร (100% นมผง)

แบ่งน้ำนมผสมที่เตรียมได้แต่ละอัตราส่วนเป็นสามส่วน

ส่วนที่ 1 ไม่ผ่านความร้อน

ส่วนที่ 2 อุ่นนมใน water bath ที่ 63°ซ นาน 30 นาที (pasteurization)

ส่วนที่ 3 อุ่นนมที่ 60°ซ นาน 30 นาที แล้วจึง autoclave ที่ 121°ซ ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

วิเคราะห์หาปริมาณ creatine และ creatinine ในน้ำนมผสมทั้งสามส่วน

2.4 Electrophoretic pattern ของ whey proteins

ศึกษาและหาปริมาณ whey proteins ในตัวอย่างนมโดยใช้วิธีของ Hillier (1976) และ Ng-Kwai and Krocker (1984)

ปรับ pH ของน้ำนมให้เท่ากับ 4.6 ด้วย 1 N HCl กรอง caseins นำส่วน fittrate ใสซึ่งมี whey proteins มาวิเคราะห์ โดยมา heat ที่ 100°ซ นาน 5 นาที แล้ว centrifuge ที่ 5,500 x g นาน 1 นาที ปิเปต 10 μl มา run บน SDS-PAGE พร้อมกับสารมาตรฐาน α-lacalbumin และ β-lactoglobulin โดยใช้ voltage เท่ากับ 200 V/50 MA run นาน 45 นาที แล้วจึง stain gel ด้วย coomassie blue ย้อมสีกับ coomassie blue heat 100 ล้างด้วย destain solution (10% methanol, 10% glacial acetic acid) อ่านความเข้มข้นของ α-lacalbumin และ β-lactoglobulin bands ในตัวอย่างนมโดยใช้เครื่อง densitometer (CS-9801PC Dual Wavelength Flying Spot Scanning Densitometer, Shimadzu, Japan)

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine ของน้ำนมผสมโดยใช้ Student's t test และแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ผลการวิจัย

3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณ creatine และ creatinine ในตัวอย่างนม

การศึกษาหา recovery สำหรับ creatine และ creatinine ในน้ำนมโดย standard addition method พบว่าค่า 93.40 และ 94.50 % ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีที่ใช้สามารถวิเคราะห์ creatine และ creatinine อย่างมีประสิทธิภาพ

HPLC chromatogram ของสารมาตรฐาน creatine และ creatinine แสดง retention time ที่ประมาณ 4.1 และ 5.3 นาทีตามลำดับ (รูปที่ 1) สำหรับ HPLC chromatogram ของนมสดและนมผงแสดงในรูป 2 และ 3 retention time ของ creatine และ creatinine ในนมทั้งสองชนิดเท่ากับ 4.1 และ 5.4 นาทีเช่นเดียวกับสารมาตรฐานทั้งสองชนิด

ปริมาณ creatine และ creatinine ในน้ำนมดิบจากฟาร์มต่าง ๆแสดงในตารางที่ 2 ปริมาณ creatine ที่พบมีค่าระหว่าง 494 - 619 nmol/L ปริมาณ creatinine มีค่า 53 - 87 nmol/L อัตราส่วน creatine/creatinine มีค่าอยู่ระหว่าง 7.22 - 9.25

3.2 ผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine

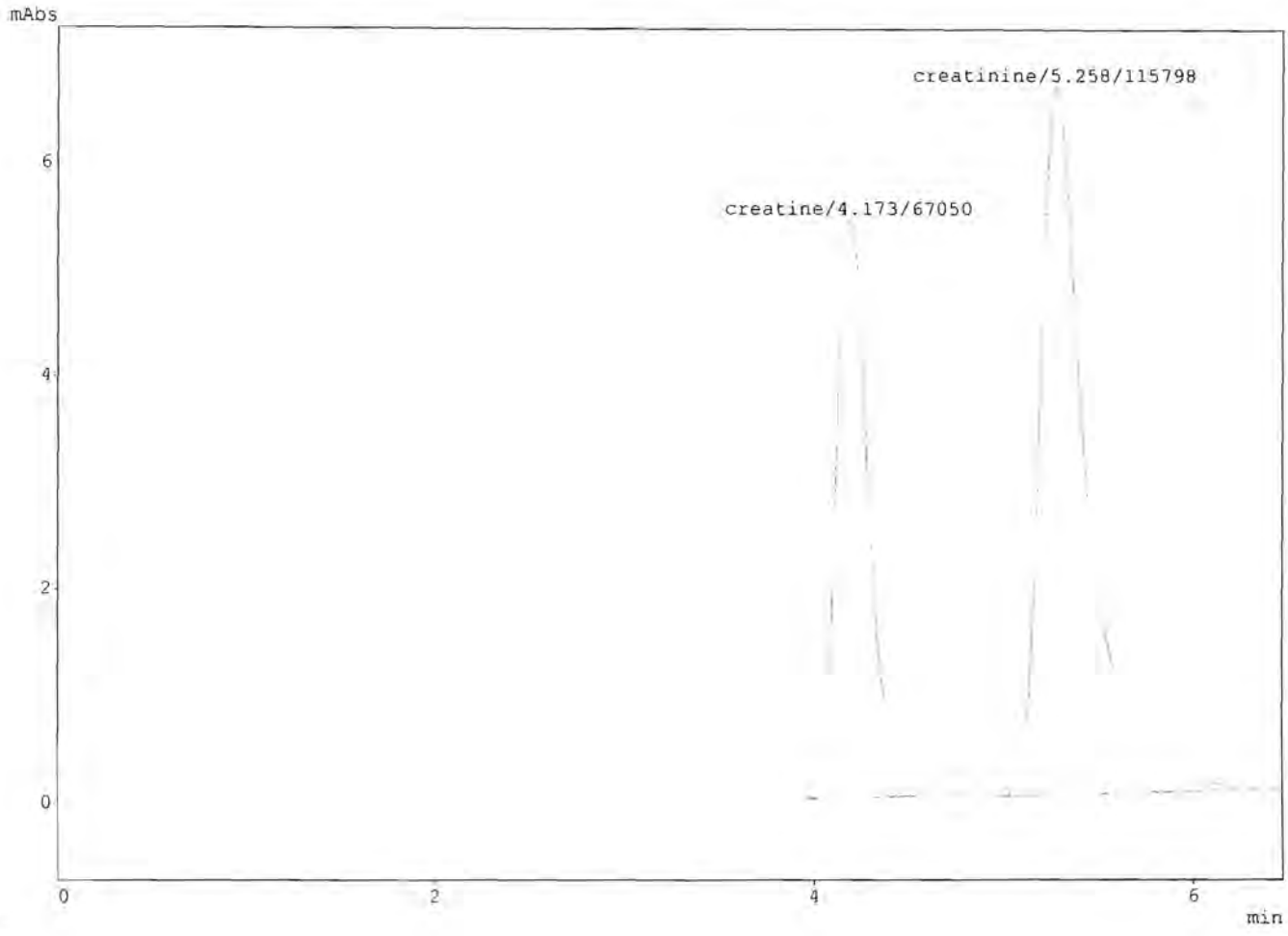
กระบวนการ pasteurization และ sterilization ทำให้อัตราส่วน creatine/creatinine ของน้ำนมที่มีนมผงผสมทั้ง 5 อัตราส่วน ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีผลต่ออัตราส่วนดังกล่าวของน้ำนมที่มีนมผงผสมด้วยความเข้มข้นต่าง ๆกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

3.3 Electrophoretic pattern ของ whey proteins

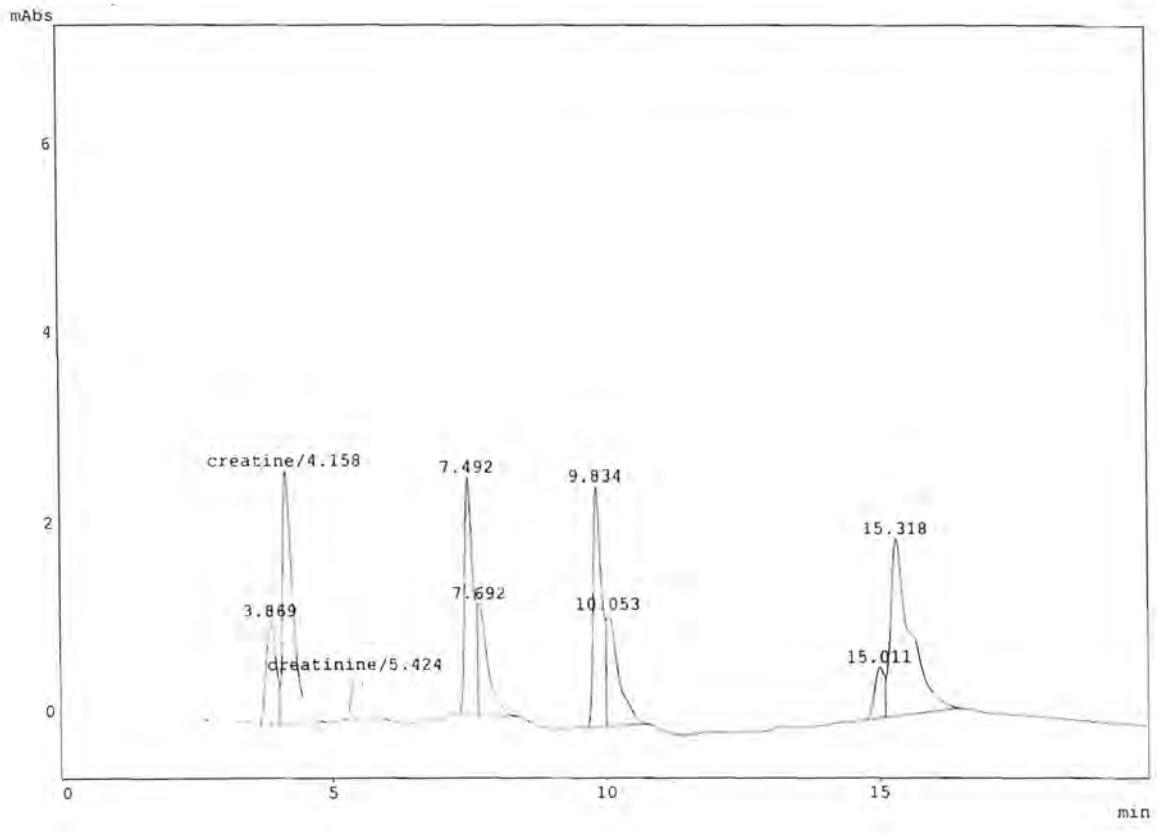
รูปที่ 4 แสดง electrophoretic pattern ของ whey proteins ในน้ำนมดิบซึ่งพิจารณาเฉพาะ α-lactalbumin และ α-lactoglobulin จากการวิเคราะห์หาปริมาณของ whey proteins ทั้งสองชนิดโดยการอ่าน electrophoresis gel ด้วย densitometer พบปริมาณ whey proteins ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 Recovery ของ creatine และ creatinine ในตัวอย่างนม (n = 3)

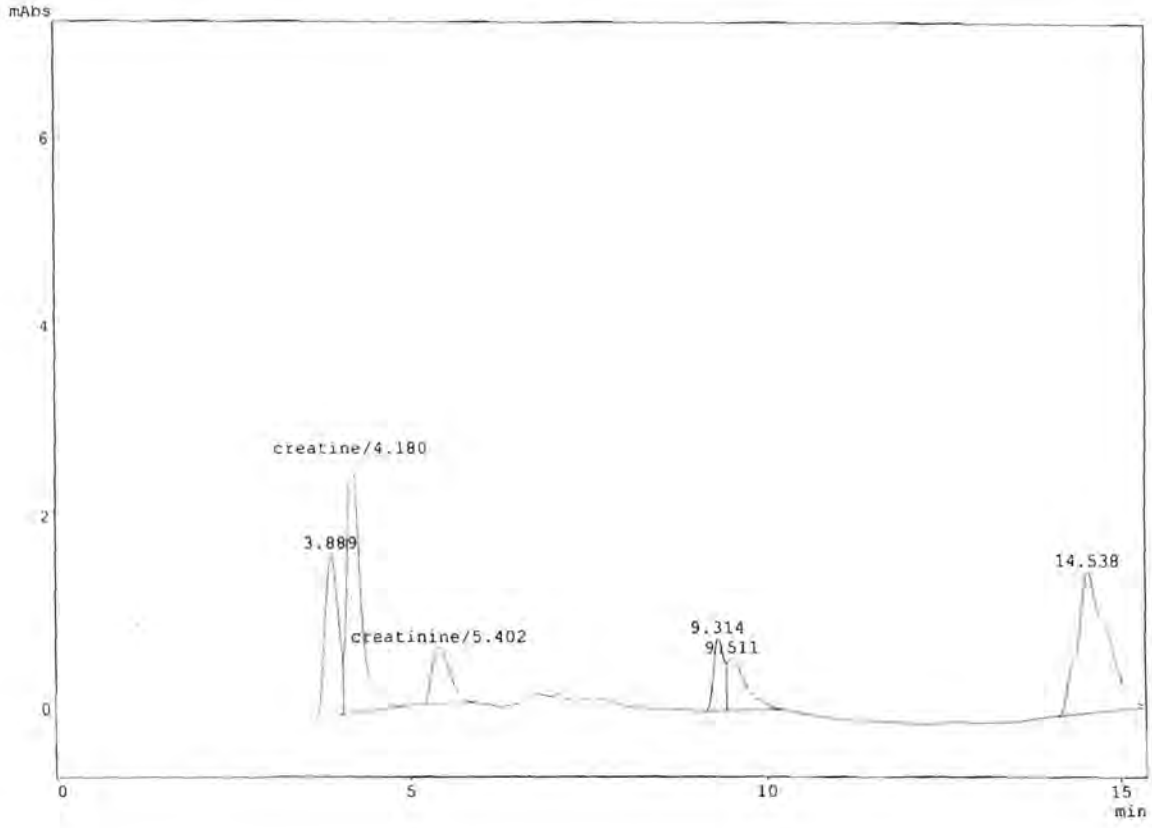
ปริมาณที่เติม	ปริมาณที่ตรวจพบ	% recovery
Creatine		
0.060	0.052 ± 0.002	86.67
0.300	0.257 ± 0.008	85.67
0.600	0.561 ± 0.004	93.50
1.200	1.225 ± 0.007	102.08
1.500	1.486 ± 0.016	99.07
	% recovery เฉลี่ย	93.40 ± 7.29
Creatine		
0.062	0.059 ± 0.006	95.16
0.312	0.260 ± 0.011	83.33
0.624	0.597 ± 0.028	95.67
1.248	1.248 ± 0.024	100.00
1.560	1.534 ± 0.004	98.33
	% recovery เฉลี่ย	94.50 ± 6.55



รูปที่ 1 HPLC chromatogram ของสารมาตรฐาน creatine และ creatinine ซึ่งมี retention time ประมาณ 4.1 และ 5.2 นาที



รูปที่ 2 HPLC chromatogram ของ creatine และ creatinine ในน้ำนมดิบ มี retention time ประมาณ 4.1 และ 5.4 นาที



รูปที่ 3 HPLC chromatogram ของ creatine และ creatinine ในนมผง มี retention time ประมาณ 4.1 และ 5.4 นาที

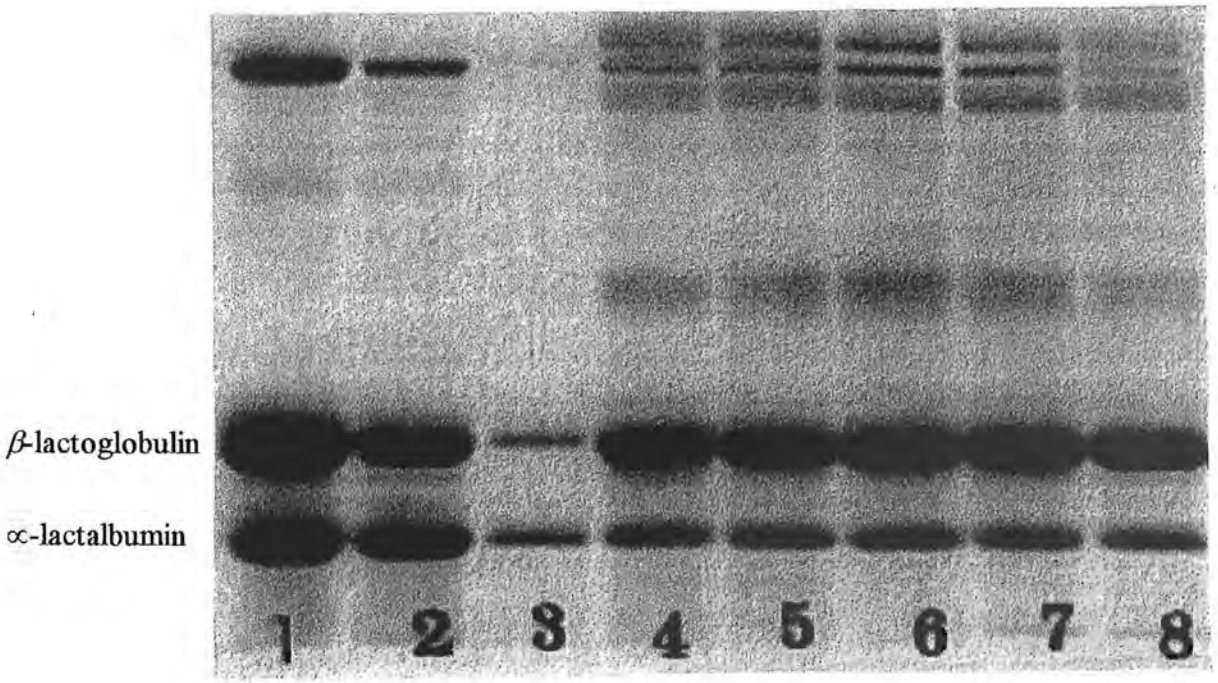
ตารางที่ 2 ปริมาณ creatine และ creatinine ในน้ำนมดิบจากฟาร์มต่าง ๆ

ตัวอย่าง	Creatine (nmol/L)	Creatinine (nmol/L)	Creatine + Creatinine	Creatine/ Creatinine
1	543	63	606	8.67
2	494	55	549	8.95
3	530	58	589	9.08
4	557	69	627	8.02
5	576	76	652	7.61
6	529	66	595	8.03
7	495	60	555	8.24
8	495	53	548	9.25
9	577	80	656	7.22
10	689	87	776	7.88
11	573	73	646	7.87
12	542	62	605	8.69
13	506	58	564	8.72
14	551	64	615	8.66
15	579	67	646	8.67
16	619	80	700	7.70

ตารางที่ 3 ผลของความร้อนต่ออัตราส่วน creatine/creatinine ในน้ำนม ที่มีนมผงความเข้มข้นต่าง ๆ (n = 3)

ตัวอย่างน้ำนม	creatine/creatinine		
	ไม่ผ่านความร้อน	Pasteurization	Sterilization
น้ำนมดิบ + 0 % นมผง	6.58 ± 0.38	5.08 ± 0.31*	1.71 ± 0.43*
น้ำนมดิบ + 25 % นมผง	6.27 ± 0.45	5.18 ± 0.44*	1.62 ± 0.21*
น้ำนมดิบ + 50 % นมผง	6.11 ± 0.20	5.14 ± 0.24*	1.79 ± 0.16*
น้ำนมดิบ + 75 % นมผง	6.21 ± 0.32	5.24 ± 0.25*	1.72 ± 0.28*
100 % นมผง	6.75 ± 0.38	5.26 ± 0.31*	1.75 ± 0.36*

* แตกต่างจากนมที่ไม่ผ่านความร้อนที่มีความเข้มข้นของนมผงเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 Electrophoretic pattern ของ whey proteins. Lane 1-3 สารมาตรฐาน β-lactoglobulin 15,000, 5,000 และ 500 ng ∝-lactalbumin 5,000, 3,000 และ 50 ng Lane 4-8 ตัวอย่างน้ำนมดิบ

ตารางที่ 4 ปริมาณ whey proteins ในน้ำนมดิบ

Sample	ปริมาณ (μg/ml)	
	∝-lactalbumin	β-lactoglobulin
1	1041	8229
2	1106	6318
3	1226	6188
4	1010	8074
5	1139	7114
6	1278	8472
7	1271	6725
8	1382	6842
9	1449	7680
10	1247	7349

บทที่ 4
การอภิปรายผล

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณ creatine และ creatinine ในน้ำนมโดยใช้วิธี HPLC นี้ให้ recovery ที่สูงมากคือ 93 และ 94 % ทำให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องและแม่นยำมาก ปริมาณ creatine, creatinine และอัตราส่วนของสารทั้งสองในน้ำนมดิบจากฟาร์มต่าง ๆที่ทำการวิเคราะห์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 1)

กระบวนการ pasteurization และ sterilization ทำให้อัตราส่วน creatine/creatinine ของน้ำนมที่มีนมผงผสมอยู่ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 5 ความเข้มข้น แต่ไม่มีผลต่อน้ำนมที่มีนมผงผสมอยู่ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณนมผงในนมพร้อมดื่มได้

caseins เป็นโปรทีนที่มีมากที่สุดในน้ำนมประมาณ 80% ของโปรทีนทั้งหมดในนม (Swaisgood, 1992) โปรทีนที่เหลือประมาณ 20% รวมเรียกว่า whey proteins ซึ่งประกอบด้วยโปรทีนชนิดต่าง ๆหลายชนิด α-lactalbumin และ β-lactoglobulin เป็นโปรทีนที่มีอยู่มากที่สุดใน whey (Brew and Grobler, 1992; Hambling *et al.*, 1992) ลักษณะสำคัญของ whey proteins คือความไม่คงตัวต่อความร้อนคือถูก denature ได้ในความร้อนต่ำ ๆ คุณสมบัตินี้จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์การใช้นมผงในการผลิตนมพร้อมดื่มโดยใช้ electrophoretic pattern ของ α-lactalbumin และ β-lactoglobulin เมื่อนมถูกความร้อนจะทำให้ปริมาณของ whey proteins ทั้งสองลดลง

Electrophoretic pattern ของ whey proteins ในน้ำนมดิบจากฟาร์มต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4 ปริมาณของ α-lactalbumin และ β-lactoglobulin ในน้ำนมดิบจากฟาร์มต่าง ๆ 6 ฟาร์มที่ตรวจวิเคราะห์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก การพัฒนาวิธีวิเคราะห์การใช้นมผงในนมพร้อมดื่มจึงควรศึกษา electrophoretic pattern ของ whey proteins ในนมที่มีนมผงผสมด้วยความเข้มข้นต่าง ๆกันและผ่านกระบวนการ pasteurization และ sterilization ด้วย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2538) แนวทางพัฒนาการผลิตการตลาดน้ำนมดิบ กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พฤษภาคม 2538 17 หน้า

Brew K. and Grobler J.A. (1992) α-Lactalbumin. In Advanced Dairy Chemistry-1: Proteins. Elsevier Science Publishers Ltd. Great Britain.

Gennaro M.C. and Abrigo C. (1991) Simultaneous determination of creatinine, uric, L (+)- ascorbic and orotic acids in milk by reverse-phase ion-interaction HPLC chromatography. *J Anal Chem* **340,** 422-425.

Hambling S.E., McAlpine A.S., and Saeyer L. (1992) β-Lactoglobulin In Advanced Dairy Chemistry-1: Proteins. Elsevier Science Publishers Ltd. Great Britain.

Hillier R.B. (1976) The quantitative measurement of whey proteins using polyacrylamide-gel electrophoresis. *J. Dairy Res* **43,** 259-265.

Ng-Kwai K.F. and Krocker E.M. (1984) Rapid separation and quantification of major caseins and whey proteins of bovine milk by polyacrylamide-gel electrophoresis. *J. Dairy Res* **51,** 3052-3056.

Swaisgood H.E. (1992) Chemistry of caseins. In Advanced Dairy Chemistry-1: Proteins. Elsevier Science Publishers Ltd. Great Britain.