จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัยโครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2537

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

คุณภาพนมสเตอริไลส์และนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา
(Quality of Sterilized and UHT Milk During Storage)

โดย

สุเทพ เรืองวิเศษ
เกรียงศักดิ์ สายธนู

สิงหาคม 2541
ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงบประมาณที่ได้ให้ทุนวิจัยโครงการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2537

ขอขอบคุณ คุณไฉไล คูวัฒนานุกูล คุณวลาศินี รักขาว ที่ช่วยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำนม และคุณพรทิพย์ เส็งสำเริง ที่ช่วยพิมพ์รายงานฉบับนี้

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพนมยูเอชที 3 บริษัท และนมสเตอริไลส์ 2 บริษัท ตัวอย่างนมได้รับความอนุเคราะห์จากจากโรงงานผู้ผลิต และเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 26°ซ ตลอดการวิจัย การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษามีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของนมยูเอชที และนมสเตอริไลส์ที่คล้ายคลึงกัน การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญที่เห็นได้คือ สีของน้ำนมเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไปจนไม่น่ารับประทาน (off-flavor) ตรวจพบแบคทีเรียรวมในนมยูเอชทีของทั้งสามบริษัทเมื่อเก็บรักษาไว้ 4.5 เดือนคือพบปริมาณแบคทีเรียรวม 2 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ในนมยูเอชที 2 กล่องของบริษัทที่ 1 พบแบคทีเรียรวม 1 และ 2 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ในนมยูเอชที 2 กล่องของบริษัทที่ 2 และพบแบคทีเรียรวม 1 และ 3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ในนมยูเอชที 2 กล่องของบริษัทที่ 3 แต่ปริมาณแบคทีเรียรวมที่พบยังไม่เกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ตรวจไม่พบแบคทีเรียในนมสเตอริไลส์ของทั้งสองบริษัทตลอด 10 เดือนของการศึกษา และตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์ในนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดตลอดระยะเวลาของการศึกษาของนมแต่ละชนิด การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย แคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย วิตามิน เอ มีการลดลงเพียงเล็กน้อยคือปริมาณวิตามิน เอ ในนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดเมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือนมีเหลือมากกว่า 80 % ของปริมาณเริ่มต้น วิตามินละลายน้ำคือวิตะมินบี1 บี2 บี6 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในเดือนที่ 4.5 สำหรับนมยูเอชที และเดือนที่ 4 สำหรับนมสเตอริไลส์ และวิตามิน ซี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในเดือนที่ 3 สำหรับนมยูเอชที และเดือนที่ 2 สำหรับนมสเตอริไลส์

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....ii
บทคัดย่อ.....iii
สารบัญ.....iv
รายการตารางประกอบ.....v
รายการสัญญลักษณ์และคำย่อ.....vi
บทที่
1 บทนำ..... 1
2 วิธีการวิจัย..... 3
2.1 ตัวอย่างนม..... 3
2.2 การเตรียมตัวอย่างนม..... 3
2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียรวม ยีสต์ และเชื้อรา..... 3
2.4 การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำนม..... 4
2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน..... 4
2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน เอ..... 5
2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี1..... 6
2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี2..... 6
2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี6..... 6
2.10 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน ซี..... 7
2.11 การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี..... 8
2.12 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์..... 9
3 ผลการวิจัย..... 10
4 การอภิปรายผล..... 26
เอกสารอ้างอิง..... 28

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

1 ลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา.....11
2 ลักษณะทางกายภาพของนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา.....12
3 ปริมาณแบคทีเรียรวมในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา.....13
4 ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย
ในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา.....15
5 ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย
ในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา.....16
6 ผลการเก็บรักษาต่อปริมาณกรดอะมิโนในนมยูเอชที.....17
7 ผลการเก็บรักษาต่อปริมาณกรดอะมิโนในนมสเตอริไลส์.....18
8 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามินเอในนมยูเอชที.....19
9 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามินเอในนมสเตอริไลส์.....19
10 ปริมาณวิตามิน บี1 บี1 และบี6 ในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา.....20
11 ปริมาณวิตามิน บี1 บี1 และบี6 ในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา.....21
12 ปริมาณวิตามินซีในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา.....22
13 ปริมาณวิตามินซีในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา.....22
14 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณแคลเซียม ทองแดง
และสังกะสีในนมยูเอชที.....23
15 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณแคลเซียม ทองแดง
และสังกะสีในนมสเตอริไลส์.....24

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

°ซ	องศาเซลเซียส
HPLC	High performance liquid chromatography
O.D.	optical density

บทที่ 1
บทนำ

น้ำนมเป็นอาหารที่มีการบริโภคกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากน้ำนมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยไขมัน โปรทีน น้ำตาล เกลือแร่ และวิตามินหลายชนิด ดังนั้นเราจึงพยายามหาวิธีเก็บรักษาน้ำนมไว้เพื่อการบริโภคได้นานๆ กรรมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากคือ การผ่านความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำนมซึ่งอาจทำให้เกิดโรคในคนหรือทำให้น้ำนมบูดเสียได้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 พ.ศ. 2522 ได้กำหนดกรรมวิธีผ่านความร้อนไว้ 3 วิธี ได้แก่

1. พาสเจอร์ไรส์ คือ กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 63°C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาทีหรือทำให้ร้อนไม่ต่ำกว่า 72°C และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 16 วินาที แล้วจึงทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5°C หรือต่ำกว่า ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้

2. สเตอริไลส์ คือ กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 100°C โดยใช้เวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3. ยู เอช ที คือ กรรมวิธีฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133°C ไม่น้อยกว่า 1วินาที แล้วบรรจุในภาชนะและในสภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้จะต้องผ่านกรรมวิธีทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับดังกล่าว ได้กำหนดมาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ว่าจะต้องตรวจไม่พบบักเตรีในนมสเตอร์ริไลส์ 0.1 มิลลิลิตร และมีบักเตรีไม่เกิน 50,000 และ 10 ใน 1 มิลลิลิตร นมพาสเจอร์ไรส์และนมยูเอชทีตามลำดับ และได้กำหนดส่วนประกอบของนมทั้งสามชนิดว่าต้องมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.5 ของน้ำหนัก และมีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดมาตรฐานคุณค่าทางอาหารของนมทั้งสามชนิดไว้เฉพาะมันเนย (butter fat) และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (solid-not-fat) แต่ไม่ได้ควบคุมรายละเอียดส่วนประกอบของน้ำนม คือ โปรทีน วิตามิน แลคโตส และแร่ธาตุ ซึ่งมีความสำคัญทางด้านโภชนาการเช่นเดียวกัน

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขยังได้กำหนดให้เก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 10°ซ และต้องจำหน่ายไม่เกิน 3 วันนับแต่วันที่บรรจุภาชนะ แต่ไม่ได้กำหนดอุณหภูมิการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษาหรือวันหมดอายุสำหรับนมสเตอริไลส์และนมยูเอชที โดยปกติแล้วผู้ผลิตจะกำหนดวันหมดอายุของนมสเตอริไลส์ประมาณ 1.5 ปี และนมยูเอชทีประมาณ 6-7 เดือน (บุญส่ง 2541)

ในด้านผู้บริโภคแล้วจะนิยมเก็บนมทั้งสองชนิดที่อุณหภูมิห้องและเก็บนานจนเกือบหมดอายุที่ระบุบนภาชนะบรรจุ เนื่องจากเข้าใจว่านมดังกล่าวสามารถเก็บได้เป็นเวลานานโดยไม่เสียคุณภาพ สำหรับประเทศไทยข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของของนมสเตอริไลส์และนมยูเอชทีในระหว่างการเก็บรักษายังมีน้อยมาก สมควรมีการศึกษาเรื่องนี้กันอย่างจริงจังเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของนมยูเอชทีและสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26°ซ) การศึกษาครอบคลุมการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย วิตามิน เอ บี1 บี2 บี6 ซี และแร่ธาตุคือ แคลเซียม ทองแดง และสังกะสี การตรวจทางจุลชีววิทยาจะตรวจปริมาณแบคทีเรียรวม ยีสต์ และเชื้อรา

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

2.1 ตัวอย่างนม

ตัวอย่างนมยูเอชทีรสจืดและนมสเตอริไลส์ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผลิต 3 และ 2 บริษัทตามลำดับ นมยูเอชทีทั้ง 3 บริษัทบรรจุในกล่อง Tetra Pak® ขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตร นมสเตอริไลส์ทั้ง 2 บริษัทบรรจุในกระป๋องโลหะขนาดบรรจุ 145 และ 155 มิลลิลิตร นำตัวอย่างนมที่ได้รับเก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 26°ซ ตลอดการทดลอง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างนมยูเอชที 5 ครั้ง คือเดือนที่ 0 (ภายใน 7 วันหลังการผลิต), 1.5, 3, 4.5 และ 6 สำหรับตัวอย่างนมสเตอริไลส์ทำการตรวจวิเคราะห์ 6 ครั้งคือเดือนที่ 0 (ภายใน 7 วันหลังการผลิต), 2, 4, 6, 8 และ 10

2.2 การเตรียมตัวอย่างนม

การวิเคราะห์ตัวอย่างนมยูเอชทีแต่ละครั้งใช้ 6 กล่อง เช็ดทำความสะอาดบนกล่องนมด้วย 70% แอลกอฮอล์ เจาะกล่องนมยูเอชทีบริเวณช่องสำหรับใส่หลอดดูดด้วย syringe ที่ sterile แล้ว ดูดตัวอย่างนมเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียรวม (total bacterial count) ยีสต์ (yeast) และเชื้อรา (mold) แล้วจึงเปิดกล่องนม แบ่งตัวอย่างนมกล่องละ 45 มิลลิลิตรเพื่อตรวจหาส่วนประกอบของน้ำนม นำน้ำนมที่เหลือจากการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาและการตรวจหาส่วนประกอบของน้ำนม 2 กล่องผสมรวม (pool) เป็น 1 ตัวอย่าง ทำให้ได้ 3 ตัวอย่างจากนมยูเอชที 6 กล่องที่เปิดวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง นมรวม 3 ตัวอย่างนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

การเตรียมตัวอย่างนมสเตอริไลส์แต่ละครั้งใช้ 9 กระป๋อง เช็ดทำความสะอาดด้านบนของกระป๋องนมด้วย 70% แอลกอฮอล์ แล้วจึงเจาะด้วยที่เปิดกระป๋องซึ่งได้ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว ดูดตัวอย่างนมด้วย syringe ที่ sterile แล้ว เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียรวม ยีสต์และเชื้อรา แล้วจึงเปิดกระป๋องนมแบ่งน้ำนมกระป๋องละ 45 มิลลิลิตร สำหรับตรวจวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำนม นำน้ำนมที่เหลือจากการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาและการตรวจหาส่วนประกอบของน้ำนม 3 กระป๋องผสมรวม (pool) กันเป็น 1 ตัวอย่าง ทำให้ได้ 3 ตัวอย่างจากนม-สเตอริไลส์ 9 กล่องที่เปิดวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง นมรวม 3 ตัวอย่างนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

2.3 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณแบคทีเรียรวม (Total bacterial count) ยีสต์ (Yeast) และเชื้อรา (Mold)

นำตัวอย่างนม 1 มิลลิลิตรที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.2 มาตรวจหาปริมาณแบคทีเรียรวมตามวิธี Standard Plate Count (Houghtby *et al.*, 1992) นำตัวอย่างนมที่ดูดจากกล่องหรือ

กระป๋องนม 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ standard method agar (SMA) ซึ่งอุ่นที่ 45°ซ ประมาณ 10-12 มิลลิลิตร หมุนจานเพาะเชื้อให้ตัวอย่างนมผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อกระเด็นไปติดที่ขอบหรือฝาของจานเพาะเชื้อ ตั้งไว้ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำจานเพาะเชื้อไปอบที่ 35°ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ

นำตัวอย่างนม 1 มิลลิลิตรที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.2 มาตรวจหาปริมาณยีสต์และเชื้อรา ตามวิธี Yeast and Mold Count Method (Frank *et al.*, 1992) นำตัวอย่างนมที่ดูดจากกล่องหรือกระป๋องนม 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ เท 10-12 มิลลิลิตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ซึ่งปรับ pH ให้เท่ากับ 3.5 ด้วย 10% tartaric acid และอุ่นที่ 45°ซ หมุนจานเพาะเชื้อให้ตัวอย่างนมผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ ระวังอย่าให้อาหารเลี้ยงเชื้อกระเด็นไปติดที่ขอบหรือฝาของจานเพาะเชื้อ ตั้งไว้ประมาณ 10 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว นำจานเพาะเชื้อไปอบที่ 25°ซ เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ

วิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และเชื้อราในนมยูเอชทีทั้ง 6 กล่อง และนมสเตอริไลส์ทั้ง 9 กระป๋อง ของการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.4 การตรวจวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำนม

ตรวจวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำนมคือไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (solid-not-fat, SNF) โดยใช้เครื่อง Milko-Scan 133B (Foss, Denmark) นำตัวอย่างนม 50 มิลลิลิตรใส่ใน vial พลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร อุ่นใน water bath ที่ 40°ซ เพื่อลดความหนืดของน้ำนม แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Milko-Scan 133B โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของน้ำนม

วิเคราะห์หาส่วนประกอบของนมยูเอชทีทั้ง 6 กล่อง และนมสเตอริไลส์ทั้ง 9 กระป๋อง ของการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.5 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน (Amino acids)

วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนโดยใช้เครื่องมือ Amino acid analyser ตามวิธีของ Beckman Instruction Manual (1985)

ปิเปตตัวอย่างนม 150 มิลลิลิตร (มีโปรทีน 5 - 10 มิลลิกรัม) ใส่ลงใน hydrolysate tube คำนวณปริมาณโปรทีนในน้ำนม 150 มิลลิลิตรที่ใช้นี้จากการหาส่วนประกอบของน้ำนมในหัวข้อ 2.4 เติม 6 N HCl ใส่ลงใน hydrolysate tube โดยให้ใช้ 1 มิลลิลิตรของ HCl ต่อ 1.5 มิลลิกรัมโปรทีน แช่แข็ง แล้วนำเข้าเครื่องดูดอากาศออกทำให้ภายใน hydrolysate tube เป็นสูญญากาศ ปิดจุกให้แน่น นำ tube วางใน heating block ที่ 110°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงปล่อยให้เย็น แล้วทำให้แห้งโดยใช้ rotary vacuum evaporator ที่ 40°ซ

พลสมุลคลาร สุขาภิวัฒนวิลาส
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ละลาย residue ด้วย sodium sulfide-sodium citrate buffer, pH 2.0 กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองเบอร์ 2 นำ filtrate มา citrifuge ที่ 15,000 rpm 10 นาที บรรจุสารละลายลงใน sample coil วางลงใน auto-injector ของเครื่อง High Performance Amino Analyser (The System 6300 Series, Beckman) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน

วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 โดยวิเคราะห์นมรวม 2 ตัวอย่าง (n = 2) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน เอ

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน เอ ในตัวอย่างนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี AOAC Official Method 992.06 (AOAC 1990d) โดยการ saponification ตัวอย่างนมด้วย KOH สกัดแยก vitamin A ที่ถูก saponified แล้วด้วย organic solvents แล้วจึงวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี HPLC

ปิเปตตัวอย่างนม 10 มิลลิลิตรใส่ใน test tube ขนาด 150 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 1% pyrogallor in absolute alcohol 30 มิลลิลิตร และ 10.5 N KOH 5 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่าผสมสารละลาย นำไปอุ่นใน water bath ที่ 70°ซ นาน 25 นาที แล้วจึงนำ test tube แช่ในน้ำแข็ง 5 นาที แล้วจึงเทสารละลายใส่ใน separatory funnel สกัดสารละลายที่ได้จากขั้นตอน saponification นี้ด้วยสารผสม hexane : methylene chloride (3:1) นำ organic phase ที่สกัดได้ไปทำให้แห้งโดยใช้ nitrogen ละลาย residue ที่ได้ใน mobile phase วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน เอ โดยใช้ HPLC

เงื่อนไข (conditions) ของ HPLC ที่ใช้

column : 4.6 mm id x 15 cm stainless steel, packed with 5 μm silica-based cyano group stationary phase

mobile phase : Hexane-isopropyl alcohol (100 : 0.25)

detector : UV-Vis spectrophotometer, 336 nm

flow rate : 1 ml/min

การคำนวณปริมาณ vitamin A ในตัวอย่างนมโดยเปรียบเทียบพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (area under the curve) ของตัวอย่างกับสารมาตรฐาน vitamin A โดยใช้ retinyl palmitate ซึ่งได้ผ่านขั้นตอน saponification, partiation เช่นเดียวกับตัวอย่างนม

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน เอ ในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 จำนวน 2 ตัวอย่าง (n = 2) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.7 การหาปริมาณวิตามิน บี1

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี1 ในตัวอย่างนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี AOAC Official Method 985.33 (AOAC 1960a) ปิเปตตัวอย่างนม 10 มิลลิลิตร เติม 3N H_2SO_4 3 มิลลิลิตร แล้วต้มที่ 100°ซ 30 นาที เพื่อย่อยสลายน้ำนม ปรับ pH ให้เท่ากับ 4.5 ด้วย 3M CH_3COONa เติม enzyme clara diastase 0.1 กรัม อุ่นที่ 45°ซ นาน 1 ชั่วโมง เพื่อย่อยส่วนประกอบต่าง ๆทำให้ thiamine อยู่ในรูป free form กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42 แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ thiamine โดยวิธี microbial assay ใช้เชื้อ *Lactobacillus fermenti*

เติมสารละลายตัวอย่างนมที่เตรียมได้ลงในหลอดทดลองที่มี bacto thiamine assay medium + 0.7% d-xylose อยู่ 2 มิลลิลิตร เติมเชื้อ *lactobacillus fermenti* ลงในหลอดทดลอง incubate ที่ 37°ซ 18 ชั่วโมง หยุด growth โดยต้มหลอดทดลองที่ 100°ซ 5 นาที แช่หลอดทดลองให้เย็น แล้วจึงวัดค่า O.D. ที่ 620 nm คำนวณปริมาณ thiamine ในตัวอย่างจาก standard curve โดยใช้สารมาตรฐาน thiamine HCl ซึ่งเตรียมเช่นเดียวกับตัวอย่างนม

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี 1 ในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ทั้ง 3 ตัวอย่าง (n = 3) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.8 การหาปริมาณวิตามิน บี2

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี2 ในตัวอย่างนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี AOAC Official Method 985.34 (AOAC 1960b) ปิเปตตัวอย่างนม 10 มิลลิลิตร เติม 0.1 N HCl 100 มิลลิลิตร autoclave ที่ 121°ซ 15 นาที เพื่อย่อยสลายน้ำนม ปรับ pH 4.5 ด้วย 3M CH_3COONa ให้โปรทีนตกตะกอน กรองแล้วปรับ pH อีกครั้งให้ได้ 6.6 แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตะมินด้วยวิธี microbial assay ใช้เชื้อ *Lactobacillus casei* เติมสารละลายตัวอย่างที่เตรียมลงในหลอดที่มี riboflavin assay medium 2 มิลลิลิตร เติมเชื้อ *lactobacillus casei* ลงในหลอดทดลอง incubate ที่ 37°ซ อย่างน้อย 15 ชั่งโมง หยุด growth โดยต้มหลอดทดลองที่ 100°ซ 5 นาที แช่หลอดทดลองให้เย็น แล้วจึงวัดค่า O.D. ที่ 620 nm คำนวณปริมาณวิตามินจาก standard curve โดยใช้สารมาตรฐาน riboflavin ซึ่งเตรียมเช่นเดียวกับตัวอย่างนม

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี 2 ในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ทั้ง 3 ตัวอย่าง (n = 3) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.9 การหาปริมาณวิตามิน บี6

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี6 ในตัวอย่างนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี AOAC Official Method 985.32 (AOAC 1990a) ปิเปตตัวอย่างนม 10 มิลลิลิตร เติม 0.055 N HCl 100 มิลลิลิตร autoclave เพื่อย่อยสลายนม 2-3 ชั่วโมง ปรับ pH 4.5 ด้วย 4N NaOH ให้โปรทีนตกตะกอน ถ้าตกตะกอนแล้วไม่ต้องปรับ pH กรองแล้วปรับ อีกครั้งให้ได้ 4.6 แล้วจึงนำไป

วิเคราะห์หาปริมาณวิตะมิน บี6 ด้วยวิธี microbial assay ใช้เชื้อ *Saccharomyces cerlborgonesis* เติมสารละลายตัวอย่างที่เตรียมลงในหลอดที่มี pyridoxine assay medium 2 มิลลิลิตร เติมเชื้อ *Saccharomyces cerlbor-gonesis* ลงในหลอดทดลอง incubate ที่ 30°ซ ที่ shaking incubator 24-30 ชั่วโมง หยุด growth โดยต้มหลอดทดลองที่ 100°ซ 5 นาที แช่หลอดทดลองให้เย็น แล้วจึงวัดค่า O.D. ที่ 620 nm คำนวณปริมาณวิตามินจาก standard curve โดยใช้สารมาตรฐาน pyridoxine ซึ่งเตรียมเช่นเดียวกับตัวอย่างนม

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน บี 6 ในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ทั้ง 3 ตัวอย่าง (n = 3) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.10 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน ซี

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน ซี ในตัวอย่างนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี AOAC Official Method 985.33 (AOAC 1990b)

2.10.1 สารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. สารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรทีนในน้ำนม: สารละลาย A ละลาย 15 กรัมของ glacial HPO_3 ใน glacial acetic acid 40 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร เมื่อ glacial HPO_3 ละลายหมดแล้วจึงเติมน้ำกลั่นครบ 150 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42

สารละลาย B ละลาย EDTA 9 กรัมในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เมื่อ EDTA ละลายหมดแล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย A และสารละลาย B ด้วยปริมาณเท่ากันได้เป็นสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรทีนในน้ำนม เตรียมสารละลายนี้ก่อนการวิเคราะห์วิตะมินซี

2. สารละลายมาตรฐานวิตามินซี ละลายวิตามินซี (ascorbic acid) 50 มิลลิกรัม ด้วยสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรทีนในน้ำนม (สารละลายข้อ 1) ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร สารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ได้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

3 สารละลาย indophenol ละลาย 2,6-dichloroindophenol sodium salt 62.5 มิลลิกรัมในน้ำ 50 มิลลิลิตร ใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม $NaHCO_3$ 52.5 มิลลิกรัมลงในสารละลายที่ได้เขย่าจนได้สารละลายใส แล้วจึงปรับปริมาณครบ 250 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42 เติมสารละลายที่กรองได้ในขวดแก้วสีชาในตู้เย็น

2.10.2 การทำ standardization สารละลาย 2,6-dichloroindolphenol

ปิเปตตสารละลายมาตรฐานวิตามิน ซี 2.0 มิลลิลิตร ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรทีนในน้ำนม 10.0 มิลลิลิตร แล้วจึงไตเตรทด้วยสารละลาย 2,6-dichloroindolphenol จนได้สารละลายใน flask เปลี่ยนเป็นสีชมพู

ปิเปตตัวอย่างนม 25 มิลลิลิตรลงในบีเกอร์ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม 25 มิลลิลิตรของสารละลายที่ใช้ตกตะกอนโปรทีนในน้ำนม กรองตะกอนที่เกิดขึ้นผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42 ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 10 มิลลิลิตร ใส่ใน erlemeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตด้วยสารละลาย 2,6-dichloroindolphenol

2.10.3 การคำนวณปริมาณวิตามินซีในตัวอย่างนม

คำนวณปริมาณวิตามินซีในตัวอย่างนมโดยใช้สมการ

วิตามินซี (มิลลิกรัม/มิลลิลิตรของน้ำนม) = (X-B) x (F/E)

โดย X เป็นมิลลิลิตรของ 2,6-dichloroindolphenol ที่ใช้สำหรับการไตเตรทตัวอย่างนม

B เป็นมิลลิลิตรของ 2,6-dichloroindolphenolที่ใช้สำหรับการไตเตรท blank

F เป็นมิลลิกรัมของวิตะมินซีที่ได้จากการไตเตรท 1 มิลลิลิตรของสารละลาย 2,6-dichloroindolphenol

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน ซีในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 ทั้ง 3 ตัวอย่าง (n = 3) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.11 วิธีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี

วิเคราะห์ความเข้มข้นของแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในนมพร้อมดื่มโดยใช้วิธี Official Method 985.35 (AOAC, 1990c) ปิเปตตัวอย่างนม 20 มิลลิลิตรใส่ใน crucible นำตั้งบน hot plate โดยใช้ความร้อนต่ำเพื่อให้น้ำนมระเหยแห้งแต่ไม่เดือด เมื่อน้ำนมแห้งจึงเติมสารผสมของ HNO_3: $HClO_4$ (10:1) 10 มิลลิลิตร โดยตั้งไว้ overnight เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำนม การย่อยสลายจะทำให้ได้สารละลายใส นำ crucible ตั้งบน hot plate ระเหยแห้งจนได้ residue สีดำ จึงนำ crucible ไปเผาใน furnace ที่ 550°ซ นาน 3 ชั่วโมง ละลายเถ้า (ash) ที่ได้จากการเผาใน 2% HNO_3 กรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสีโดยใช้วิธี atomic absorption spectrophoto-metry (AAS)

วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในตัวอย่างนมรวมที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 จำนวน 2 ตัวอย่าง (n = 2) สำหรับการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

2.12 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของวิตามิน บี1, บี2, บี6 และ ซี ในน้ำนมระหว่างเดือนที่ 0 และเดือนต่าง ๆของการเก็บรักษา โดยใช้ paired comparisons Student's t-test (Daniel,1991) และแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

บทที่ 3
ผลการวิจัย

3.1 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชทีของทั้ง 3 บริษัทเมื่อเริ่มต้นศึกษามีลักษณะที่เห็นได้คล้ายคลึงกันคือ น้ำนมมีสีขาว มีกลิ่นหอมของนม และรสชาติเฉพาะของนมยูเอชที ซึ่งลักษณะเช่นนี้ยังคงอยู่จนถึง 1.5 เดือน เดือนที่ 3 น้ำนมเริ่มมีสีน้ำตาลอ่อนๆ กลิ่นหอมของนมลดน้อยลง รสชาติเริ่มเปลี่ยนแปลงไปจากเมื่อเริ่มการศึกษา เดือนที่ 4.5 น้ำนมมีสีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย กลิ่นหอมของนมลดลงอย่างมาก รสชาติเปลี่ยนแปลงไป (off-flavor) เดือนที่ 6 น้ำนมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นอีกเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของนมน้อยมาก รสชาติเปลี่ยนแปลงไปจากเมื่อเริ่มการศึกษาอย่างมากจนให้ความรู้สึกว่าไม่น่ารับประทาน และพบการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) 1-2 กล่องจากจำนวน 6 กล่องที่ตรวจวิเคราะห์ของแต่ละบริษัท แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่ว age gelation จะหายไปและไม่กลับคืนมาอีก รายละเอียดลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชทีของทั้ง 3 บริษัทแสดงในตารางที่ 1

ลักษณะทางกายภาพของนมสเตอริไลส์ที่เก็บรักษามีความคล้ายคลึงกับนมยูเอชที แต่นมสเตอริไลส์มีสีน้ำตาลเข้มกว่าตั้งแต่เริ่มการทดลอง พบ age gelation ในนมสเตอริไลส์บริษัทละ 2 กระป๋องจากจำนวน 9 กระป๋องที่ตรวจวิเคราะห์ในเดือนที่ 8 และพบ age gelation 2 กระป๋องสำหรับบริษัทที่ 1 และ 3 กระป๋องสำหรับบริษัทที่ 2 ในเดือนที่ 10 ของการเก็บรักษา รายละเอียดลักษณะทางกายภาพของนมสเตอริไลส์ของทั้ง 2 บริษัท แสดงในตารางที่ 2

3.2 ปริมาณแบคทีเรียรวม เชื้อรา และยีสต์

ปริมาณแบคทีเรียรวมในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาแสดงในตารางที่ 3 เริ่มพบแบคทีเรียในนมยูเอชทีบางกล่องเมื่อเก็บรักษาไว้ 4.5 เดือน โดยพบในนมยูเอชทีทั้ง 3 บริษัท บริษัทละ 2 กล่องจากจำนวน 6 กล่องที่ตรวจวิเคราะห์ จำนวนแบคทีเรียรวมที่พบมากที่สุดคือ 3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร นมยูเอชทีที่เก็บไว้ 6 เดือนก็ตรวจพบแบคทีเรียในนมทั้ง 3 บริษัท บริษัทละ 3 กล่องและจำนวนแบคทีเรียรวมที่พบสูงสุดคือ 5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร

อย่างไรก็ดีการศึกษาครั้งนี้ตรวจไม่พบแบคทีเรียในนมสเตอริไลส์ทั้ง 2 บริษัท ตลอดระยะเวลา 10 เดือนของการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์ในตัวอย่างนมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของนมแต่ละชนิดอีกด้วย

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ลักษณะทางกายภาพของน้ำนม*
บริษัท 1	
เดือนที่ 0	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
1.5	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
3	เริ่มสีน้ำตาลอ่อน ๆ กลิ่นหอมและรสชาติของนมเปลี่ยนแปลงไป
4	สีน้ำตาลอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมของนมน้อยมาก รสชาติไม่น่ารับประทาน (off-flavor)
6	สีน้ำตาลอ่อนของนมเข้มขึ้นเล็กน้อย เกือบไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 2 กล่องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่วการแยกชั้นจะหายไป และไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก
บริษัท 2	
เดือนที่ 0	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
1.5	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
3	เริ่มสีน้ำตาลอ่อน ๆ กลิ่นหอมและรสชาติของนมเปลี่ยนแปลงไป
4.5	สีน้ำตาลอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมของนมน้อยมาก รสชาติไม่น่ารับประทาน (off-flavor)
6	สีน้ำตาลอ่อนของนมเข้มขึ้นเล็กน้อย เกือบไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 1 กล่องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่วการแยกชั้นจะหายไป และไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก
บริษัท 3	
เดือนที่ 0	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
1.5	สีขาว กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของน้ำนม
3	สีน้ำตาลอ่อน ๆ กลิ่นหอมและรสชาติของนมเปลี่ยนแปลงไป
4.5	สีน้ำตาลอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมของนมน้อยมาก รสชาติไม่น่ารับประทาน (off-flavor)
6	สีน้ำตาลอ่อนเข้มข้นของนมเล็กน้อย เกือบไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 2 กล่องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่วการแยกชั้นจะหายไป และไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก

* ลักษณะทางกายภาพของนมยูเอชที 6 กล่องจากการตรวจวิเคราะห์แต่ละครั้งของแต่ละบริษัท

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ลักษณะทางกายภาพของน้ำนม*
บริษัท 1	
เดือนที่ 0	สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของนมผ่านความร้อน
2	สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของนมผ่านความร้อน
4	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย กลิ่นหอมและรสชาติของนมเปลี่ยน-แปลงไป
6	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของนมเพียงเล็กน้อย รสชาติไม่น่ารับประทาน (off-flavor)
8	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย เกือบไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 2 กระป๋องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่ว การแยกชั้นจะหายไปและไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก
	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นอีก ไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
10	มี 2 กระป๋องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่ว การแยกชั้นจะหายไปและไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก
บริษัท 2	สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของนมผ่านความร้อน
เดือนที่ 0	สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมและรสชาติเฉพาะของนมผ่านความร้อน
2	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย กลิ่นหอมและรสชาติของนมเปลี่ยน-
4	แปลงไป
	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย มีกลิ่นหอมของนมเพียงเล็กน้อย
6	รสชาติไม่น่ารับประทาน (off-flavor)
	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นเล็กน้อย เกือบไม่มีกลิ่นหอมของนม
8	รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 2 กระป๋องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่ว การแยกชั้นจะหายไปและไม่เกิดการแยกชั้นของ
10	ไขมันอีก
	สีน้ำตาลอ่อนเข้มขึ้นอีก ไม่มีกลิ่นหอมของนม รสชาติไม่น่ารับประทาน
	มี 3 กระป๋องเกิดการแยกชั้นของไขมัน (age gelation) แต่เมื่อเขย่านมให้ทั่ว การแยกชั้นจะหายไปและไม่เกิดการแยกชั้นของไขมันอีก ไขมันอีก

* ลักษณะทางกายภาพของนมสเตอริไลส์ 9 กระป๋องจากการตรวจวิเคราะห์แต่ละครั้งของแต่ละบริษัท

ตารางที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียรวมในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา

บริษัท	ปริมาณแบคทีเรียรวม (โคโลนีต่อมิลลิลิตร) เดือนที่				
	0	1.5	3	4.5	6
บริษัท 1					
กล่องที่ 1	-	-	-	2	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	3
4	-	-	-	2	2
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	1
บริษัท 2					
กล่องที่ 1	-	-	-	2	2
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	1	-
5	-	-	-	-	2
6	-	-	-	-	3
บริษัท 3					
กล่องที่ 1	-	-	-	-	3
2	-	-	-	3	3
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	1	5
6	-	-	-	-	-

3.3 ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย

ตารางที่ 4 และ 5 แสดงปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยในนมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์ตามลำดับ ปริมาณส่วนประกอบทั้ง 4 ชนิดในนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากปริมาณเริ่มต้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของนมแต่ละชนิด

3.4 ปริมาณกรดอะมิโน

การทดลองครั้งนี้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนเดือนที่ 0, 3 และ 6 สำหรับนมยูเอชทีและเดือนที่ 0, 5 และ 10 สำหรับนมสเตอริไลส์ ดังแสดงในตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ ปริมาณกรดอะมิโนในนมยูเอชที และนมสเตอริไลส์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้นของนมพร้อมดื่มทั้ง 2 ชนิด

3.5 ปริมาณวิตามิน เอ

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณวิตามิน เอ ในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา มีการลดลงเพียงเล็กน้อย ปริมาณวิตามิน เอ ในนมยูเอชทีที่เหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองเดือนที่ 6 เท่ากับ 80, 84 และ 82% ของปริมาณเริ่มต้น การลดลงของปริมาณวิตามิน เอ ในนมสเตอริไลส์มีลักษณะคล้ายคลึงกับที่พบในนมยูเอชที (ตารางที่ 9) เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษาที่เท่ากันคือเดือนที่ 6 ปริมาณวิตามิน เอ ในนมสเตอริไลส์ของ 2 บริษัทเหลือเท่ากับ 82 และ 80 % ซึ่งคล้ายคลึงกับที่พบในนมยูเอชที

3.6 ปริมาณวิตามิน บี1 บี2 และบี6

ปริมาณวิตามิน บี1 บี2 และบี6 ในนมยูเอชทีลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา การลดลงของวิตามิน บี ทั้ง 3 ชนิดนี้มีความคล้ายคลึงกันดังแสดงในตารางที่ 10 การลดลงของวิตามิน บี ทั้ง 3 ชนิดในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 11) มีความคล้ายคลึงกับที่พบในนมยูเอชที

3.7 ปริมาณวิตามิน ซี

ปริมาณวิตามิน ซี ในนมพร้อมดื่มทั้ง 2 ชนิดลดลงอย่างต่อเนื่องและเร็วกว่าวิตามิน บี การลดลงของวิตามิน ซี ในนมยูเอชทีมีความคล้ายคลึงกันทั้งสามบริษัทคือ เมื่อครบ 6 เดือนของการเก็บรักษาปริมาณวิตามิน ซี เหลือ 40.5, 40.3 และ 41.6 % ของปริมาณเริ่มต้น (ตารางที่ 12)

ปริมาณวิตามิน ซี เริ่มต้นในนมสเตอริไลส์มีค่าต่ำกว่าที่พบในนมยูเอชที ทั้งนี้เพราะกระบวนการสเตอริไลส์ใช้ความร้อนที่นานกว่ากระบวนการยูเอชที จึงทำให้วิตามิน ซี สลายตัวไปมากกว่า การลดลงของวิตามิน ซี ในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษามีความสอดคล้องกับการ

ตารางที่ 4 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ในนมยูเอชที (n = 6)

เดือนที่	ปริมาณ (กรัมต่อ 100 มิลิลิตร)			
	ไขมัน	โปรทีน	แลคโตส	ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย
บริษัท 1				
0	4.29 ± 0.02	3.29 ± 0.02	4.36 ± 0.01	8.35 ± 0.04
1.5	4.32 ± 0.08	3.33 ± 0.03	4.38 ± 0.03	8.42 ± 0.06
3	4.39 ± 0.03	3.38 ± 0.02	4.52 ± 0.03	8.60 ± 0.05
4.5	4.23 ± 0.02	3.31 ± 0.02	4.49 ± 0.02	8.50 ± 0.03
6	4.26 ± 0.05	3.33 ± 0.02	4.40 ± 0.02	8.43 ± 0.03
บริษัท 2				
0	4.74 ± 0.14	3.39 ± 0.03	4.86 ± 0.04	8.96 ± 0.06
1.5	5.12 ± 0.20	3.43 ± 0.01	4.69 ± 0.03	8.81 ± 0.05
3	4.84 ± 0.13	3.46 ± 0.02	4.72 ± 0.01	8.88 ± 0.02
4.5	4.62 ± 0.13	3.45 ± 0.01	4.84 ± 0.04	8.99 ± 0.05
6	4.44 ± 0.16	3.46 ± 0.02	4.76 ± 0.04	8.92 ± 0.06
บริษัท 3				
0	4.25 ± 0.05	3.23 ± 0.05	4.36 ± 0.03	8.30 ± 0.03
1.5	4.29 ± 0.06	3.25 ± 0.01	4.37 ± 0.02	8.32 ± 0.02
3	4.32 ± 0.01	3.21 ± 0.02	4.32 ± 0.02	8.24 ± 0.02
4.5	4.30 ± 0.02	3.22 ± 0.01	4.35 ± 0.01	8.32 ± 0.01
6	4.19 ± 0.02	3.24 ± 0.02	4.37 ± 0.02	8.31 ± 0.02

ตารางที่ 5 ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ในนมสเตอริไลส์ ระหว่างการเก็บรักษา (n = 9)

เดือนที่	ปริมาณ (กรัมต่อ 100 มิลิลิตร)			
	ไขมัน	โปรทีน	แลคโตส	ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย
บริษัทที่ 1				
0	3.70 ± 0.09	3.38 ± 0.01	4.52 ± 0.01	8.60 ± 0.01
2	3.73 ± 0.12	3.41 ± 0.01	4.54 ± 0.02	8.66 ± 0.03
4	3.76 ± 0.05	3.42 ± 0.01	4.51 ± 0.01	8.61 ± 0.01
6	3.75 ± 0.04	3.40 ± 0.02	4.51 ± 0.01	8.59 ± 0.03
8	3.71 ± 0.07	3.38 ± 0.04	4.55 ± 0.03	8.65 ± 0.04
10	3.68 ± 0.04	3.45 ± 0.02	4.52 ± 0.04	8.63 ± 0.04
บริษัทที่ 2				
0	3.86 ± 0.03	3.32 ± 0.01	4.77 ± 0.02	8.80 ± 0.01
2	3.84 ± 0.02	3.40 ± 0.01	4.70 ± 0.01	8.80 ± 0.01
4	3.74 ± 0.06	3.38 ± 0.04	4.71 ± 0.01	8.78 ± 0.03
6	3.81 ± 0.12	3.42 ± 0.01	4.73 ± 0.01	8.65 ± 0.04
8	3.78 ± 0.09	3.40 ± 0.02	4.71 ± 0.02	8.69 ± 0.03
10	3.81 ± 0.05	3.39 ± 0.02	4.70 ± 0.02	8.71 ± 0.02

ตารางที่ 6 ผลของการเก็บต่อปริมาณกรดอะมิโนของนมยูเอชที (n = 2)

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)																	
	Asp[1]	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Trp
บริษัท 1																		
0	2.25[2]	1.29	1.67	6.25	2.80	0.57	0.96	1.68	0.40	0.77	1.29	2.76	1.36	1.55	2.28	0.79	1.04	0.56
3	2.25	1.30	1.67	6.28	2.97	0.57	0.95	1.76	0.39	0.78	1.41	2.82	1.37	1.58	2.32	0.83	1.05	0.53
6	2.19	1.27	1.67	6.21	3.20	0.56	0.91	1.65	0.39	0.76	1.32	2.78	1.32	1.48	2.21	0.74	0.96	0.55
บริษัท 2																		
0	2.38	1.37	1.77	6.54	2.95	0.59	1.02	1.81	0.50	0.82	1.43	2.99	1.37	1.61	2.45	0.81	1.08	0.54
3	2.26	1.31	1.71	6.43	2.93	0.58	0.98	1.73	0.47	0.79	1.39	2.88	1.40	1.59	2.29	0.76	0.97	0.54
6	2.25	1.31	1.70	6.38	3.31	0.57	0.93	1.71	0.41	0.78	1.37	2.87	1.35	1.51	2.27	0.76	0.99	0.57
บริษัท 3																		
0	2.38	1.37	1.77	6.54	2.95	0.59	1.02	1.81	0.50	0.82	1.43	2.99	1.37	1.61	2.45	0.81	1.08	0.54
3	2.35	1.36	1.76	6.56	3.06	0.59	1.00	1.78	0.49	0.82	1.43	2.97	1.46	1.67	2.41	0.84	1.11	0.57
6	2.30	1.33	1.73	6.53	3.36	0.58	0.96	1.75	0.43	0.79	1.41	2.93	1.39	1.55	2.34	0.78	1.02	0.56

[1] Asp = Aspartic acid, Thr = Theronine, Ser = Serine, Glu = Glutamic acid, Pro = Proline, Gly = Glycine, Ala = Alanine, Val = Valine, Cys = Cysteine, Met = Methionine, Ile = Iso-leucine, Leu = Leucine, Tyr = Tyrosine, Phe = Phenylalanine, Lys = Lysine, His = Histidine, Arg = Arginine, Trp = Tryptophan

ตารางที่ 7 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณกรดอะมิโนในนมสเตอริไลส์ (n = 2)

ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	กรดอะมิโน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)																	
	Asp[1]	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Val	Cys	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Trp
บริษัท 1																		
0	2.26	1.36	1.73	6.49	3.19	0.58	1.00	1.62	0.28	0.82	1.33	2.89	1.43	1.57	2.18	0.85	0.95	0.60
5	2.21	1.34	1.69	6.51	3.16	0.61	0.93	1.62	0.28	0.79	1.34	2.86	1.39	1.50	2.09	0.80	0.94	0.55
10	2.22	1.29	1.66	6.44	3.27	0.55	0.91	1.66	0.30	0.78	1.32	2.84	1.33	1.49	2.03	0.72	0.94	0.52
บริษัท 2																		
0	2.14	1.36	1.72	6.28	3.03	0.59	1.02	1.71	0.44	0.81	1.42	2.87	1.32	1.60	2.24	0.79	1.05	0.52
5	2.15	1.32	1.66	6.33	3.11	0.56	1.00	1.66	0.40	0.81	1.39	2.85	1.33	1.51	2.16	0.72	0.98	0.51
10	2.16	1.26	1.60	6.24	3.17	0.54	0.90	1.67	0.33	0.76	1.33	2.78	1.28	1.45	2.04	0.71	0.94	0.54

[1] Asp = Aspartic acid, Thr = Theronine, Ser = Serine, Glu = Glutamic acid, Pro = Proline, Gly = Glycine, Ala = Alanine, Val = Valine, Cys = Cysteine, Met = Methionine, Ile = Iso-leucine, Leu = Leucine, Tyr = Tyrosine, Phe = Phenylalanine, Lys = Lysine, His = Histidine, Arg = Arginine, Trp = Tryptophan

ตารางที่ 8 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามิน เอ ในนมยูเอชที (n = 2)

บริษัท	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร)				
	เดือนที่				
	0	1.5	3	4.5	6
บริษัท 1	29.2	28.0	27.2	24.5	23.4
บริษัท 2	28.5	26.6	25.6	25.1	22.9
บริษัท 3	35.9	33.7	31.2	28.7	25.4

ตารางที่ 9 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณวิตามิน เอ ในนมสเตอริไลส์ (n = 2)

บริษัท	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/100 มิลลิลิตร)					
	เดือนที่					
	0	2	4	6	8	10
บริษัท 1	26.4	25.1	22.9	21.6	19.6	19.3
บริษัท 2	25.3	22.8	21.5	20.2	19.8	17.8

ตารางที่ 10 ปริมาณวิตามิน บี1 บี2 และบี6 ในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา (n = 3)

บริษัท	ปริมาณ เดือนที่ 0	1.5	3	4.5	6
วิตะมิน บี1 (μg/100 ml)					
บริษัท 1	33.2 ± 4.1	30.5 ± 3.1	27.9 ± 2.9	23.9 ± 2.0*	21.6 ± 2.5*
2	38.8 ± 3.6	35.7 ± 3.8	32.7 ± 3.8	26.5 ± 2.1*	24.9 ± 2.7*
3	40.2 ± 4.2	36.6 ± 3.4	33.8 ± 3.8	31.8 ± 2.6*	26.1 ± 1.9*
วิตะมิน บี2 (mg/100 ml)					
บริษัท 1	0.21 ± 0.04	0.19 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.01*	0.14 ± 0.01*
2	0.23 ± 0.05	0.20 ± 0.02	0.18 ± 0.03	0.17 ± 0.02*	0.16 ± 0.01*
3	0.22 ± 0.04	0.20 ± 0.03	0.18 ± 0.03	0.15 ± 0.02*	0.14 ± 0.01*
วิตะมิน บี6 (μg/100 ml)					
บริษัท 1	37.1 ± 3.8	34.0 ± 3.5	33.4 ± 3.0	30.0 ± 2.2*	27.8 ± 2.5*
2	35.0 ± 4.0	31.8 ± 3.4	30.0 ± 2.5	27.7 ± 2.0*	25.3 ± 2.1*
3	45.0 ± 4.1	41.8 ± 4.0	39.3 ± 3.1	37.1 ± 2.8*	34.0 ± 2.8*

* แตกต่างจากเดือนที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 11 ปริมาณวิตามิน บี1 บี2 และบี6 ในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา (n = 3)

บริษัท	ปริมาณ เดือนที่ 0	2	4	6	8	10
วิตะมิน บี1 (μg/100 ml)						
บริษัท 1	32.7 ± 3.9	27.9 ± 2.5	22.8 ± 1.9*	20.1 ±1.8*	16.0 ± 1.0*	11.7 ± 1.1*
2	31.3 ± 3.7	27.3 ± 2.2	22.2 ± 2.1*	19.8 ± 1.2*	16.0 ± 1.0*	11.0 ± 1.2*
วิตะมิน บี2 (mg/100 ml)						
บริษัท 1	26.0 ± 2.2	23.2 ± 2.5	19.3 ± 1.5*	16.3 ± 1.1*	16.1 ± 1.2*	14.1 ± 1.2*
2	27.1 ± 2.3	22.7 ± 2.8	18.3 ± 1.5*	16.0 ± 1.2*	15.2 ± 1.2*	13.0 ± 1.1*
วิตะมิน บี6 (μg/100 ml)						
บริษัท 1	35.7 ± 4.2	32.0 ± 3.2	29.5 ± 2.6*	26.3 ± 2.2*	25.0 ± 2.0*	20.3 ± 1.9*
2	35.0 ± 3.1	31.5 ± 2.9	29.2 ± 2.3*	27.2 ± 2.2*	25.3 ± 2.1*	22.7 ± 1.8*

* แตกต่างจากเดือนที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 12 ปริมาณวิตามิน ซี ในนมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา (n = 3)

บริษัท	ปริมาณ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)				
	เดือนที่				
	0	1.5	3	4.5	6
บริษัท 1	0.84 ± 0.10	0.73 ± 0.09	0.59 ± 0.07*	0.48 ± 0.04*	0.34 ± 0.04*
บริษัท 2	0.72 ± 0.10	0.64 ± 0.08	0.51 ± 0.05*	0.42 ± 0.05*	0.29 ± 0.03*
บริษัท 3	0.77 ± 0.09	0.67 ± 0.09	0.60 ± 0.04*	0.44 ± 0.04*	0.32 ± 0.03*

* แตกต่างจากเดือนที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 13 ปริมาณวิตามิน ซี ในนมสเตอริไลส์ระหว่างการเก็บรักษา (n = 3)

บริษัท	ปริมาณ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)					
	เดือนที่					
	0	2	4	6	8	10
บริษัท 1	0.64 ± 0.05	0.52 ± 0.05*	0.40 ± 0.04*	0.29 ± 0.03*	0.19 ± 0.02*	0.12 ± 0.02*
บริษัท 2	0.57 ± 0.06	0.46 ± 0.04*	0.35 ± 0.04*	0.24 ± 0.03*	0.17 ±0.02*	0.11 ± 0.02*

* แตกต่างจากเดือนที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 14 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในนมยูเอชที (n = 2)

บริษัท	ปริมาณ เดือนที่				
	0	1.5	3	4.5	6
แคลเซียม (mg/100 ml)					
บริษัท 1	99	98	102	99	101
2	106	98	100	104	99
3	111	102	104	110	107
ทองแดง (μg/100 ml)					
บริษัท 1	13.1	12.6	12.7	11.9	12.9
2	11.4	10.9	10.8	11.2	11.5
3	11.0	11.2	11.5	10.7	11.3
สังกะสี (μg/100 ml)					
บริษัท 1	332	325	330	320	328
2	321	314	324	321	317
3	312	309	321	317	310

ตารางที่ 15 ผลของการเก็บรักษาต่อปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในนมสเตอริไลส์ (n = 2)

บริษัท	ปริมาณ เดือนที่ 0	2	4	6	8	10
แคลเซียม (mg/100 ml)						
บริษัท 1	111	106	109	111	111	102
2	106	105	101	106	110	108
ทองแดง (μg/100 ml)						
บริษัท 1	12.8	12.7	13.2	12.8	12.6	12.6
2	11.5	11.7	11.2	11.5	11.4	11.7
สังกะสี (μg/100 ml)						
บริษัท 1	337	341	329	337	334	326
2	321	322	334	321	317	322

ลดลงที่พบในนมยูเอชที โดยพิจารณาจากเดือนที่ 6 วิตามิน ซี ในนมสเตอริไลส์ลดลงเหลือ 45.3 และ 42.1 % ของปริมาณเริ่มต้น (ตารางที่ 13)

3.8 ปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม ทองแดง และสังกะสี ในตัวอย่างนมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุทั้ง 3 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเริ่มต้นการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 ตามลำดับ

บทที่ 4
การอภิปรายผล

การเก็บรักษานมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีในนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิด การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญคือ น้ำนมมีสีน้ำตาลอ่อน ๆและเข้มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษา (ตารางที่ 1 และ 2) สีของนมยูเอชทีเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีสีขาว เมื่อเก็บรักษาไว้น้ำนมจะมีสีน้ำตาลอ่อน ๆโดยสังเกตได้ประมาณเดือนที่ 3 หลังการผลิต ซึ่งเป็นเวลาเดียวกับกลิ่นหอมของน้ำนมตามปกติเปลี่ยนแปลงไป (off-flavor) สีน้ำตาลอ่อน ๆ (browning) ที่เกิดขึ้นในนมนี้เป็นผลจาก Maillard reaction ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลแลคโตส และ amino group ของกรดอะมิโน lysine สารประกอบสุดท้ายของปฏิกิริยานี้คือสาร melanoidins ซึ่งมีสีน้ำตาล (O'Brien and Morrissey, 1989) การเกิดสาร melanoidins นี้นอกจากขึ้นกับอุณหภูมิแล้ว ยังขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษาอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากนมสเตอริไลส์หลังการผลิตใหม่ ๆ มีสีเข้มกว่านมยูเอชทีเพราะการผลิตนมสเตอริไลส์ใช้อุณหภูมิ 115-120°ซ นาน 8-15 นาที ในขณะที่นมยูเอชทีใช้อุณหภูมิประมาณ 135°ซ นานเพียง 3-4 วินาที นมพร้อมดื่มชนิดเดียวกันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจะทำให้มีสาร melanoidins เพิ่มขึ้นจึงทำให้สีของนมเข้มขึ้นตามลำดับนั่นเอง

ปริมาณไขมัน โปรทีน แลคโตส และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยของนมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากการวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้เครื่อง Milko-Scan 133B ถึงแม้ว่า triglycerides ซึ่งมีประมาณ 97% ของไขมันในน้ำนมและสามารถถูก hydrolyze ได้ด้วย enzyme lipase ได้ free fatty acid (Driessen, 1989) enzyme lipase นี้มีปรากฏในน้ำนมอยู่ตามปกติ และอาจมีบางส่วนที่ยังคงเหลือจากการถูก denature โดยความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิต แต่ free fatty acid ที่เกิดขึ้นนี้ก็ยังสามารถตรวจวิเคราะห์ได้โดยเครื่อง Milko-Scan 133B จึงยังคงทำให้ปริมาณไขมันรวมคงที่เช่นเดิม

โปรทีน ในน้ำนมก็อาจถูก hydrolyze โดย enzyme proteinases ชนิดต่าง ๆที่มีอยู่ในน้ำนมได้เป็น free amino acid ก็ตาม แต่การวิเคราะห์ amino acid profile ในนมพร้อมดื่มทั้ง 2 ชนิดแสดงให้เห็นว่าปริมาณ amino acid แต่ละชนิดยังคงไม่เปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 6 และ 7) การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของน้ำตาลแลคโตสในนมคือการเกิด tautomerization ได้เป็นน้ำตาลแลคทูโลส (lactulose) ซึ่งเป็นผลจาก glucose ในน้ำตาล disaccharides lactose เกิดการ tautomerization ได้เป็น fructose (Andrews, 1989) แต่น้ำตาล lactulose นี้ยังสามารถตรวจวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง Milko-Scan 133B จึงทำให้ปริมาณแลคโตสไม่เปลี่ยนแปลง

ปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (solid-not-fat, SNF) หมายถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมที่ไม่รวมมันเนย (fat) ซึ่งประกอบด้วยโปรทีน แลคโตส วิตามิน และสารอื่น ๆเช่น ยูเรีย

creatine, creatinine ในบรรดาสารประกอบเหล่านี้มีโปรทีนและแลคโตสเท่านั้นที่เครื่อง Milko-Scan 133B สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้โดยตรง โดยใช้แสง infrared (IR) สำหรับส่วนประกอบอื่นๆไม่สามารถตรวจวิเคราะห์หาปริมาณได้ด้วยแสง IR แต่เครื่อง Milko-Scan 133B จะคำนวณจากปริมาณไขมัน โปรทีน และแลคโตส ที่ตรวจวิเคราะห์ได้จริงๆ ดังนั้นเมื่อปริมาณไขมัน โปรทีน และแลคโตสในนมพร้อมดื่มที่เก็บรักษาไว้ไม่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้ปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่เปลี่ยนแปลงด้วย

วิตามินละลายน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้คือวิตามินบี1 บี2 บี6 และซี วิตามินทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณการลดลงตามลำดับโดยเฉพาะวิตามิน ซี มีอัตราการลดลงเร็วที่สุด การลดลงของวิตามินละลายน้ำทั้ง 4 ชนิดนี้ มีความสำคัญในทางโภชนาการเพราะนมเป็นแหล่งทางโภชนาของวิตามินทั้ง 4 ชนิดด้วย การเปลี่ยนแปลงของวิตามินที่ละลายในไขมันที่ทำการตรวจวิเคราะห์คือ วิตามินเอ มีการลดลงที่ไม่มากนักคือนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดมีปริมาณวิตามิน เอ เหลือมากกว่า 80 % เมื่อเก็บรักษาไว้ 6 เดือน

เกลือแร่ที่ทำการตรวจวิเคราะห์คือ แคลเซียม ทองแดง และสังกะสี มีปริมาณคงที่ตลอดระยะเวลาเก็บรักษาของนมพร้อมดื่มแต่ละชนิด ซึ่งเป็นไปตามความเป็นจริงเพราะแร่ธาตุโลหะไม่มีการสูญสลายไปเป็นธาตุอื่นได้

จากผลการศึกษาครั้งนี้อาจสรุปได้ว่าการเก็บรักษานมยูเอชทีและนมสเตอริไลส์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือน้ำนมมีสีน้ำตาลอ่อน กลิ่นและรสเปลี่ยนแปลงไป (off-flavor) การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญทางเคมีคือการลดลงของวิตามินละลายน้ำคือวิตามิน บี1 บี2 บี6 และซี ปริมาณแบคทีเรียรวมที่พบในบางตัวอย่างของนมยูเอชทียังคงอยู่ในมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข แบคทีเรียรวมที่พบในตัวอย่างนมยูเอชทีน่าจะเป็นแบคทีเรียที่อาจหลงเหลือจากกระบวนการยูเอชทีมากกว่าการ contamination จากการทดลองเพราะได้ปฏิบัติการโดย aseptic technique อย่างเคร่งครัด

การศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้บริโภคในการเก็บรักษานมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับนมที่ผลิตใหม่ๆ การเปลี่ยนแปลงเกณฑ์วันหมดอายุของนมพร้อมดื่มทั้งสองชนิดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นยังคงต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้จำนวนตัวอย่างจากบริษัทต่างๆให้มากกว่าที่ศึกษาครั้งนี้โดยเฉพาะนมยูเอชทีซึ่งมีผู้ผลิตหลายบริษัท

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข (2522) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 25 เรื่องกำหนดนมโค เป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ร.จ.37 ตอนที่ 163 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 21 กันยายน 2522

บุญส่ง พจนสุวรรณชัย (2541) การผลิตและการเก็บรักษานมพร้อมดื่ม (personal communication)

Andrews G. (1989) Lactulose in heated milk. *Bull. Int Dairy Fed* **238,** 45-52

AOAC (1960a) AOAC Official Method 985. 33 Vitamin B1 (Thiamine) in milk and milk-based infant formula. Microbiological method. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC (1960b) AOAC Official Method 985. 34 Vitamin B2 (Riboflavin) in milk and milk-based infant formula. Microbiological method. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC (1990a) AOAC Official Method 985.32 Vitamin B6 (Pyridoxine, Pyridoxal, Pyridoxamine) in milk and milk-based infant formula. Microbiological method. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC (1990b) AOAC Official Method 985. 33 Vitamin C (Reduced ascorbic acid) in ready-to-feed milk-based infant formula. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC (1990c) AOAC Official Method 985. 35 Minerals in ready-to-feed milk-based infant formula. Atomic absorption spectrophotometric method. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

AOAC (1990d) AOAC Official Method 992. 06 Vitamin A (Retinol isomers) in milk and milk-based infant formula. Liquid chromatographic method. Association of Official Analytical Analysts. Official Methods of Analysis. Fifteenth edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Daniel W.W. (1991) Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences. Fifth Edition. John Wiley & Son. Singapore.

Driessen F.M. (1989) Inactivation of lipases and proteinases. *Bull Int Dairy Fed* **238,** 71-93.

Frank J.F., Christen G.L., and Bullerman L.B. (1992) Teats for groups of microorganisms. In Standard Methods for The Examination of Dairy Products. Marshall R.T. Editor, Sixteenth edition. pp271-286. American Public Health Association, Washington, D.C.

Houghtby G.A., Maturin L.J., and Koenig E.K. (1992) Microbiological count methods. In Standard Methods for The Examination of Dairy Products. Marshall R.T. Editor, Sixteenth edition. Pp213-246. American Public Health Association, Washington, D.C.

O'Brien J.M. and Morrissey P.A. (1989) The Maillard reaction in milk products. *Bull Int Dairy Fed* **238,** 53-61.