รหัสโครงการ SUT3-305-46-36-20

รายงานการวิจัย

คุณภาพและปริมาณ CLA ในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์เซชั่นและแบบ UHT

(Qualities and contents of CLA (conjugated linoleic acids) in cow milk after pasteurization and UHT process)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-46-36-20

รายงานการวิจัย

คุณภาพและปริมาณ CLA ในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์เซชั่นและแบบ UHT

(Qualities and contents of CLA (conjugated linoleic acids) in cow milk after pasteurization and UHT process)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนชญ์ สุธีรวัฒนานนท์

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 – 2548

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤศจิกายน 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อตรวจหาการเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมระหว่างกระบวนการให้ความร้อนฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรเซชั่นและยูเอชที รวมถึงคุณภาพทางเคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นม และศึกษาผลของการเสริมน้ำมันพืชในสูตรอาหารเลี้ยงโคนมต่อปริมาณ CLA ในน้ำนมดิบและน้ำนมที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน พบว่ากระบวนการให้ความร้อนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับ CLA ในน้ำนมโคขน้ำนมที่ไม่เติม (Control) และเติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โคขน้ำหนักไขมัน มีปริมาณ Total CLA เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.73, 13.89 และ -2.45 หลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ และเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.71, 1.28 และ 6.80 หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนระดับยูเอชที ตามลำดับ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์นมที่ไม่เติมและเติม CLA มีองค์ประกอบธาตุน้ำนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ และผู้บริโภคทั่วไปชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่ระดับร้อยละ 2 (ร้อยละ 68 ของผู้ทดสอบชิม) มากกว่าผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 (ร้อยละ 58 ของผู้ทดสอบชิม) สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา ไม่พบโคโลนีแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ในทุกตัวอย่าง พบแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์หลังผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าอยู่ในช่วง 3.45-8.65 $\times 10^2$ CFU ต่อมิลลิลิตร แต่ไม่พบในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที

สำหรับปริมาณ CLA ในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารปกติ และที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบว่าปริมาณ Total CLA เพิ่มขึ้นร้อยละ -1.60, 19.78 และ 3.24 ตามลำดับ หลังผ่านกระบานการพาสเจอร์ไรเซชั่น และภายหลังผ่านกระบวนการยูเอชที พบว่าปริมาณ CLA ในน้ำนมก่อนและหลังกระบวนการให้ความร้อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์นมที่แปรรูปจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างควบคุม และมากกว่าร้อยละ 62 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำนมดังกล่าว ด้านการตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาไม่ปรากฏโคโลนีของ *E. coli* ในตัวอย่างทุกน้ำนม และผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 5.00 $\times 10^4$ CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 10 ของอายุการเก็บ

Abstract

The aims of this study were to determine whether CLA are formed in milk during pasteurization and UHT heat treatment along with chemical and microbiological properties and sensory quality and to study the effect of oil-supplemented feeds on CLA contents in both raw and heated milk. The level of CLA was positively influenced by the heat treatment. CLA contents in raw milk with 0, 2, and 4% commercial CLA supplement (wt/wt of fat) were increased 4.73, 13.89, and -2.45% after pasteurization and 8.71, 1.28, and 6.80% after UHT, respectively. Chemical compositions of milk with and without CLA supplement were not significantly different. Consumers accepted 2%CLA more than 4%CLA pasteurized milk (68% vs. 58%). Coliforms and *E. coli* were not detected in all milk samples. Total bacteria count for pasteurized milk was in the range of 3.45-8.65 x 10^2 CFU/ml whereas none was detected in UHT milk.

CLA contents in milk from cows fed with regular cattle feed and feed supplemented with soybean and sunflower oils were increased -1.60, 19.78, and 3.24%, respectively after pasteurization. After UHT process, the CLA contents were similar in both raw and UHT milk. Sensory qualities of milk from all treatments were not different. Moreover, more than 62% of the consumers not detected the difference and preferred milk from cows fed with oil supplement to regular feed. *E. coli* was not detected in all samples. Pasteurized milk had total bacterial count more than 5.0 x 10^4 CFU/ml after 10 days.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสถาบันวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ทุนสนับสนุนตลอดงานวิจัยนี้ ขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงในที่สุด

ขอขอบพระคุณ โรงงานแปรรูปน้ำนม ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแบบพาสเจอร์ไรเซชั่น และศูนย์เครื่องมือคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแบบยูเอชที และขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงงานแปรรูปน้ำนม ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เจ้าหน้าที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือแปรรูปผลิตภัณฑ์นม

โครงการวิจัยนี้มี นางสาวอัยรา พันอนุ เป็นผู้ช่วยนักวิจัยที่มีส่วนให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่อาคารศูนย์เครื่องมือ 1 และ 3 ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในงานวิจัย ขอบคุณเจ้าหน้าที่การเงิน และเจ้าหน้าที่ธุรการ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรที่ช่วยดูแลเอกสารโครงการตลอดระยะดำเนินการวิจัยด้วยดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสถาบันวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ทุนสนับสนุนตลอดงานวิจัยนี้ ขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงในที่สุด

ขอขอบพระคุณ โรงงานแปรรูปน้ำนม ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแบบพาสเจอร์ไรเซชั่น และศูนย์เครื่องมือคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับกระบวนการแปรรูปแบบยูเอชที และขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงงานแปรรูปน้ำนม ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เจ้าหน้าที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือแปรรูปผลิตภัณฑ์นม

โครงการวิจัยนี้มี นางสาวอัยรา พันอนุ เป็นผู้ช่วยนักวิจัยที่มีส่วนให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่อาคารศูนย์เครื่องมือ 1 และ 3 ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในงานวิจัย ขอบคุณเจ้าหน้าที่การเงิน และเจ้าหน้าที่ธุรการ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตรที่ช่วยดูแลเอกสารโครงการตลอดระยะดำเนินการวิจัยด้วยดี จนมีวันนี้ในที่สุด

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. มาโนชญ์ สุธีรวัฒนานนท์)
หัวหน้าโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญภาพ.....ฌ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5
2. ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 ความรู้เรื่อง conjugated linoleic acid.....6
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ CLA ในน้ำนม.....13
2.3 กระบวนการให้ความร้อนน้ำนมและ CLA ในผลิตภัณฑ์นม.....17
3. วัสดุและวิธีการ.....21
3.1 กระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น
(Pastuerization: HTST).....21
3.2 กระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงยิ่ง (UHT).....22
3.3 การวางแผนการทดลอง.....23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน ปริมาณ และชนิด CLA ในน้ำนม....24
3.5 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์....27
4. ผลการทดลองและการวิจารณ์....31
4.1 กระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (Pastuerization: HTST)....31
4.2 กระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงยิ่ง (UHT)....49
5. สรุปและข้อเสนอแนะ....61
5.1 บทสรุป....61
5.2 ข้อเสนอแนะ....63
รายการอ้างอิง....64
ภาคผนวก....72

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ในน้ำมันจากพืชชนิดต่าง ๆ 2

2.1 ปริมาณ conjugated linoleic acid ในอาหารชนิดต่าง ๆ ก่อนการแปรรูป 9

2.2 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด 14

2.3 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช 15

2.4 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันจากสัตว์ทะเล 16

2.5 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช
ร่วมกับน้ำมันจากสัตว์ทะเล 17

4.1 ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA 31

4.2 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA 33

4.3 องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์
ที่มีการเติม CLA 34

4.4 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA 35

4.5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์
ที่มีการเติม CLA 36

4.6 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไป
มีต่อผลิตภัณฑ์ 37

4.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจนับได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA 38

4.8 ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วย
อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช 41

4.9 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนม
ที่มีการเสริมน้ำมันพืช 42

4.10 องค์ประกอบธาตุน้ำนม ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วย
อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช 43

4.11 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วย
อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช 44

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.12 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....45

4.13 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไปมีต่อผลิตภัณฑ์นม จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....46

4.14 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจนับได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....48

4.15 ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHTที่เติม CLA....50

4.16 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนม UHT ที่มีการเติม CLA....51

4.17 องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA....52

4.18 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA....53

4.19 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA.... 54

4.20 ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....56

4.21 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนม UHT จากโคนม ที่มีการเสริมน้ำมันพืช....57

4.22 องค์ประกอบธาตุน้ำนม ของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....58

4.23 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....58

4.24 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช....59

ก1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA....75

ก2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช....76

ก3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม UHT ที่มีการเติม CLA....77

ก4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช....78

ก5 ค่าวิเคราะห์สีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA....79

ก6 ค่าวิเคราะห์สีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช....80

ก7 ค่าวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA....81

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง (ต่อ)

ก8 ค่าวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช....82
ข1 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA 86
ข2 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช....87
ข3 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ UHT ที่มีการเติม CLA 88
ข4 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช....89

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันลิโนเลอิก และ CLA-isomers....7

2.2 การสังเคราะห์ c9,t11 CLA โดยกระบวนการทางชีวเคมี....11

4.1 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring....36

4.2 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน....38

4.3 จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำนมที่เติม CLA หลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นและที่อายุการเก็บต่าง ๆ....39

4.4 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring....46

4.5 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน....47

4.6 จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชหลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นและที่อายุการเก็บต่าง ๆ....48

4.7 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring....54

4.8 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring....59

ก1 โครมาโทแกรมของกรดไขมันมาตรฐานสำหรับการเทียบระยะเวลาการเคลื่อนที่ของสารในตัวอย่างวิเคราะห์....73

ก2 โครมาโทแกรมแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่ของสารมาตรฐาน CLA ที่แยกด้วย SP2560 GC column และตรวจวัดด้วย FID-detector....73

ก3 โครมาโทแกรมแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกรดไขมันในตัวอย่างที่แยกด้วย SP2560 GC column และตรวจวัดด้วย FID-detector....74

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

Conjugated linoleic acid (CLA) หมายถึง กลุ่มของกรดไขมันที่มีโครงสร้างลักษณะ positional conjugated dienoic isomers ของกรดไขมันลิโนเลอิก (C18:2 n-6) โครงสร้าง CLA isomers สำคัญที่พบในอาหาร ซึ่งได้แก่ cis-9,trans-11และ trans-10,cis-12 isomers ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มาจากสัตว์มี CLA เข้มข้น 2.9-11.3 มิลลิกรัม/กรัมของไขมัน (Decker, 1995) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการสร้าง CLA ในระบบทางเดินอาหารด้วยกระบวนการ hydrogenation ของกรดไขมันลิโนเลอิกเป็น CLA โดยแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria) ได้แก่ *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus* และ *Eubacterium* sp. (Kelper et al., 1967) Pariza and Hargraves (1985) ได้รายงานสมบัติการเป็น chemoprotective property ของ CLA เป็นครั้งแรก โดยพบว่าในเนื้อโคย่างมี CLA ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกในระยะแรกในหนูทดลองที่กระตุ้นโดย 7,12-dimethylbenz(a)anthracene

CLA มีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเนื้องอกระยะแรกในหนูทดลอง (Pariza and Hargraves, 1985) รวมถึงยับยั้งการเกิดเนื้องอกในกระเพาะ เต้านม ปอด และลำไส้ของหนูทดลองได้ (Ha et al., 1990; Ip et al., 1991; Liew et al., 1995) และยังพบว่า CLA มีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วย ผลงานวิจัยอื่น พบว่า CLA มีศักยภาพในการลดไขมันในร่างกาย (fat reducer) ได้ (Brodie et al., 1999; Yamasaki et al., 1999; Park et al., 1999) CLA เป็นกรดไขมันที่เกิดและพบโดยธรรมชาติในอาหารหลายชนิดในเฉพาะน้ำนมและเนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นมนุษย์จะได้รับ CLA จากการรับประทานผลิตภัณฑ์นมและเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้อง Dr. T. Dhiman (Myers, Foxtirefams.com) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ และปริมาณ CLA ในน้ำนมและพบว่าโคนมที่เลี้ยงโดยให้กินหญ้าเขียวโดยเฉพาะ Ryegrass หรือเลี้ยงในทุ่งหญ้าธรรมชาติจะให้น้ำนมที่มี CLA มากกว่าโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหาร Conserved forage เช่น Alfalfa, Corn silage และ เมล็ดธัญพืช นอกจากนี้นักวิจัยยังพบว่าสามารถเพิ่ม CLA ในน้ำนมโดยการเพิ่มถั่วเหลืองป่นคั่วกับ Alfalfa และ Corn silage และเมื่อผสมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันลินซีดกับอาหารแห้งประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้น้ำนมมีปริมาณ CLA มากกว่าการเลี้ยงโคนมด้วยการปล่อยในทุ่งหญ้า นอกจากนี้ Dr. Dhiman ยังพบว่าปริมาณ CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า เมื่อเลี้ยงโคนมด้วยถั่วเหลืองไขมันเต็มผ่านกระบวนการอัดพอง (Full-fat extruded soybeans) และเมล็ด

ฝ้าย (Cotton seed) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการทำให้เมล็ดถั่วและเมล็ดฝ้ายแตกป่นจะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารเคมีที่สำคัญในการสังเคราะห์เป็น CLA

โดยปกติแล้วไขมันในน้ำนมจะถูกสังเคราะห์มาจากไขมันที่โคนมได้รับจากอาหารส่วนใหญ่ และไขมันที่โคนมดึงเอามาใช้จาก Body reserve ในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) อย่างไรก็ตามถ้าโคนมได้รับไขมันจากอาหารเพียงพอกับความต้องการ การนำไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันมาใช้จะมีปริมาณน้อยมาก และถ้าไขมันที่มีอยู่ในอาหารเป็นไขมันชนิดใด ไขมันในน้ำนมก็จะเป็นเช่นเดียวกับที่มีอยู่ในอาหารที่แม่โคได้รับ เช่น ถ้าโคนมได้รับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) จากอาหารมาก ในน้ำนมก็จะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากด้วย และชนิดของกรดไขมันในน้ำนมจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับชนิดของกรดไขมันในอาหารที่โคนมได้รับ (Holmes and Wilson, 1984)

ในอาหารสัตว์หลายชนิดมีปริมาณของกรดไขมันและโครงสร้างของกรดไขมันอิสระที่แตกต่างกัน Chow (1992) รายงานชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิสระในน้ำมันที่ได้จากพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1) จะเห็นได้ว่าในน้ำมันที่ได้จากพืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณกรดไขมันอิสระแตกต่างกัน กล่าวคือ ในน้ำมันของ Safflower, Sunflower, Corn, Soybean, Cottonseed, Sesame, Rice bran, Peanut และ Palm จะมีกรดไขมันลิโนเลอิกเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ซึ่งถ้าจะนำเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันดังตารางที่ 1.1 ไปเป็นส่วนผสมในอาหารข้นสำหรับโคนมจะเป็นการเพิ่มปริมาณกรดไขมันลิโนเลอิกและ CLA ในน้ำนมโคได้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ในน้ำมันจากเมล็ดพืชต่าง ๆ

Oil	Linoleic (18:2)	Linolenic (18:3)	Oleic (18:1)	Stearic (18:0)
Safflower oil	77.5	-	12.9	2.2
Sunflower oil	68.2	0.5	18.6	4.7
Corn oil	57.0	0.9	27.5	2.2
Soybean oil	53.3	7.8	23.4	4.0
Cottonseed oil	53.2	0.3	17.6	2.3
Sesame oil	43.3	0.2	41.2	5.2
Rice bran oil	34.0	1.1	43.8	2.1
Peanut oil	30.9	-	51.0	2.3
Palm oil	10.0	-	37.5	3.8

แหล่งที่มา : Chow (1992)

อย่างไรก็ตาม Conjugated linoleic acid (CLA) เป็นกรดไขมันที่พบในน้ำนมและเนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้องแต่มีในปริมาณค่อนข้างน้อย โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะเสริมเมล็ดธัญพืชและเมล็ดพืชน้ำมันบางชนิด เช่น เมล็ดข้าวโพด เมล็ดทานตะวัน และเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งมีรายงานว่ามีเปอร์เซ็นต์ กรดไขมันลิโนเลอิก ซึ่งสามารถเกิดโครงสร้างเป็น CLA ในปริมาณสูง (Chow, 1992) ลงในอาหารสำหรับโคนม และศึกษาผลของการเสริมเมล็ดพืชดังกล่าวต่อปริมาณน้ำนมและอาศัยองค์ประกอบของน้ำนม รวมทั้งชนิดของกรดไขมันในน้ำนมโค

น้ำนมโคที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดมี CLA เฉลี่ย 4-5 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน ถ้าน้ำนมโคมีปริมาณไขมันต่ำก็จะมีปริมาณ CLA ในน้ำนมต่ำด้วย การประกอบอาหารและแปรรูปอาหารไม่ทำให้ปริมาณ CLA เปลี่ยนแปลง และการเพิ่ม CLA ในน้ำนมจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากน้ำนมนั้นมี CLA เพิ่มขึ้นด้วย (Reiner, 1996) นอกจากนี้ Ma et al. (1999) รายงานว่า CLA ในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวและน้ำนมของประเทศแคนนาดาในรูป cis9,trans11-18:2 isomer มีประมาณ 1.2 และ 6.2 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน หรือ 0.0001-4.3 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างอาหาร ซึ่งถ้าคิดต่อหน่วยบริโภคจะมีค่าประมาณ 0.03 และ 81.0 มิลลิกรัม/หน่วยบริโภค และ Lin et al. (1998) พบว่าเนยแข็งที่บรรจุกระป๋องมี CLA (3.03 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) มากกว่าเนยแข็งบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศ (2.70 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) อย่างมีนัยสำคัญ การเติม BHA, Tyrosine และ Lysine ในเนยแข็งและการบ่มนาน 6 เดือน มีผลทำให้ปริมาณ CLA ลดลง

การแปรรูปอาหารด้วยความร้อนจะทำให้เกิด Isomerization ของกรดไขมันลิโนเลอิก และเกิด CLA มากขึ้น และพบว่าความร้อนในการทำเนยแข็งจะทำให้ปริมาณ CLA ในเนยแข็งและเนยแข็งแปรรูป (processed cheese) เพิ่มขึ้น Lin et al. (1999a) พบว่ากระบวนการผลิต การบ่ม และชนิดของเนยแข็งมีผลต่อปริมาณ CLA ในเนยแข็งต่างกัน ดังนั้น ในการวิจัยชุดนี้จึงรวมไปถึงผลกระทบของกระบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนต่อคุณภาพและปริมาณของ CLA รวมทั้งคุณภาพ และการเก็บรักษา คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสต่อการบริโภคของน้ำนมที่เพิ่มปริมาณ CLA ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณและโครงสร้างทางเคมีของ CLA ในน้ำนมจากโคนมที่ได้รับอาหารสูตรต่างกันที่ประกอบด้วยน้ำมันพืช

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของกระบวนการฆ่าเชื้อน้ำนมดิบแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นและ UHT ต่อความคงตัวของ CLA ทางการค้าที่เติมในน้ำนมดิบ และ CLA ที่ผ่านมาจากอาหารเลี้ยงสัตว์สูตรต่างกัน

1.2.3 เพื่อให้รู้ปริมาณและรูปร่างเคมีของ CLA ที่มีประโยชน์ทางหน้าที่สูงสุดต่อสุขภาพในน้ำนมทั้งสองชนิดหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 2 แบบ

1.2.4 เพื่อให้รู้การเปลี่ยนแปลงของ CLA เชิงปริมาณและโครงสร้างทางเคมีในน้ำนมโคทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำนมควบคู่กับปริมาณของ CLA

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.3.1 อาหารเลี้ยงโคนมที่ได้รับการคัดเลือกและปรับปรุงมีผลกระทบต่อปริมาณ CLA ในน้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงในประเทศในเชิงบวก

1.3.2 กระบวนการฆ่าเชื้อและแปรรูปด้วยความร้อนจะทำให้ปริมาณ CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของการเสริมน้ำมันพืชในอาหารข้นสำหรับโคนมที่มีต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม รวมทั้งชนิดและปริมาณ Free fatty acid ในน้ำนมโค จากนั้นแปรรูปน้ำนมดิบที่ผลิตได้ โดยน้ำนมดิบในช่วงแรกจะมีการเติม CLA ทางการค้าลงไปในปริมาณที่ต้องการ ส่วนในช่วงที่สองจะเป็นการเพิ่ม CLA ในน้ำนมดิบโดยผ่านอาหารโคนมที่ประกอบด้วยเมล็ดธัญพืชและเมล็ดพืชน้ำมัน การทดลองช่วงแรกจะใช้น้ำนมดิบจากฝูงโคนมฟาร์มโชคชัย การทดลองในช่วงที่สองจะใช้น้ำนมดิบที่ผลิตได้จากฝูงโคนมในฟาร์มของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในส่วนของการศึกษาผลกระทบของความร้อนต่อน้ำนม CLA จะแบ่งทำเป็น 2 ชุด โดยในระยะแรกจะเริ่มทดลองโดยใช้น้ำนมดิบที่มีการเติม CLA ในปริมาณต่าง ๆ ลงไปแล้วทดสอบตามวิธีวิจัยที่ระบุไว้เพื่อรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ จากนั้นเมื่อได้น้ำนมจากสภาพจริงในปีที่ 2 (ที่มีการเลี้ยงด้วยธัญพืชต่าง ๆ ของโครงการย่อยที่ 1) จะทำการเปรียบเทียบอีกครั้งน้ำนมดิบที่ได้จะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นที่โรงงานแปรรูปน้ำนมดิบของงานเนยแข็ง โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ในการทดลองช่วงแรก และโรงงานแปรรูปน้ำนมดิบของมหาวิทยาลัย ในการทดลองช่วงที่สอง ส่วนการฆ่าเชื้อแบบ UHT ใช้อุปกรณ์และระบบ UHT ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การวิเคราะห์ทางด้านเคมี ประสาทสัมผัส และอายุการเก็บจะใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบผลกระทบของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อปริมาณและรูปร่างของ CLA ที่มีประโยชน์ทางหน้าที่ต่อสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและประสาทสัมผัสของน้ำนมที่มี CLA เพื่อใช้เป็นแนวทางการป้องกันและรักษา CLA ที่มีประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพไว้ให้ได้มากที่สุดในการเพิ่มคุณค่าของน้ำนม

1.5.2 โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำนมสามารถใช้ผลงานวิจัยผลิตน้ำนมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสุขภาพได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

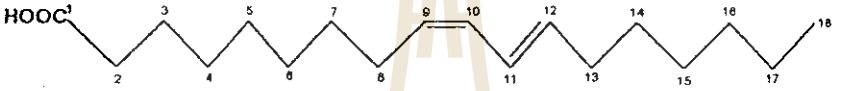
2.1 ความรู้เรื่อง Conjugated linoleic acid

ไขมันเป็นสารอาหารหลักที่จำเป็นชนิดหนึ่งสำหรับมนุษย์ โดยธรรมชาติพบทั่วไปทั้งในพืชและสัตว์ นอกจากจะเป็นสารที่ให้พลังงานต่อกรัมถึง 9 แคลอรี แล้วไขมันยังเป็นแหล่งของวิตามินที่สำคัญอีก 4 ชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน คือ วิตามิน A D E และ K ไขมันในอาหารมากกว่าร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก อยู่ในรูปไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglycerides) ส่วนที่เหลือเป็นฟอสโฟลิปิด (phospholipids) โคเลสเตอรอล (cholesterol) และวิตามิน (vitamin) โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นเอสเทอร์ (ester) ของกลีเซอรอล 1 ส่วน และกรดไขมัน (fatty acid) 3 ส่วน โดยกรดไขมันเป็นกรดคาร์บอกซิล (carboxylic acid) ที่มีหมู่ -COOH เพียงหมู่เดียว ต่ออยู่กับไฮโดรคาร์บอนสายยาว พันธะที่อยู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนมีทั้งพันธะเดี่ยว (single bond) และพันธะคู่ (double bond) กรดไขมันที่มีเพียงพันธะเดี่ยวเรียกกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่รวมอยู่ด้วยเรียกกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) โดยมีทั้งกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (mono-unsaturated fatty acid) ซึ่งมีพันธะคู่เพียง 1 คู่ และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (poly-unsaturated fatty acids) ซึ่งมีพันธะคู่หลายคู่ และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่เป็นกรดไขมันจำเป็นต่อมนุษย์ (essential fatty acid) มี 3 ตัว คือ กรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid, C18:2 n-6) กรดไขมันลิโนเลนิก (linolenic acid, C18:3 n-3) และกรดไขมันอะราชิโดนิก (arachidonic acid, C20:4 n-6)

คอนจูเกตลิโนเลอิกแอซิด (Conjugated linoleic acid: CLA หรือ Conjugated octadecadienoic acid) คือ กลุ่มของกรดไขมันที่มีลักษณะรูปร่างและโครงสร้างเป็นไอโซเมอร์ (isomers) ของกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid, C18:2 n-6) ซึ่งเป็นหนึ่งในกรดไขมันจำเป็นต่อมนุษย์ (essential fatty acid) โดยปกติกรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป พันธะคู่จะเป็นแบบนอนคอนจูเกต (nonconjugated double bond, -CH=CH-CH_2-CH-CH=CH-) โดยมีหมู่เมธิลีน (-CH_2-) คั่นกลาง และพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะอยู่ในคอนฟิกุเรชั่นแบบซิส (cis configuration) ในขณะที่พันธะคู่ 2 พันธะในโมเลกุลของ CLA จะเรียงตัวกันสลับกับพันธะเดี่ยว (Bessa et al., 2000) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 โครงสร้างไอโซเมอร์ของ CLA นี้จะรวมทั้งรูปร่างที่มีลักษณะ cis-cis, cis-trans และ trans-trans และตำแหน่งของพันธะคู่ที่ 9 และ 11, 10 และ 12 หรือ 11 และ 13 ซึ่งตำแหน่งของพันธะคู่ในโครงสร้างไอโซเมอร์ของ CLA ที่พบในไขมันสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่อยู่ที่ตำแหน่งช่วง 6,8-18:2 ถึง 12,4-18:2 ดังนั้นจำนวนไอโซเมอร์ของ CLA จึงมีประมาณ 20 โครงสร้าง โดยปกติโครงสร้างไอโซเมอร์ส่วนใหญ่ที่พบในเนื้อสัตว์เคี้ยวเอื้อง และ

ผลิตภัณฑ์จากน้ำนมโคจะเป็น octadeca-c9,t11-dienoic acid หรือ cis-9,trans-11 CLA (Peterson et al., 2002) ไอโซเมอร์นี้จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่ง คือ กรดไขมันรูเมนิก (rumenic acid) เนื่องจากเชื่อว่าเป็นโครงสร้างที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วนโครงสร้างไอโซเมอร์อื่น ๆ เช่น t7,c9; t8,c10; t10,c12; t11,c13; c11,t13; และ t12,c14 isomer พบปริมาณน้อย และมีรายงานการตรวจพบโครงสร้างไอโซเมอร์ชนิด cic,cis และ trans,trans บ้างเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เคี้ยวเอื้องและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมเช่นกัน

cis-9, *cis*-12 octadecadienoic acid (Linoleic acid)



cis-9, *trans*-11 octadecadienoic acid (Rumenic acid)

trans-10, *cis* -12 octadecadienoic acid

trans- 9, *trans*-11 octadecadienoic acid

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันลิโนเลอิก และ CLA-isomers
แหล่งที่มา : Bassa et al. (2000)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.1 แหล่งที่พบ CLA

แหล่งของ CLA ซึ่งส่วนใหญ่พบในน้ำนมและผลิตภัณฑ์จากน้ำนม และผลิตภัณฑ์เนื้อจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น เนื้อโคและเนื้อแกะ โดยในเนยแข็งมีปริมาณ CLA 3.6 ถึง 8.0 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน และผลิตภัณฑ์น้ำนมมี CLA อยู่ในช่วง 3.4 ถึง 6.4 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน ซึ่งปริมาณที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ กล้ามเนื้อ และภาวะโภชนาการของสัตว์ (Grinari et al., 2000; Lin et al., 1995) ประมาณร้อยละ 80-90 โดยน้ำหนัก ของ CLA ทั้งหมดที่พบในน้ำนมและกล้ามเนื้อจะอยู่ในรูปของ cis-9,trans-11 isomer (Evans et al., 2002; National Cattlemen's Beef Association, 1999) ส่วนในเนื้อสัตว์ปีกและน้ำมันจากพืชมี CLA ปริมาณเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ Ma et al. (1999) รายงานว่า CLA ที่อยู่ในรูป cis-9,trans-11 isomer ที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์นมในประเทศแคนาดามีปริมาณเฉลี่ยระหว่าง 1.20 ถึง 6.20 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน หรือ 0.001-4.30

มิลลิกรัม/กรัมอาหาร ซึ่งเทียบเท่า 0.03 และ 81.00 มิลลิกรัม/หนึ่งหน่วยบริโภค ส่วนโครงสร้างไอโซเมอร์ของ CLA ที่ได้จากปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชั่นที่มีเบสเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (base catalyzed isomerization) ของกรดไขมันลิโนเลอิกจะอยู่ในรูป trans-10,cis-12 และ cis-9,trans-11 isomer ในอัตราส่วนที่เท่ากัน (Yu et al., 2003)

2.1.2 ความสำคัญของ CLA

โครงสร้างไอโซเมอร์ของ CLA ที่แสดงคุณสมบัติด้านชีวเคมี เช่น คุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดเนื้องอก เป็นสารต้านการเกิดเซลล์มะเร็ง การลดเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายส่งเสริมการเกิดมวลกล้ามเนื้อ รักษาระดับน้ำตาลในเลือดและระดับของอินซูลินให้ปกติ ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีผลต่อการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย เป็นต้น (www.Health-n-energy.com, 2003) มีรายงานว่าส่วนใหญ่เป็นคุณสมบัติของ CLA โครงสร้างไอโซเมอร์ cis-9,trans-1 และ trans-10,cis-12 isomers โดยโครงสร้างรูป trans-10,cis-12 isomer แสดงคุณสมบัติยับยั้งการเกิดเนื้องอก และต่อต้านการเกิดมะเร็งในเซลล์หลายชนิด ส่วน cis-9,trans-11 CLA แสดงคุณสมบัติในการลดไขมันในร่างกายป้องกันโรคอ้วน และป้องกันการเกิดมะเร็งเต้านมได้ (Evans, 2002)

Ha et al. (1987) พบว่า CLA สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกในหนูทดลองเนื่องจากการกระตุ้นด้วยสารก่อมะเร็ง 7,12-dimethylbenz(a)anthracene (DMBA) ในสภาวะที่มีการเร่งด้วยสาร 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate ได้ และในสภาวะจำลองเดียวกันนี้ เมื่อให้ CLA ในอาหารของหนูทดลองที่ระดับเข้มข้นร้อยละ 1.00 และ 1.50 โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ปริมาณเนื้องอกในหนูทดลองลดลง (Belury et al., 1996) และหนูที่ได้รับ CLA ก่อนการกระตุ้นด้วยสาร 2-amino-3-methylamidazo[4,5-f]quinoline หรือ IQ ซึ่งเชื่อว่าเป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ และสารก่อมะเร็งลำไส้ใหญ่ พบว่าหนูที่ได้รับ CLA ก่อนการให้สารก่อกลายพันธุ์ IQจะมีผลทำให้ปริมาณ IQ-DNA ในหลายอวัยวะลดลง นอกจากนี้การเติม CLA ปริมาณร้อยละ 0.10-1.00 โดยน้ำหนัก ในอาหารของหนูทดลองสามารถยับยั้งการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอในเซลล์ลำไส้ใหญ่ และต่อมสร้างน้ำนม (mammary gland) (Liew et al., 1995; Schmelz et al., 1994, quoted in Parodi, 1999) ในการศึกษาคุณสมบัติด้านการยับยั้งการเกิดมะเร็ง (anticarcinogenic property) ของ CLA ในช่วงแรกเชื่อว่าโครงสร้างรูป cis-9,trans-11 CLA เท่านั้นที่สามารถยับยั้งการเกิดเนื้องอกและเซลล์มะเร็งในร่างกายได้ แต่การศึกษาต่อมาพบว่า trans-10,cis-12 CLA สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งบางชนิดได้ดี โดย Yamasaki et al. (2002) ศึกษาพบว่า trans-10,cis-12 CLA แสดงความเป็นพิษโดยตรงต่อเซลล์มะเร็งตับชนิด dRLh-48 ของหนูทดลอง แต่ในเซลล์ตับอักเสบปกติไอโซเมอร์นี้แสดงความเป็นพิษได้น้อยกว่าในเซลล์มะเร็งตับชนิด dRLh-48 ในขณะที่ cis-9,trans-11 CLA ไม่เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับแต่กลับส่งเสริมให้เกิดการเจริญของเซลล์ชนิดนี้ แต่ในสภาวะที่อยู่

ตารางที่ 2.1 ปริมาณ conjugated linoleic acid ในอาหารชนิดต่าง ๆ ก่อนการแปรรูป

Food		**Total CLA** (mg/ g fat)
Meat:	Fresh ground beef	4.3
	Beef round	2.9
	Beef frank	3.3
	Beef smoked sausage	3.8
	Lamb	5.6
	Pork	0.6
Poultry:	Chicken	0.9
	Fresh ground turkey	2.5
Seafood:	Salmon	0.3
	Lake trout	0.5
	Shrimp	0.6
Dairy products:	Homogenized milk	5.5
	Butter	4.7
	Sour cream	4.6
	Plain yoghurt	4.8
	Ice cream	3.6
	Sharp cheddar cheese	3.6
	Mozzarella cheese	4.9
	Colby cheese	6.1
	Cottage cheese	4.5
	Reduced fat swiss	6.7
	Am. Processed cheese	5.0
Vegetable Oils:	Safflower	0.7
	Sunflower	0.4
	Canola	0.5
	Corn	0.2

แหล่งที่มา: National Cattlemen's Beef Association (1999)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ร่วมกันทั้ง 2 ไอโซเมอร์ cis-9,trans-11 CLA เองไม่ขัดขวางการออกฤทธิ์ของ trans-10,cis- 2 CLA ต่อเซลล์มะเร็งตับชนิดนี้

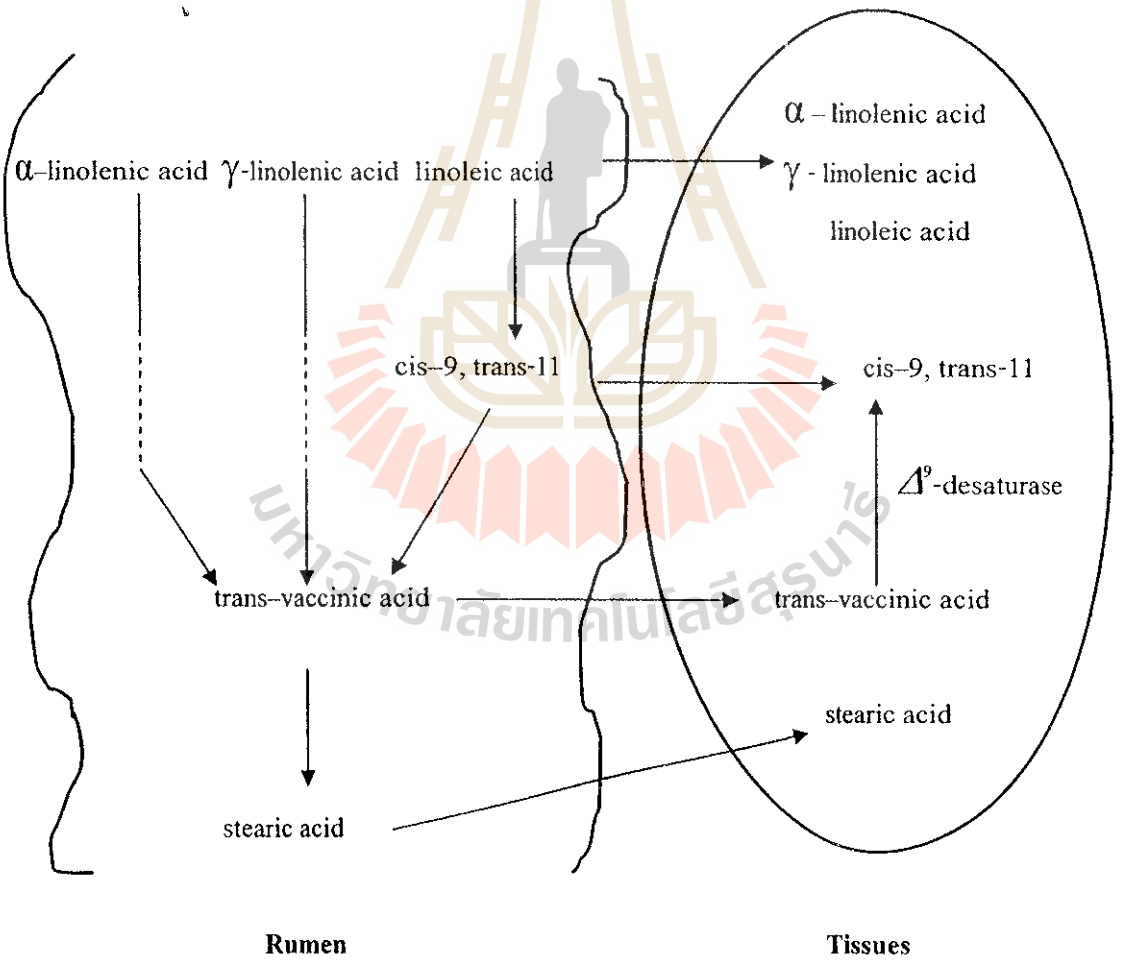
ในส่วนของคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าทั้ง cis-9,trans-11 และ trans-10,cis-12 isomers สามารถเกิดปฏิกิริยาโดยตรง และลดปริมาณของอนุมูลอิสระ DPPH ได้ โดยทั้ง 2 ไอโซเมอร์นี้มีกลไก และคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ (thermodynamic) ที่แตกต่างกันในการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของ DPPH โดย trans-10,cis-12 CLA จะลดปริมาณ DPPH ในช่วงแรก ในขณะที่ cis-9,trans-11 จะเข้าจับกับอนุมูลอิสระ DPPH ในระยะการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องระหว่างอนุมูลอิสระกับออกซิเจน (Yu et al., 2001; 2002) นอกจากนี้ Leung and Liu (2000) ได้ศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (antioxidant) ของ CLA ทั้ง 2 ไอโซเมอร์ ที่มีความบริสุทธิ์สูง (มากกว่าร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก) พบว่า trans-10,cis-12 CLA แสดงคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระที่แรงกว่า cis-9,trans-11 CLA ทุกระดับความเข้มข้นของการศึกษา ส่วน cis-9,trans-11 CLA จะแสดงคุณสมบัติ pro-oxidant ที่แรงเมื่อมีระดับความเข้มข้นสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า trans-10,cis-12 CLA สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ heparin-releasable lipoprotein lipase และปกป้อง leptin จาก 3T3-L1 adipocytes (Kant et al., 2001)

2.1.3 กลไกการเกิด CLA

โครงสร้างของ CLA isomers เกิดได้จาก 2 กลไกหลัก คือ จากปฏิกิริยา free radical oxidation ของกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid) หรือกรดไขมันลิโนเลนิก (linolenic acid) และจากปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชั่น (isomerization) ผ่านวิถีไบโอไฮโดรจิเนชั่น (biohydrogenation pathway) ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กระเพาะหมัก (rumen) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์แกรมบวกชนิด *Butyrivibrio fibrisolvens, Ruminococcus albus* และ *Eubacterium* sp. (Harfoot and Hazlewood, 1988, quoted in Bessa et al., 2000) CLA ที่พบในธรรมชาติเกิดจากกระบวนการไอโซเมอร์ไรเซชั่น หรือ/และกระบวนการไบโอไฮโดรจิเนชั่น (biohydrogenation) ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยกิจกรรมของแบคทีเรียแกรมบวกในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และเกิดจากกระบวนการเติมพันธะคู่ (desaturation) ในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดทรานส์ (trans-fatty acid) ในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) และภายในต่อมสร้างน้ำนม (mammary gland) (Griinari and Bauman, 1999) ซึ่งการสังเคราะห์ CLA โดยกระบวนการทางชีวภาพมีขั้นตอนการเกิดดังภาพที่ 2 จากกระบวนการไอโซเมอร์ไรเซชั่น หรือ/และกระบวนการไบโอไฮโดรจิเนชั่นของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ในเมทาบอลิซึมไขมันของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรวมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทำให้ได้ CLA เป็นผลิตภัณฑ์โดยตรง และอาจทำให้เกิดสารตั้งต้นสำคัญของการเกิด CLA ระหว่างวิถีของกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมันสเตียริก (stearic acid) นั่นคือ CLA ที่อยู่ในรูปไอโซเมอร์ cis-9,trans-11–18:2 เกิดจากกระบวนการไอโซเมอร์ไรเซชั่นของ

กรดไขมันลิโนเลอิกเป็นหลัก

นอกจากนี้ cis-9,trans-11–18:2 ยังได้มาจากกระบวนการไฮโดรจิเนชั่นของกรดไขมัน trans-vaccinic acid (t11-18:1) (Schmid et al., 2006) เนื่องจากพบว่า ปริมาณ CLA ที่ได้โดยตรงจากการดูดซึมจากกระเพาะหมักและลำไส้เล็กมีปริมาณน้อยมาก จึงมีข้อสัณนิฐานว่าปริมาณ CLA ในน้ำนมและที่สะสมในเนื้อเยื่อไขมันน่าจะมาจากแหล่งอื่น นอกเหนือจากกิจกรรมของแบคทีเรียในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และ Griinari et al. (2000) และ Corl et al. (2001) พบว่า CLA ที่มีโครงสร้าง ไอโซเมอร์ชนิด c9,t11–18:2 ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำนมมาจากกระบวนการสังเคราะห์ภายใน (endogenous synthesis) จากกระบวนการเติมพันธะคู่ (desaturation) โดยเอนไซม์ Δ^9-desaturase จะเปลี่ยนโครงสร้างกรดไขมัน trans-vaccinic acid ไปเป็น CLA ได้ ดังภาพที่ 2.2 ทำให้มีการสะสม CLA ในน้ำนมและในเนื้อเยื่อไขมันของสัตว์เคี้ยวเอื้องปริมาณสูง



ภาพที่ 2.2 การสังเคราะห์ c9,t11-CLA โดยกระบวนการทางชีวเคมี

แหล่งที่มา : Schmid et al. (2006)

2.1.4 วิธีการตรวจหากรดไขมัน CLA

ในการตรวจวิเคราะห์หากรดไขมัน CLA โดยทั่วไปจะใช้เทคนิคทางโครมาโทกราฟี (Chromatography) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจหา CLA ได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ เทคนิคโครมาโทกราฟีที่นิยมใช้ได้แก่ HPLC, GC-FID และ GC-MS มีขั้นตอนวิธีการตรวจหากรดไขมัน CLA ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การสกัดไขมัน (Fatty acid extraction) การเตรียมกรดไขมันให้อยู่ในรูปเอสเทอร์ (Methylation) และการแยกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี (Chromatography analysis)

การสกัดไขมัน (Fatty acid extraction) เป็นขั้นตอนการสกัดแยกไขมันออกจากตัวอย่างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น สารผสมคลอโรฟอร์มกับเมทานอล (chloroform:methanol, 2:1 v/v) หรืออาจใช้เฮกเซน (hexane) แทนได้ (Roach et al., 2002)

การเตรียมกรดไขมันให้อยู่ในรูปเอสเทอร์ (Methylation) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูปที่สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟีได้ (fatty acid methyl ester form) โดยการทำปฏิกิริยากับสาร methylation reagents เช่น โบรอนไตรฟลูออไรด์ร้อยละ 14 โดยน้ำหนักในเมทานอล (14% BF_4-MeOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มาล ในเมทานอล (NaOH-MeOH) ตามด้วยการทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 4.0 โดยปริมาตร ในเมทานอล (HCl-MeOH) จากนั้นจึงสกัดกรดไขมันที่อยู่ในรูปเอสเทอร์ออกมาจากส่วนผสมนั้นด้วยเฮกเซน

กรดไขมันที่ผ่านการเตรียมให้อยู่ในรูปเมทธิลเอสเทอร์ของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid methyl esters: FAME) แล้วจะถูกฉีดเข้าไปในระบบของเครื่องโครมาโทกราฟีที่ต่อกับคอลัมน์สำหรับแยกสาร ซึ่งคอลัมน์ที่ใช้ในการแยกกรดไขมัน CLA นี้ต้องเป็นคอลัมน์เฉพาะ เช่น Ag^+ HPLC column หรือ 100 m CP-Sil 88 capillary column เป็นต้น จึงจะสามารถแยกองค์ประกอบที่เป็นไอโซเมอร์ได้ จากนั้นแต่ละองค์ประกอบ (ไอโซเมอร์) ที่แยกได้จะถูกตรวจวัดด้วยเครื่องตรวจวัดซึ่งต่อกับระบบที่ปลายอีกด้านของคอลัมน์ และเครื่องตรวจวัดที่นิยมใช้ในการตรวจหาไอโซเมอร์ของ CLAโดยทั่วไป คือ FID detector และเครื่องตรวจวัดการดูดกลืนแสงซึ่ง CLA มีช่วงคลื่นการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 233 นาโนเมตร (Watkins and Li, 1999)

ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาที่สารวิเคราะห์เคลื่อนที่ออกจากคอลัมน์และถูกตรวจวัดได้โดยเครื่องตรวจวัด (retention time) ของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน CLA ส่วนปริมาณวิเคราะห์ได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของส่วนประกอบที่แยกได้เปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐานภายใน (internal standard) ซึ่งในกรณีการวิเคราะห์เชิงปริมาณของกรดไขมัน CLA นิยมใช้ heptadecaenoic acid (C17:0) เป็นสารมาตรฐานภายใน เนื่องจากกราฟการแยกของกรดไขมันนี้ไม่ซ้อนทับกับกราฟการแยกของ CLA

และการเติมสารมาตรฐานภายในนั้น จะเติมในขั้นตอนการเปลี่ยนสารประกอบไขมันให้อยู่ในรูปเมทิลเอสเทอร์ (Roach et al., 2002)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ CLA ในน้ำนม

CLA ในน้ำนมของสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกระบวนการไอโซเมอร์ไรเซชั่น และไบโอไฮโดรจิเนชั่นของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยกิจกรรมของแบคทีเรียแกรมบวกในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง รวมทั้งมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ Δ^9-desaturase ในต่อมสร้างน้ำนม ทั้งนี้พบว่าโครงสร้างไอโซเมอร์ของ CLA ที่พบมากสุดคือ cis-9,trans-11 CLA มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 75-90 ของปริมาณ CLA ทั้งหมด ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เปลี่ยนรูปมาจากกรดไขมันลิโนเลอิกและแอลฟา-ลิโนเลนิกเป็นหลัก (Bauman, Corl and Peterson, 2003) โดยกรดไขมันลิโนเลอิกจะเป็นสารตั้งต้นตัวแรกในกระบวนการไอโซเมอร์ไรเซชั่นเกิดเป็น cis-9,trans-11 CLA โดยเอนไซม์ cis-12,trans-11 isomerase หลังจากนั้นจะเกิดกระบวนการเติมไฮโดรเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ โดยกิจกรรมของแบคทีเรีย *B. fibrisolvens* เกิดเป็นโครงสร้างของกรดไขมัน vaccinic (VA,trans-11 18:1) ทั้ง 2 กระบวนการนี้เกิดขึ้นในกระเพาะหมัก (Kepler and Tove, 1967) ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.2.1 ผลการเลี้ยงโคนมด้วยหญ้าสด

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมายืนยันว่า การเลี้ยงโคนมระยะให้น้ำนมด้วยหญ้าสดสามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในไขมันนมได้ในช่วงสั้น ๆ ระหว่างการเปลี่ยนจากฤดูหนาวซึ่งมีการเลี้ยงโคนมในคอกเป็นการเลี้ยงด้วยหญ้าสดในทุ่งหญ้าหลังสิ้นสุดฤดูหนาว และพบว่าปริมาณ CLA ในไขมันนมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนหญ้าสดในสูตรอาหารโคนม การเลี้ยงโคนมด้วยหญ้าสดทำให้ปริมาณ CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้นเป็นจากผลมาจากกระบวนการไบโอไฮโดรจิเนชั่น และในหญ้าสดยังอุดมด้วยกรดไขมันแกรมมา-ลิโนเลนิก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นหลักของการสร้างกรดไขมัน vaccinic ในกระเพาะหมัก และกรดไขมันที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็น cis-9,trans-11 CLA ในต่อมสร้างน้ำนมโดยกระบวนการเติมพันธะคู่ (Bauman et al., 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าโคนมที่ได้รับอาหารหญ้าสดเพียงอย่างเดียวตลอดวันจะให้น้ำนมที่มี CLA ปริมาณสูงกว่า (22.10 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) โคนมที่ได้รับอาหารสูตรที่มีหญ้าสดหนึ่งในสาม (8.9มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) หรือสองในสาม (14.30 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) ของอาหารที่โคนมได้รับระหว่างวัน (Dhiman, Arnand et al., 1999) สำหรับการเลี้ยงโคนมในพื้นที่ราบสูงซึ่งมีสัดส่วนหญ้าสดน้อยลงตามระดับความสูง พบว่าระดับความเข้มข้นของ CLA ในน้ำนมมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ลุ่ม (ให้น้ำนมที่มี CLA 8.7 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) ขึ้นไปบนภูเขา (16.10 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) และบนพื้นที่ราบสูง (23.60 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ทั้งนี้ในไขมันนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยหญ้าใน 3 พื้นที่ดังกล่าว พบว่า

ไอโซเมอร์ cis-9,trans-11 และ trans-11,cis-13 CLA เป็นโครงสร้างที่พบมากที่สุด (Collomb, Sieber et al., 2004)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสด

Dietary treatment	CLA content	
	mg/g	CLA form
33 % pasture	8.9	C9,t11 as FAME
66 % pasture	14.3	C9,t11 as FAME
100 % pasture	22.1	C9,t11 as FAME
100 % pasture, lowlands	8.7	C9,t11 as fat
100 % pasture, mountains	16.1	C9,t11 as fat
100 % pasture, highlands	23.6	C9,t11 as fat

แหล่งที่มา : Collomb et al. (2006)

2.2.2 ผลการเลี้ยงโคนมด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช

น้ำมันพืชจากเมล็ดพืชต่างชนิดกันประกอบด้วยกรดไขมันแตกต่างกัน เมื่อโคนมได้รับอาหารที่มีน้ำมันพืชเหล่านี้จึงส่งผลโดยตรงต่อปริมาณ CLA ในน้ำนมที่แตกต่างกัน (Stanton et al., 2003) จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันพืชต่างชนิดกัน พบว่าน้ำมันพืชที่อุดมด้วยกรดไขมันลิโนเลอิก จะส่งเสริมการสร้าง CLA ในน้ำนมมากที่สุด (Collomb, Sieber, et al., 2004; Collomb, Sollberger, et al., 2004; Dhiman et al., 2000; Kelly, Berry et al., 1998; Stanton et al., 2003) ดังตาราง ที่ 2.4 อย่างไรก็ตาม Lock and Garnsworthy (2002) พบว่า การเลี้ยงโคนมด้วยอาหารที่มีกรดไขมันลิโนเลนิก สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมได้สูงเทียบเท่ากับในน้ำนมโคที่ได้รับกรดไขมันลิโนเลอิก

การเลี้ยงโคนมด้วยอาหารเสริมน้ำมันจากพืชต่าง ๆ เช่น น้ำมันจากถั่วลิสง (แหล่งของกรดไขมันโอเลอิก) น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (แหล่งของกรดไขมันลิโนเลอิก) น้ำมันจากลินซีดและเมล็ดแฟรกซ์ (linseed and flaxseed) (แหล่งของกรดไขมันแอลฟา-ลิโนเลนิก) โคนมที่ได้รับน้ำมันพืชต่างชนิดกันนี้ให้น้ำนมที่มีปริมาณ CLA แตกต่างกัน โดยน้ำนมที่ได้จากโคนมที่ได้รับน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีปริมาณ CLA สูงสุด ในขณะที่โคนมที่ได้รับน้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันจากลินซีดหรือน้ำมันจากเมล็ดแฟรกซ์ให้น้ำนมที่มีปริมาณ CLA ใกล้เคียงกัน (Kelly, Berry et al., 1998)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช

Dietary treatment	CLA content	
	mg/g	CLA form
Control (51% forage, 49% grain)	3.90	C9,t11 as FAME
3.6% soybean oil	21.00	C9,t11 as FAME
2.2% linseed oil	15.80	C9,t11 as FAME
4.4% linseed oil	16.30	C9,t11 as FAME
Control (55% forage, 45% grain)	5.09	C9,t11 as FAME
0.5% soybean oil	7.50	C9,t11 as FAME
1.0% soybean oil	7.60	C9,t11 as FAME
2.0% soybean oil	14.50	C9,t11 as FAME
4.0% soybean oil	20.80	C9,t11 as FAME
1.0% linseed oil	7.30	C9,t11 as FAME
Control (ground soybean)	3.10	C9,t11 as fat
Extruded soybean (120, 130, 140 °C)	19.90	C9,t11 as fat
Hay ad libitum + 15 kg fodder beet	4.70	Total CLA as fat
+ 1.0 kg ground rapeseed	6.80	Total CLA as fat
+ 1.0 kg ground sunflowerseed	8.80	Total CLA as fat
+ 1.4 kg ground sunflowerseed	17.60	Total CLA as fat
+ 1.0 kg ground linseed	6.30	Total CLA as fat
+ 1.4 kg ground linseed	9.90	Total CLA as fat
Control	14.00	C9,t11 as FAME
12.6% DM raw flaxseed	14.00	C9,t11 as FAME
12.6% DM micronized flaxseed	19.00	C9,t11 as FAME
12.6% DM extruded flaxseed	4.50	C9,t11 as FAME

แหล่งที่มา : Collomb et al. (2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.3 ผลการเลี้ยงโคนมด้วยอาหารเสริมน้ำมันจากสัตว์ทะเล

ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า การเสริมน้ำมันปลาในอาหารโคนมจะส่งเสริมการสร้าง CLA ในน้ำนมมากกว่าการเสริมน้ำมันพืช (Chilliard et al., 2000; 2001) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

อย่างไรก็ตามกลไกการส่งเสริมการสร้าง CLA ในน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลายังไม่ทราบแน่ชัด นอกจากนี้กระบวนการไบโอไฮโดรจิเนชั่นของกรดไขมันโซ่ยาวชนิดไม่อิ่มตัว (long-chain polyunsaturated fatty acids) ยังไม่เหมือนกรณีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกรดไขมัน vaccinic ไปเป็น CLA ได้โดยตรง ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของกรดไขมัน vaccinic ในกระเพาะหมักและในน้ำนมเป็นที่ทราบถึงกลไกการเกิดอย่างแน่ชัดแล้ว (Chilliard et al., 2000)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันจากสัตว์ทะเล

Dietary treatment	CLA content	
	mg/g	CLA form
0% fish meal	3.9	C9,t11 as FAME
25% fish meal	4.4	C9,t11 as FAME
50% fish meal	4.6	C9,t11 as FAME
100% fish meal	7.2	C9,t11 as FAME
Control	6.9	C9,t11 as fat
2% fish oil	24.3	C9,t11 as fat
Control	7.1/6.1	Total CLA/C9,t11 as FAME
1% fish oil	17.1/15.8	Total CLA/C9,t11 as FAME
2% fish oil	25.3/22.3	Total CLA/C9,t11 as FAME
3% fish oil	21.2/19.0	Total CLA/C9,t11 as FAME
Control	5.6/3.9	Total CLA/C9,t11 as FAME
+ 250 g fish oil/d	18.5/16.6	Total CLA/C9,t11 as FAME

แหล่งที่มา : Collomb et al. (2006)

2.2.4 ผลการเลี้ยงโคนมด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชร่วมกับน้ำมันจากสัตว์ทะเล

การศึกษาช่วงหลังส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นไปที่ผลของปัจจัยร่วม ระหว่างการเสริมน้ำมันพืชร่วมกับน้ำมันจากสัตว์ทะเล (ตารางที่ 2.5) โดย AbuGhazalen et al. (2000; 2004) พบว่า โคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาร้อยละ 0.5 ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 2 โดยน้ำหนักอาหารแห้ง ให้น้ำนมที่มี CLA เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ 3-4 เท่า นอกจากนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเสริมน้ำมันปลาร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 2 ในอาหารโคนมที่มีข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลัก ทำให้มี CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 15 ของกรดไขมันทั้งหมด โดยมี CLA ไอโซเมอร์ cis-9,trans-11 สูงถึง 47.4 มิลลิกรัม/กรัมไขมัน (Lynch et al., 2005)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณ CLA ในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชร่วมกับน้ำมันจากสัตว์ทะเล

Dietary treatment	CLA content	
	mg/g	CLA form
Control	4.0/3.3	Total CLA/C9,t11 as FAME
0.5% fish oil	5.6/4.7	Total CLA/C9,t11 as FAME
0.5% fish oil + 2% soybean oil	15.9/13.9	Total CLA/C9,t11 as FAME
Control	3.3	C9,t11 as FAME
0.5% fish oil + 2% soybean oil	11.6	C9,t11 as FAME
Control (corn-based TMR)	5.2	C9,t11 as FAME
1% fish oil + 2% soybean oil	47.4	C9,t11 as FAME
Control (44% forage, 56% concent.)	6.1/5.6	Total CLA/C9,t11 as FAME
2.7% Ca-salts of palm and fish oil	12.7/12.0	Total CLA/C9,t11 as FAME
+ 5% extruded soybean	14.4/13.6	Total CLA/C9,t11 as FAME
+ 0.75% soybean oil	18.2/17.4	Total CLA/C9,t11 as FAME
Control	5.0	Total CLA (C9,t11) as FAME
45 g/DM fish oil + sunflower oil (1:2)	34.7 (53.7/23.5)	Total CLA (C9,t11) as FAME

แหล่งที่มา : Collomb et al. (2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 กระบวนการให้ความร้อนน้ำนมและ CLA ในผลิตภัณฑ์นม

2.3.1 กระบวนการให้ความร้อนแก่น้ำนม

การยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมโดยกระบวนการให้ความร้อนเพื่อทำลายเอ็นไซม์ และจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ แบ่งออกเป็น

กระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น (Pasteurization) เป็นการให้ความร้อนที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคหรือที่สร้างสารพิษในอาหารได้ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ กระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นเป็นการทำลายจุลินทรีย์ร้อยละ 95-99 ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อ แบ่งออกเป็นความร้อนต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time, LTLT) และความร้อนสูงเวลาสั้น (High Temperature Short Time, HTST)

ความร้อนที่ให้กับน้ำนมนั้นจะมาจากน้ำร้อน โดยให้น้ำร้อนผ่านเข้าด้านหนึ่งของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ซึ่งเป็นเหล็กปลอดสนิม ความร้อนจะส่งผ่านมายังอีกด้านหนึ่งและถ่ายเทให้กับน้ำนม หลังจากผ่านความร้อนแล้วจะต้องทำให้เย็นทันที ปกติทำให้ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ช็อกด้วยความเย็นและช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่มิได้ถูกทำลาย

กระบวนการสเตอริไลเซชั่น (Sterilization) เป็นการทำให้อาหารปราศจากจุลินทรีย์ก่อโรค และทำลายจุลินทรีย์ หรือสปอร์ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาตามปกติโดยไม่ต้องแช่เย็น

กระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงอย่างยิ่ง (Ultrahigh-temperature process, UHT) เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์เกือบทั้งหมดในอาหาร จัดเป็นวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบปลอดเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งจะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทั้งหมดและทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำนมเน่าเสียได้เกือบทั้งหมด ส่วนจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่จะไม่สามารถเจริญ และทำให้น้ำนมเน่าเสียได้ที่อุณหภูมิห้องตามปกติ ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่เหลือรอดชีวิตมักเป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้สำหรับระบบ UHT นี้ต้องไม่น้อยกว่า 133 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมิดังกล่าวไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วทำการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ปราศจากจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ (aceptic packaging) ดังนั้นกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ UHT จึงเป็นการสเตอร์ไรซ์อาหารก่อนจะบรรจุลงภาชนะที่ผ่านการสเตอร์ไรซ์แล้วภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากเชื้อที่อุณหภูมิที่สูงกว่า และสั้นกว่ากระบวนการสเตอริไลเซชั่นอาหารในภาชนะบรรจุ

2.3.2 ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อ CLA ในไขมันนม

ผลของกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณ CLA ในน้ำนม ได้รับความสนใจ และมีการศึกษาอย่างแพร่หลาย กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำนมหลายชนิดมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เช่น เนยสด, โยเกิร์ต รวมทั้งเนยแข็งชนิดเช็ดดา (Shantha et al., 1995; Lin et al., 1998) นอกจากนี้ยังพบว่า การเก็บรักษาอาหารไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ CLA ในผลิตภัณฑ์จากน้ำนมทุกชนิด นอกจากนี้ยังมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่ก่อให้เกิดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมหลายอย่าง ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อน้ำนมมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นจะก่อให้เกิดความเสี่ยง และเพิ่มแนวโน้มการเกิดออกซิเดชั่นรวมถึงการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (off flavor) ขึ้นในผลิตภัณฑ์นม อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลิตภัณฑ์นมดัดแปลงไม่ได้บ่งชี้ว่ามีส่วนเกี่ยวข้องหลักในการเกิดออกซิเดชั่น และการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ นอกจากการมีปริมาณ CLA โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหลายเท่า เมื่อเทียบกับน้ำนมดั้งเดิม นอกจากนี้การเสริมอาหาร extruded soybean การเสริมน้ำมันปลา หรือการเสริม extruded soybean ร่วมกับ

น้ำมันปลา แก่โคนมไม่มีผลใด ๆ ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ Avramis, Wang, McBride, Wright and Hill (2003) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่ผ่านการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่น จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และความคงตัวของกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์และน้ำนม UHT ที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่นเปรียบเทียบกับน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารปกติ (control) และน้ำนมที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบไขมันนมเท่ากัน คือร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้น้ำนมที่มีการเสริมปลาป่นจะมีเม็ดไขมันขนาดเล็กลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jones et al. (2005) ที่พบว่าน้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่ได้รับอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช มีเม็ดไขมันขนาดเล็กกว่าเม็ดไขมันของน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารปกติ เช่นเดียวกับ Baer et al. (2001) ก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ ระหว่างน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลากับน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม โดยทดสอบภายหลังการเก็บรักษาไว้นาน 2 วัน และภายหลังการทำให้น้ำนมเกิดออกซิเดชั่นด้วยแสงอาทิตย์ สำหรับน้ำนมที่เติม copper oxidative พบว่า เกิดกลิ่นรสแปลกปลอมมากกว่าในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลา ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Lynch et al. (2005) ซึ่งพบว่าองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำนมและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์และน้ำนมโฮโมจิไนซ์ (ประกอบด้วยไขมันนมร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และมีสัดส่วน CLA และ vaccinic acid ปริมาณสูง) ยังมีคุณภาพคงเดิมตลอดอายุการเก็บ 14 วัน รวมถึงภายหลังจากการถูกสัมผัสกับแสงด้วย โดยน้ำนมที่ใช้ทดสอบนี้ได้จากโคนมที่ถูกเลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลา ในขณะที่ Lacasse, Kennelly, Delbecchi and Ahnadi (2002) รายงานว่า ผู้ทดสอบชิมสามารถรับรู้ถึงคุณลักษณะที่แย่ลงของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ และน้ำนมโฮโมจิไนซ์ที่ได้จากโคนมซึ่งถูกเลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาร้อยละ 3.0 และ ร้อยละ 3.7 อย่างไรก็ตาม การเสริมน้ำมันปลาในสูตรอาหารโคนมในการศึกษานี้อยู่ในระดับการเสริมที่สูงมาก เมื่อเทียบกับการทดลองอื่น

ส่วนการเติม CLA ทางการค้าที่ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์ทางเคมีลงในน้ำนมโดยตรงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ก่อนการให้ความร้อนด้วยกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์มีกลิ่นลักษณะคล้ายหญ้าสดหรือกลิ่นน้ำมันพืช (grassy or vegetable oil) (Compbel, Drake and Larick, 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ CLA ในน้ำนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นแบบ HTST และการศึกษาล่าสุดโดย Herzallah, Humeid and Allsmail (2005) พบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นแบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ และการต้มน้ำนมให้เดือดไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การให้ความร้อนแบบ UHT

และการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟให้ผลการทดลองตรงข้าม คือ มีผลทำให้ปริมาณ CLA ในน้ำนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 กระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (Pastuerization: HTST)

3.1.1 น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

1) การเตรียมน้ำนมสำหรับผลิตน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

ปรับองค์ประกอบไขมันนมของน้ำนมแต่ละตัวอย่างทดลองให้เท่ากัน โดยนำน้ำนมดิบสำหรับใช้ในการทดลองมาผ่านกระบวนการแยกครีม หาปริมาณไขมันนมในส่วนหางนมและในครีมที่แยกได้ แบ่งน้ำหางนมเป็น 3 ส่วน แล้วนำหางนมแต่ละส่วนผสมกับครีม และ CLA ทางการค้า (CLA ฟีกเกอร์ 1000, บ. เอฟ. ซี. พี. จำกัด, ประเทศไทย) ให้มีองค์ประกอบไขมันรวมเท่ากับร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ผสมหางนมและครีมให้มีไขมันนมร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก เป็นตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่างที่ 2 ผสมหางนม ครีม และ CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 ของไขมันนม (ปริมาณไขมันในน้ำนมสุดท้ายร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก)

ตัวอย่างที่ 3 ผสมหางนม ครีม และ CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 4 ของไขมันนม (ปริมาณไขมันในน้ำนมสุดท้ายร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก)

2) การให้ความร้อนฆ่าเชื้อน้ำนมที่เติม CLA

นำน้ำนมโคที่ผ่านการเตรียมแต่ละตัวอย่างทดลอง (Control, 2% CLA และ 4% CLA) มาผ่านการให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST unit, type: T4, APV-Baker AS, Denmark) ที่สภาวะ 80 องศาเซลเซียส เวลา 16 วินาที จากนั้นโฮโมจิไนส์ไขมันในน้ำนมที่ 1,500 Psi (Homogenization unit, Rannie, Copenhagen, Denmark) และทำให้อุณหภูมิน้ำนมเย็นลงอย่างรวดเร็วที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส บรรจุในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อและปิดผนึก เก็บผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส รอการวิเคราะห์ปริมาณ CLA และทดสอบคุณภาพต่อไป

3.1.2 น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เพิ่ม CLAในน้ำนมดิบโดยผ่านอาหารโคนม

น้ำนมดิบสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้จากฝูงโคนมในฟาร์มของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มีการเพิ่ม CLA โดยผ่านอาหารโคนมที่ประกอบน้ำมันพืช ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 น้ำนมดิบจากโคนมที่ลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Control)

ตัวอย่างที่ 2 น้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil)

ตัวอย่างที่ 3 น้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Sun flower seed oil)

นำน้ำนมโคดังกล่าวข้างต้น (Control, Soy bean oil และ Sun flower seed oil) มาผ่านการให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST unit, type: S8-FS, SONDEX A/S DK-6000, KOLDING, DENMARK) ที่สภาวะ 80 องศาเซลเซียส เวลา 16 วินาที จากนั้นโฮโมจิไนส์ไขมันในน้ำนมที่ 1,500 Psi (Homogenization unit, Model: M3-3TPS 264, GAULIN APV, Massachusetts, USA) และทำให้อุณหภูมิน้ำนมเย็นลงอย่างรวดเร็วที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส บรรจุในขวดพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อและปิดผนึก เก็บผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส รอการวิเคราะห์ปริมาณ CLA และทดสอบคุณภาพต่อไป

3.2 กระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงยิ่ง (UHT)

3.2.1 ผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA

ปรับองค์ประกอบไขมันนมของน้ำนมแต่ละตัวอย่างทดลองให้เท่ากัน โดยเตรียมเช่นเดียว กับการเตรียมน้ำนมสำหรับผลิตน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ในข้อ 3.1.1 ก่อนนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนฆ่าเชื้อต่อไป

ตัวอย่างที่ 1 ผสมหางนมและครีมให้มีไขมันนมร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก เป็นตัวอย่างควบคุม

ตัวอย่างที่ 2 ผสมหางนม ครีม และ CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 ของไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก)

ตัวอย่างที่ 3 ผสมหางนม ครีม และ CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 4 ของไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 3.5 โดยน้ำหนัก)

นำน้ำนมโคที่ผ่านการเตรียมแต่ละตัวอย่างทดลอง มาผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นเพื่อทำลายเอนไซม์และลดจำนวนจุลินทรีย์ (Thermization) ด้วยระบบฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST unit, type: T4, APV-Baker AS, Denmark) ที่สภาวะ 65 องศาเซลเซียส เวลา 16 วินาที จากนั้นโฮโมจิไนส์ไขมันในน้ำนมที่ 1,500 Psi (Homogenization unit, Rannie, Copenhagen, Denmark) และทำให้อุณหภูมิน้ำนมเย็นลงอย่างรวดเร็วที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และนำน้ำนมที่ได้ไปผ่านกระบวนการ UHT (armfield UHT PROCESSING UNIT, เยอรมันตะวันตก) ที่สภาวะดังนี้

Temperature	150°C
Process time	3 sec
Holding time	<5 sec
Evaporation pressure	600 bar

บรรจุในขวดปลอดเชื้อและปิดผนึก เก็บผลิตภัณฑ์นมที่ได้รอการวิเคราะห์ปริมาณ CLA และทดสอบคุณภาพต่อไป

3.2.2 ผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เพิ่ม CLAในน้ำนมดิบโดยผ่านอาหารโคนม

น้ำนมดิบสำหรับการศึกษาวิจัยนี้ได้จากฝูงโคนมในฟาร์มของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่มีการเพิ่ม CLA โดยผ่านอาหารโคนมที่ประกอบน้ำมันพืช ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 น้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Control)

ตัวอย่างที่ 2 น้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil)

ตัวอย่างที่ 3 น้ำนมดิบจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Sun flower seed oil)

นำน้ำนมโคดังกล่าวข้างต้น (Control, Soy bean oil และ Sun flower seed oil) มาผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นเพื่อทำลายเอนไซม์ และลดจำนวนจุลินทรีย์ (Thermization) ด้วยระบบฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST unit, type: S8-FS, SONDEX A/S DK-6000, KOLDING, DENMARK) ที่สภาวะเดียวกับที่ระบุในข้อ 3.2.1 และน้ำนมที่ได้ไปผ่านกระบวนการ UHT (armfield UHT PROCESSING UNIT, เยอรมันตะวันตก) ที่สภาวะเดียวกับที่ระบุในข้อ 3.2.1

3.3 การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Block Design: CRBD) ในการวางแผนการทดลองเพื่อเสริมน้ำมันในอาหารเลี้ยงโคนม และการเติม CLA ทางการค้าในน้ำนมดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์และน้ำนม UHT

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของชนิดและปริมาณ CLA คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำนมที่ได้จากการเติม CLA ที่ระดับต่าง ๆ ก่อนและหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการทดลอง 2 และ 3 ซ้ำการทดลอง สำหรับการการทดลองเพื่อเสริมน้ำมันในอาหารเลี้ยงโคนม และการเติม CLA ทางการค้าในน้ำนมดิบ ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน ปริมาณ และชนิด CLA ในน้ำนม

3.4.1 การสกัดไขมัน (lipid extraction)

สกัดไขมันจากตัวอย่างน้ำนมตามวิธีของ Kelly et al. (1998) และ Hara and Radin (1978) โดยนำน้ำนมไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,400×g เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แยกส่วนที่เป็นแผ่นไขมันชั้นบน (fat cake) ออกมาสำหรับสกัดไขมัน โดยผสม fat cake กับตัวทำละลายอินทรีย์ผสมระหว่าง เฮกเซน (hexane) และไอโซโปรพานอล (isopropanol) (เฮกเซน : ไอโซโปรพานอล = 3:2 (v/v)) ในอัตราส่วน fat cake 1 กรัม ต่อตัวทำละลายอินทรีย์ผสม 18 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยการเขย่าอย่างแรงต่อเนื่องนาน 2 นาที จำนวน 2 ครั้ง เติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตเข้มข้นร้อยละ 6.7 โดยปริมาตร ในอัตราส่วน 12 มิลลิลิตร ต่อ fat cake 1 กรัม ปล่อยไว้ให้เกิดการแยกชั้นโดยสมบูรณ์ แยกเก็บสารละลายส่วนของเฮกเซนใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุผลึกของโซเดียมซัลเฟต 1.0 กรัม ปล่อยไว้ 30 นาที แยกส่วนของเหลวไประเหยเฮกเซนออกให้แห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน เก็บไขมันนมที่สกัดได้ในหลอดทดลองปิดสนิทภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับกระบวนการเตรียมขั้นต่อไป

3.4.2 การเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูป fatty acid methylesters (methylation) (Yu et al., 2003)

นำไขมันนมที่สกัดได้ไปเตรียมให้อยู่ในรูป fatty acid methyl esters (FAME) ด้วยวิธี Combined base – and acid catalyzed methylation method (Yu et al., 2003) เพื่อใช้สำหรับแยกวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส (Gas chromatography) และตรวจวัดด้วยเครื่อง Flame ionization detector (GC – FID) ใช้ heptadecanoic acid (C17:0) เป็นสารมาตรฐานภายใน และระบุ CLA โดยเปรียบเทียบกับ retention time ของ methylated CLA standard (Sigma Chemical Co. St. Louis, Mo., USA) ดังนี้ เติม heptadecanoic acid (Sigma Chemical Co. St. Louis, MO., USA) เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดทดลองที่บรรจุไขมันที่สกัดได้หลังการทดสอบความสามารถสร้าง CLA ของแบคทีเรียกรดแล็กติก เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในเมทานอลเข้มข้น 0.50 นอร์มาล ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร พ่นด้วยแก๊สไนโตรเจนป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น ปิดฝาให้สนิทและเขย่าให้สารผสมกัน ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที แล้วเติมสารมาตรฐานภายใน และสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตร ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอดการทดลอง พ่นด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาให้สนิทและเขย่าให้สารผสมกัน ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เพื่อเปลี่ยน fatty acid ไปเป็น free fatty acid methyl esters เติมเฮกเซนและน้ำ (1:1 v/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปปั่น

เหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,000×g, อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แยกสารละลายส่วนบน (fatty acid methyl esters in hexane) มากำจัดความชื้นที่เหลือด้วยผลึกโซเดียมซัลเฟต (anhydrous sodium sulfate)

3.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของกรดไขมัน CLA

นำสารละลาย fatty acid methyl esters ในเฮกเซนที่เตรียมได้มาวิเคราะห์หาปริมาณ CLA ด้วย เครื่อง Gas chromatography-FID detector (HP6890 gas chromatograph; Hewlett-Packard Co, Rolling Avondale, PA, USA) โดยใช้คอลัมน์ SP2560 (SP2560 cyanopropyl polyslicoxane capillary column, 100m×0.22 mm, 0.2 μm film thickness; Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA) ตามสภาวะดังนี้

Carrier: Helium, 18 cm/sec, 1.0 ml/min constant flow

Injection: Split (10:1), 1μl liquid injection, inlet 240°C

Oven: 70°C (4.00 min), to 175°C (27 min) at 13.0°C/min, to 215°C (31 min) at 4.0°C/min

Detector: FID 260°C

วิเคราะห์หาปริมาณ CLA ด้วยวิธีเติมสารมาตรฐานภายใน (internal standard addition) และระบุชนิดของ CLA isomer โดยเปรียบเทียบกับ retention time ของ methylated CLA standard ส่วนองค์ประกอบกรดไขมันนมทำการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบค่าจากสารมาตรฐาน Standard FAME mixture (Supelco™ 37 Component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., USA)

ชนิดของกรดไขมันที่ใช้เป็นมาตรฐาน (Standard FAME Mix) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบไขมันด้วย GC ประกอบด้วย

	Component	**Weight %**
1.	Butyric acid methyl ester (C4:0)	4
2.	Caproic acid methyl ester (C6:0)	4
3.	Caprylic acid methyl ester (C8:0)	4
4.	Capric acid methyl ester (C10:0)	4
5.	Undecanoic acid methyl ester (C11:0)	2
6.	Lauric acid methyl ester (C12:0)	4
7.	Tridecanoic acid methyl ester (C13:0)	2
8.	Myristic acid methyl ester (C14:0)	4

	Component	Weight %
9.	Myristoleic acid methyl ester (C14:1)	2
10.	Pentadecanoic acid methyl ester (C15:0)	2
11.	cis-10-Pentadecenoic acid methyl ester (C15:1)	2
12.	Palmitic acid methyl ester (C16:0)	6
13.	Palmitoleic acid methyl ester (C16:1)	2
14.	Heptadecanoic acid methyl ester (C17:0)	2
15.	cis-10-Heptadecenoic acid methyl ester (C17:1)	2
16.	Stearic acid methyl ester (C18:0)	4
17.	Elaidic acid methyl ester (C18:1n6t)	2
18.	Oleic acid methyl ester (C18:1n9c)	4
19.	Linolelaidic acid methyl ester (C18:2n6t)	2
20.	Linoleic acid methyl ester (C18:2n6c)	2
21.	Arachidic acid methyl ester (C20:0)	4
22.	γ-Linolenic acid acid methyl ester (C18:3n6)	2
23.	cis-11-Eicosenic acid methyl ester (C20:1)	2
24.	Linolenic acid methyl ester (C18:3n3)	2
25.	Heneicosanoic acid methyl ester (C21:0)	2
26.	cis-11, 14-Eicosadieanoic acid methyl ester (C20:2)	2
27.	Behenic acid methyl ester (C22:0)	4
28.	cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic acid methyl ester (C20:3n6)	2
29.	Eruic acid methyl ester (C22:1n9)	2
30.	cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic acid methyl ester (C20:3n3)	2
31.	Arachidonic acid methyl ester (C20:4n6)	2
32.	Tricosanoic acid methyl ester (C23:0)	2
33.	cis-13, 16-Docosadienoic acid methyl ester (C22:2)	2
34.	Lignoceric acid methyl ester (C24:0)	4
35.	cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic acid methyl ester (C20:5n3)	2
36.	Nervonic acid methyl ester (C24:1)	2
37.	cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic acid methyl ester (C22:6n3)	2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตรวจหาปริมาณไขมัน (Fat) โปรตีน (Protein) แล็กโตส (Lactose)ปริมาณธาตุน้ำนมทั้งหมด (Total solids) และปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน (Total solids not fat, SNF) ด้วยเครื่อง Milko Scan S50 (N. Foss Electric, HillerØd, Denmark) ตามวิธีที่ระบุใน AOAC (AOAC Official Method 972.16, 1997) โดยทำความสะอาดเครื่อง (Purge) ด้วยสารละลาย MilkoScan Flush-Solution เข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยปริมาตร และปรับมาตรฐานของเครื่อง (Calibration) ด้วยสารละลายเดียวกัน จากนั้นบรรจุตัวอย่างน้ำนมปริมาตร 50 มิลลิตร ในในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ปิดปากบีกเกอร์ด้วยแผ่นอลูมิเนียม อุ่นน้ำนมให้มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปตรวจวัดหาปริมาณธาตุน้ำนมด้วยเครื่อง Milko Scan S50 อ่านผลการตรวจวิเคราะห์จากจอแสดงผล

3.5.2 การตรวจวัดสี

การเปรียบเทียบค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำนม โดยใช้หลักการสะท้อนแสงด้วยเครื่องวัดสี CR-300 MINOLTA (Minolta camera Co.,Ltd., Osaka, Japan) รายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของฮันเตอร์ (Hunter Color System) เป็นค่า L a b แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) ก่อนทำการวัดหุ้มหัววัดด้วย Film wrap (บริษัท เอ็ม เอ็ม พีแพ็คเกจจิ้งกรุ๊พ จำกัด กรุงเทพฯ) โดยไม่ให้เกิดรอยย่นที่แผ่นฟิล์ม และทำการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration) หัววัดที่หุ้มด้วยฟิล์มกับแผ่นเทียบสีก่อนทำการวัดครั้งแรก โดยบรรจุน้ำนมปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการวัดสีของน้ำนมโดยจุ่มหัววัดที่หุ้มด้วยฟิล์มลงไปในน้ำนมที่ระดับความลึก 1 เซนติเมตร

อ่านค่าสีและรายงานผลในหน่วยของสีตามระบบสีของฮันเตอร์เป็นค่าตัวเลข 3 ค่า คือ L, a, b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ 50 คือสีเทา ถึงค่า 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง ที่อยู่ในตัวอย่าง โดยค่า a+ แสดงถึงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงความเป็นสีเหลือง และค่า b- แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5.3 การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส (Sensory test)

ทำการทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำนม ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Campbell et al. (2003) ดังนี้

ก. การทดสอบเพื่อบอกระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี Quality scoring

ทำการฝึกและคัดเลือกผู้ประเมินคุณภาพ (Panelist Training and Screening) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการจำนวน 20 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นผู้ที่มีประสบการณ์การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาก่อน และทำการฝึก 3 ครั้ง ในระหว่างการประชุมการฝึกผู้ประเมินเป็นการฝึกเพื่อหาคุณลักษณะ (attributes) ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นมันเนยและความเลี่ยนมัน กำหนดคุณลักษณะกลิ่น และกลิ่นรสต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรส์และน้ำนม UHT พอสังเขป คือ ลักษณะปรากฏด้านสี (color) กลิ่น (Grassy, vegetable oil) กลิ่นรส (Milk fat/creamy) จากนั้นฝึกให้ผู้ประเมินคุ้นเคยกับคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส และคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่ได้จากการฝึกครั้งที่ 1 และจาก Campbell et al. (2003) ซึ่งจะใช้ CLA ทางการค้า (ที่ใช้เติมในน้ำนม) และครีมเข้มข้น เป็นตัวแทนที่ให้คุณลักษณะระดับสูง (extreme properties) ของกลิ่น Grassy, vegetable oilและกลิ่นรส (Milk fat/creamy) ในการทดสอบผู้ประเมิน และบรรยายลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างตัวอย่างรวมถึงความหมาย และคำจำกัดความของคุณลักษณะให้ผู้ทดสอบเข้าใจตรงกัน ดังภาคผนวก ข

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำนม โดยวิธี Quality scoring มีระดับคะแนนที่กำหนด 1-7 คะแนน (แผ่นคะแนนในภาคผนวก ข) ผู้ทำการประเมินจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมซึ่งติดรหัสเป็นตัวเลข 3 หลัก คนละ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติกปิดฝา ขนาด 100 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส ก่อนการเสิร์ฟ

ข. การทดสอบเพื่อบอกความแตกต่างระหว่างน้ำนมที่เติมและไม่เติม CLA ด้วยวิธี Triangle test (แผ่นคะแนนในภาคผนวก ข) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการจำนวน 20 คน ซึ่งทั้งหมดเป็นผู้ที่มีประสบการณ์การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาก่อน ผู้ทำการประเมินจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมซึ่งติดรหัสเป็นตัวเลข 3 หลัก คนละ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติกปิดฝา ขนาด 100 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส ก่อนการเสิร์ฟ และผู้ประเมินจะชิมตัวอย่างที่จัดให้จากซ้ายไปขวา โดยจะมีสองตัวอย่างที่เหมือนกันและอีกหนึ่งตัวอย่างจะแตกต่างออกไป

ค. การทดสอบเพื่อประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป ด้วยวิธี Hedonic face (แผ่นคะแนนในภาคผนวก ข) ใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน สำหรับผู้ทดสอบชิมทั่วไปกลุ่มนี้เลือกจากนักศึกษาชายและหญิงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีอายุช่วง 17 – 24 ปี ซึ่งเป็นตัวแทนกลุ่มประชากรที่บริโภคอาหารนม ในการประเมินความชอบที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้ทำการประเมินจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำนมซึ่งติดรหัสเป็นตัวเลข 3 หลัก คนละ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างบรรจุอยู่ในถ้วยพลาสติกปิดฝา ขนาด 100 มิลลิลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 4-8 องศาเซลเซียส ก่อนการเสิร์ฟ และผู้ประเมินจะชิมตัวอย่างที่จัดให้จากซ้ายไปขวา และเลือกรูปใบหน้าตรงกับความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์

3.5.4 การทดสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา

ชักตัวอย่างน้ำนม จำนวน 2 ขวด ต่อตัวอย่าง เขย่าขวดบรรจุตัวอย่าง สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมจากทั้ง 2 ขวด ให้ได้ปริมาตรรวม 50 กรัม นำตัวอย่างน้ำนมที่เตรียมได้มาผสมให้เข้ากันกับสารละลาย Butterfield's buffered phosphate diluent ปลอดเชื้อ ปริมาตร 450 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่ผสมกันดีแล้วไปตรวจหาจุลินทรีย์ และวิเคราะห์ผลที่ได้

ก. การตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable plate count)

นำตัวอย่างน้ำนมที่เตรียมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา มาเจือจางแบบ Serial dilution ด้วย Butterfield's buffered phosphate diluent เพื่อตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Standard plate count และใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate (3M Petrifilm™ AC) โดยไปเปตตัวอย่างที่เจือจางระดับที่ต้องการปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นอาหารสำเร็จรูป ใช้แผ่นสำหรับกด (Spreader) ครอบบริเวณหยดตัวอย่าง กดเบาๆ จนเห็นตัวอย่างกระจายทั่วบริเวณเป็นวงกลม ทำการทดลองสองซ้ำ บ่มให้จุลินทรีย์เจริญที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ในสภาพมีออกซิเจน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายใน 48 ชั่วโมง (AOAC Official Method 986.33, 1997) บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยและค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)

ข. การตรวจหาจำนวนอีโคไลและโคลิฟอร์ม (*E. coli*/Coliform)

นำตัวอย่างน้ำนมที่เตรียมสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา มาเจือจางแบบ Serial dilution ด้วย Butterfield's buffered phosphate diluent เพื่อตรวจหาจำนวนอีโคไลและโคลิฟอร์ม โดยใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count (3M Petrifilm™ EC) โดยไปเปตตัวอย่างที่เจือจางระดับที่ต้องการปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบน

แผ่นอาหารสำเร็จรูป ใช้แผ่นสำหรับกด (spreader) กรอบบริเวณหยดตัวอย่าง กดเบา ๆ จนเห็นตัวอย่างกระจายทั่วบริเวณเป็นวงกลม ทำการทดลองสองซ้ำ นำแผ่นฟิล์มไปบ่มให้จุลินทรีย์เจริญที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพมีออกซิเจน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของโคลิฟอร์มที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายใน 24 ชั่วโมง และจำนวนโคโลนีของอีโคไลที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายใน 48 ชั่วโมง (AOAC Official Method 991.04, 1997) บันทึกผล หาค่าเฉลี่ยและค่าจำนวนโคลิฟอร์มและอีโคไล (CFU/กรัม) ตามคู่มือการแปลผลสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 กระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (Pastuerization: HTST)

4.1.1 น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ทางการค้าในน้ำนมดิบ

ก. ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ไม่เติม (Control) และเติม CLA ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักไขมันนม (ตารางที่ 4.1) พบว่า น้ำนมที่เติม CLA ก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น มีปริมาณ CLA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยไอโซเมอร์ของ CLA ที่ตรวจพบในน้ำนม คือ cis-9, trans-11 และ trans-10,cis-12 โดยก่อนผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เซชั่นน้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักไขมัน มีปริมาณ CLA เท่ากับ 6.5550, 2.1850 และ 10.0100 มิลลิกรัมต่อกรัมไขมัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6.9050, 2.5650 และ 11.4000 มิลลิกรัมต่อกรัมไขมัน สำหรับไอโซเมอร์ cis-9,trans-11, trans-10,cis-12 และ ปริมาณ CLA ทั้งหมด ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นม		ปริมาณ CLA (mg/g fat)		
		Cis-9,trans-11	Trans-10,cis-12	Total CLA
Control	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.7550^{a}	0.3100^{a}	5.07 ± 0.15^{a}
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.7400^{a}	0.3150^{a}	5.31 ± 0.45^{a}
	อายุเก็บ 7 วัน	4.5650^{a}	0.1450^{a}	4.71 ± 0.24^{a}
2% CLA	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	6.5550^{c}	2.1850^{c}	10.01 ± 0.6^{c}
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	6.9050^{b}	2.5650^{b}	11.40 ± 0.04^{b}
	อายุเก็บ 7 วัน	7.0650^{a}	2.7800^{a}	12.47 ± 0.11^{a}
4% CLA	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	8.6900^{a}	4.3950^{a}	16.50 ± 0.16^{a}
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	9.1300^{a}	3.7200^{a}	16.10 ± 2.88^{a}
	อายุเก็บ 7 วัน	8.7900^{a}	4.5600^{a}	17.48 ± 0.55^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมไว้ที่อุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณ CLA ในน้ำนมยังคงมีค่าสูง ไม่เกิดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA ในน้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักไขมัน ภายหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น และหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่า มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับน้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักไขมัน ส่วนน้ำนมตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA (Control) พบว่าปริมาณ CLA ก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ใน CLA ทางการค้าที่เติมในน้ำนมอาจมีบางไอโซเมอร์ของกรดไขมันลิโนเลอิกหรือลิโนเลนิกที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างและเกิดเป็นโครงสร้างของ CLA ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิให้ความร้อนฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรเซชั่น ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ทางการค้านี้จะเห็นได้ว่าพบการเปลี่ยนแปลงของ CLA ในทางเพิ่มขึ้นทั้ง cis-9,trans-11 trans-10,cis-12 และ Total CLA ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin et al. (1999) ที่พบว่าความร้อนในการทำเนยแข็งจะทำให้ปริมาณ CLA ในเนยแข็งและเนยแข็งแปรรูป (processed cheese) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ Compbell et al. (2003) พบว่า cis-9,trans-11 และไอโซเมอร์อื่น ๆ ของ CLA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST) และปริมาณที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมดังกล่าวไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ ทั้งนี้เนื่องจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันลิโนเลอิกรูปอิสระเปลี่ยนเป็น CLA ส่วน Herzallah, Humeid and Allsmail (2005) พบว่า กระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นแบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ และการต้มน้ำนมให้เดือดไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA โดยเฉพาะไอเมอร์ cis-9,trans-11 ทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลงเกิดจากผลของปฏิกิริยา auto oxidation ซึ่งการเกิด lipid oxidation นี้มีผลต่อการเกิดและการสลายตัวของโครงสร้าง CLA

องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำนมที่เติม CLA ก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น แสดงในตารางที่ 4.2 ภายหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น พบว่าปริมาณกรดไขมันโซ่ยาว (long chain fatty acids) กลุ่ม C18 โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิกในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณที่พบในน้ำนมก่อนผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ส่วนกรดไขมันโซ่สั้น (short chain fatty acids) กลุ่ม C4-C12 มีปริมาณค่อนข้างคงที่ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

Fatty acid	ปริมาณกรดไขมัน (mg/g fat)*					
	Control		2% CLA		4 % CLA	
	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ
C4:0	25.59	26.20	26.13	27.26	20.73	21.53
C6:0	18.43	18.34	18.87	19.14	18.00	17.54
C8:0	10.66	10.62	10.84	10.96	10.75	10.52
C10:0	23.69	23.65	24.21	24.25	25.28	23.49
C11:0	2.93	2.91	2.96	2.97	3.05	2.88
C12:0	35.01	35.09	35.77	35.98	35.58	34.46
C13:0	0.98	0.98	1.98	2.04	1.35	1.90
C14:0	103.82	104.76	106.83	106.81	105.54	102.58
C14:1	9.45	9.54	9.56	9.69	9.58	9.38
C15:0	10.61	10.76	10.93	10.95	10.81	10.58
C16:0	287.51	290.42	297.52	295.19	293.08	282.92
C16:1	16.37	16.82	16.80	17.02	16.64	16.44
C17:0	96.50	88.14	104.00	105.21	110.71	100.07
C17:1	2.45	2.56	2.52	2.57	2.47	2.50
C18:0	70.00	73.90	73.76	75.47	71.76	72.54
C18:1n9t	4.90	2.62	12.30	10.24	6.30	9.54
C18:1n9c	158.09	168.10	165.08	172.60	162.53	165.18
C18:2n6t	1.60	1.62	1.70	1.78	1.65	1.64
C18:2n6c	11.30	14.62	12.16	16.23	12.62	12.15
C20:0	1.09	0.44	0.37	0.41	1.21	1.12
C18:3n3	1.08	1.45	1.14	1.20	1.20	1.14
C20:1	0.48	0.52	0.52	0.60	0.50	0.52
C22:0	0.76	0.52	0.79	0.83	0.81	0.80
C20:3n6	0.58	0.57	0.62	0.62	0.60	0.61
C20:4n6	0.99	1.04	1.04	1.03	1.00	0.98
C24:0	nd	0.32	0.24	0.29	nd	nd
C22:6n3	1.73	1.95	1.73	1.71	1.72	0.87
Saturated FA (%)	76.84	75.63	77.41	76.67	76.57	76.96
Monounsaturated FA (%)	21.43	22.03	20.60	20.91	21.40	21.09
Polyunsaturated FA (%)	1.74	2.24	1.99	2.41	2.03	1.96
Total CLA (mg/g fat)	5.07	5.31	10.01	11.40	16.50	16.09

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์จาก 3 ซ้ำการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ไขมันนม โปรตีน แล็กโตส และปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน พบว่า น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLAทั้งที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม และน้ำนมที่ไม่เติม CLA (Control) มีปริมาณไขมันนม และโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 3.50 ถึง 3.51 โดยน้ำหนัก และโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 3.01 ถึง 3.03 โดยน้ำหนัก ปริมาณแล็กโตสในน้ำนมที่ไม่เติม CLA และน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ร้อยละ 4.19 และ 4.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ) และมีค่าน้อยกว่าน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนม (ร้อยละ 4.30 โดยน้ำหนัก) ในขณะที่ของแข็งไม่รวมไขมันในน้ำนม Control และน้ำนมที่เติม CLA ทั้ง 2 ระดับ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนม มีปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันสูงสุด (ร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก) และตัวอย่าง Control มีปริมาณต่ำสุด คือ ร้อยละ 8.04 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบธาตุน้ำนม ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	องค์ประกอบธาตุน้ำนม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	Protein	Lactose	SNF
Control	3.51 ± 0.02^{a}	3.01 ± 0.03^{a}	4.19 ± 0.01^{b}	8.04 ± 0.06^{b}
2 % CLA	3.51 ± 0.01^{a}	3.03 ± 0.00^{a}	4.30 ± 0.01^{a}	8.25 ± 0.00^{a}
4 % CLA	3.50 ± 0.01^{a}	3.01 ± 0.03^{a}	4.20 ± 0.02^{b}	8.09 ± 0.03^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

จากข้อมูลองค์ประกอบธาตุน้ำนมในตารางที่ 4.3 พบว่าผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ในการทดลองนี้มีคุณภาพทางเคมีตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ซึ่งระบุว่าน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ต้องมีโปรตีนนมร้อยละ 2.8 โดยน้ำหนัก มีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก และมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก

ค. การวิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

วิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนมเทียบกับค่าสีของน้ำนมที่ไม่เติม CLA พบว่า น้ำนมที่เติม CLA ทั้ง 2 ระดับ มีค่าความสว่าง

(L = 94.85) และค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง (a = -3.17 และ -3.21 สำหรับน้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักของไขมัน ตามลำดับ) มากกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ส่วนค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง (b) พบว่า น้ำนมที่เติม CLA ระดับสูง (ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม) มีค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองต่ำสุด ในขณะที่น้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมัน มีค่าการวิเคราะห์ดังกล่าวมากกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย

ตารางที่ 4.4 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	ค่าการวิเคราะห์สี (Hunter L a b)*		
	L	a	b
Control	94.52 ± 0.06[b]	-3.25 ± 0.01[b]	6.07 ± 0.02[ab]
2 % CLA	94.85 ± 0.12[a]	-3.17 ± 0.01[a]	6.13 ± 0.02[a]
4 % CLA	94.85 ± 0.11[a]	-3.21 ± 0.04[ab]	6.03 ± 0.07[b]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

*L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่า a+ แสดงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงความเป็นสีเหลือง ค่า b- แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าน้ำนมที่เติม CLA มีความสว่างและค่อนข้างมีสีครีมมากกว่าส่วนน้ำนมที่ไม่เติม CLA พบว่ามีแนวโน้มแสดงค่าความเป็นสีเขียวมากกว่าน้ำนมที่เติม CLA ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Compbell et al. (2003) ที่พบว่า ตัวอย่างน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA มีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นเป็นลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับความเข้มข้นของ CLA ที่เติมทดแทนไขมันนมในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีค่าความเป็นสีแดง (+a) และสีเหลือง (+b) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้นข้นของ CLA ในน้ำนมเพิ่มขึ้น

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

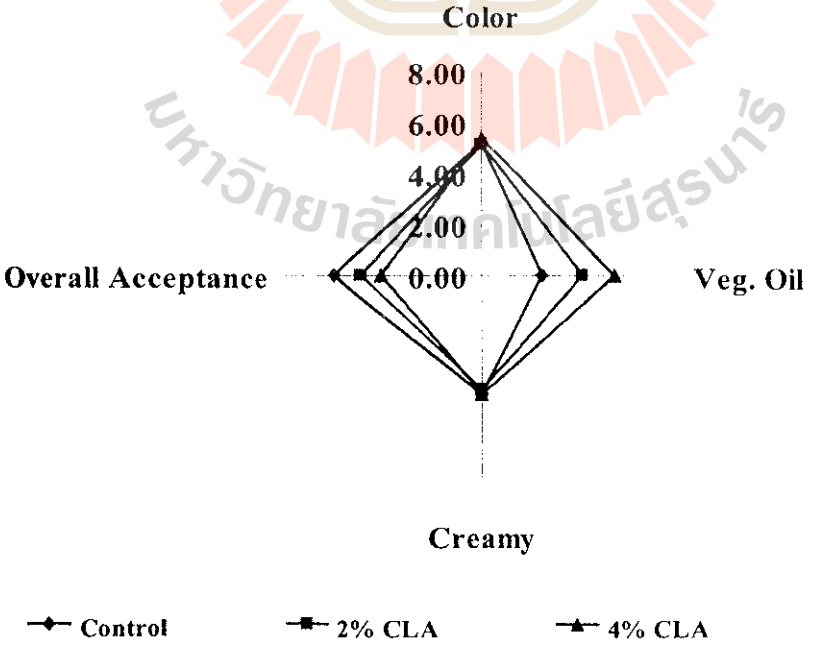
ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA เพื่อประเมินระดับความเข้มข้นของคุณลักษณะด้านสี กลิ่น และการยอมรับโดยรวมด้วยวิธี Quality scoring พบว่าผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ทั้งที่เติมและไม่เติม CLA มีคะแนนคุณภาพลักษณะปรากฏด้านสีและความเลี่ยนมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนคุณภาพอยู่ในช่วง 5.15 ถึง 5.45 และ 4.50 ถึง 4.70 สำหรับลักษณะปรากฏด้านสีและความเลี่ยนมัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) แต่คะแนนของกลิ่นรส

แปลกปลอมและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม มีคะแนนของกลิ่นรสแปลกปลอมสูงสุด (5.45) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีคะแนนกลิ่นรสแปลกปลอมต่ำสุด (2.45) สำหรับการยอมรับโดยรวมที่ผู้ทดสอบชิมมีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีคะแนนสูงสุด คือ 5.55 ตัวอย่างที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมรองลงมา คือ น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนม (4.50) โดยมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA ส่วนน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม พบว่ามีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	คะแนนคุณภาพ			
	สี	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความเลี่ยนมัน	การยอมรับโดยรวม
Control	5.20 ± 1.14^{a}	2.45 ± 1.23^{c}	4.70 ± 1.26^{a}	5.55 ± 1.00^{a}
2 % CLA	5.15 ± 1.04^{a}	4.15 ± 1.60^{b}	4.50 ± 1.15^{a}	4.50 ± 1.43^{b}
4 % CLA	5.45 ± 0.99^{a}	5.45 ± 1.39^{a}	4.70 ± 1.34^{a}	3.75 ± 1.74^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS



ภาพที่ 4.1 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการยอมรับทั่วไปจากผู้ทดสอบชิมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA ส่วนการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม เนื่องจากผู้ทดสอบชิมได้กลิ่นที่มีลักษณะคล้ายกลิ่นน้ำมันพืชในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้คะแนนการยอมรับทั่วไปต่ำกว่าตัวอย่างอื่น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Compbell et al. (2003) ที่พบว่า น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนัก มีคะแนนกลิ่นรสแปลกปลอมของหญ้าและกลิ่นน้ำมันพืชมากกว่าตัวอย่างน้ำนมที่ไม่เติม CLA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์นมที่เติม CLA ด้วยช็อกโกแล็ตทำให้ผู้ทดสอบชิม และผู้บริโภคทั่วไปยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น และไม่พบกลิ่นแปลกปลอมของหญ้าหรือน้ำมันพืช

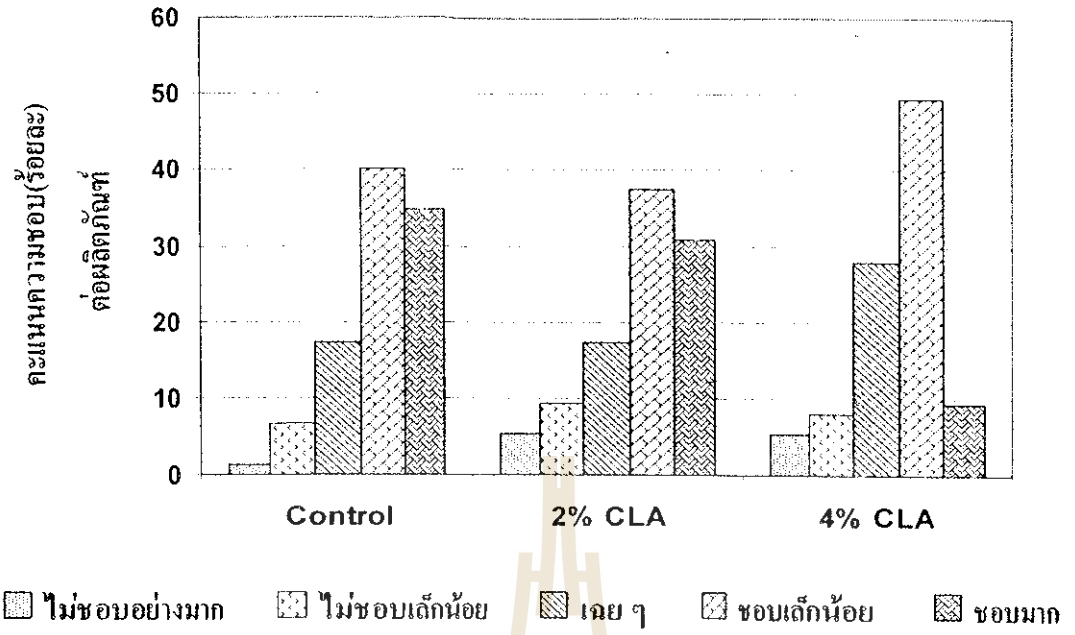
สำหรับการประเมินความแตกต่างระหว่างน้ำนมที่เติมและไม่เติม CLA ด้วยวิธี Triangle test พบว่า การเติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2.0 และ 4.0 โดยน้ำหนักของไขมันในน้ำนม ให้ค่าการทดสอบ Triangle test ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวอย่างควบคุม อย่างไรก็ตามมากกว่าร้อยละ 58 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างน้ำนมที่เติม CLA ร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของไขมัน และร้อยละ 29 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างน้ำนมที่เติม CLA ร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนักของไขมันนม

ตารางที่ 4.6 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไปมีต่อผลิตภัณฑ์

ระดับความชอบ	คะแนน ความชอบ*		
	Control	2% CLA	4% CLA
ไม่ชอบอย่างมาก	1.33	5.33	5.33
ไม่ชอบเล็กน้อย	6.67	9.33	8.00
เฉยๆ	17.33	17.33	28.00
ชอบเล็กน้อย	40.00	37.33	49.33
ชอบมาก	34.67	30.67	9.33

หมายเหตุ : *คะแนนความชอบ (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน

สำหรับการทดสอบเพื่อประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป ด้วยวิธี Hedonic face คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไปมีต่อผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2 พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่ชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์นมที่เติม CLA โดยมากกว่าร้อยละ 68 และ 58 สำหรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 4.2 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน

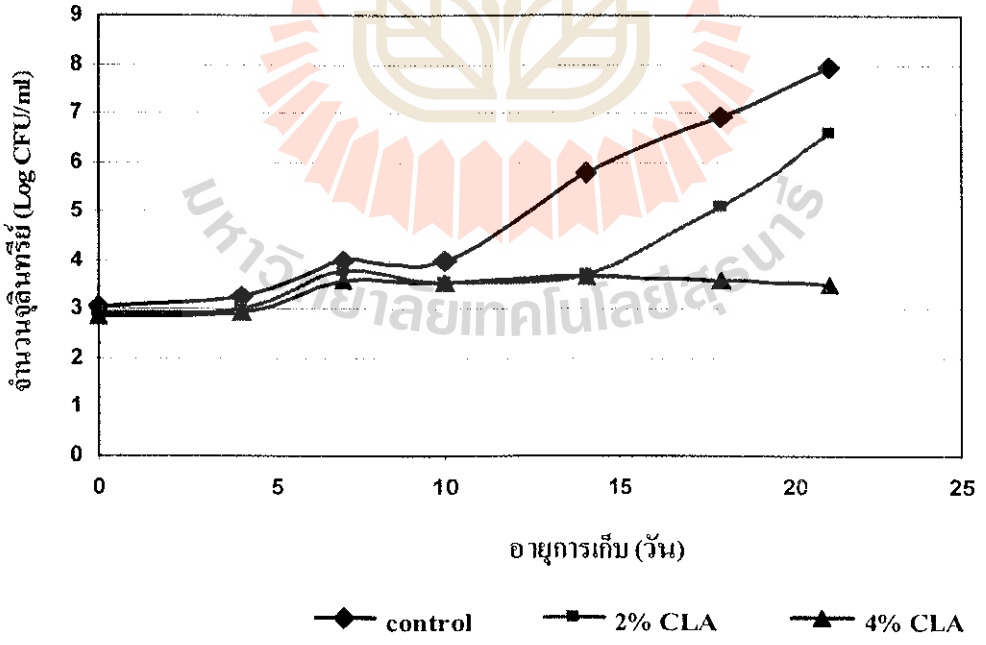
จ. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ตรวจนับโดยใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate แสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจนับได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA

อายุเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)		
	Control	2% CLA	4% CLA
0	6.85×10^2	4.50×10^2	4.35×10^2
1	1.15×10^3	8.30×10^2	7.40×10^2
4	1.73×10^3	1.00×10^3	8.00×10^2
7	1.00×10^4	3.40×10^3	3.45×10^3
10	5.00×10^4	5.70×10^3	4.00×10^3
14	6.00×10^5	5.00×10^3	4.60×10^3
21	69.00×10^7	4.00×10^6	3.50×10^3

จากตารางที่ 4.7 และ รูปที่ 4.3 พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนมหลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นมีค่าต่ำเหมือนกันทั้ง 3 ตัวอย่าง แต่ที่ระยะการเก็บเพิ่มขึ้นพบว่าน้ำนมตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บจนกระทั่งมีจำนวนเกินมาตรฐานกำหนดที่อายุการเก็บ 10 วัน ซึ่งมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2522) ที่ระบุว่านมสดที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ ต้องมีแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 50,000 ในน้ำนม 1 มิลลิลิตร ในขณะที่จุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนมที่เติม CLA มีจำนวนเพิ่มขึ้นน้อยมากและมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดถึงวันที่ 21 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส สำหรับตัวอย่างน้ำนมที่เติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 และ 2 โดยน้ำหนักไขมันนม ตามลำดับ แสดงว่าการเติม CLA ในน้ำนมสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์นมและช่วยชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์นมเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lin et al. (1999b) ที่พบว่า เมื่อเลี้ยงแบคทีเรียกรดแล็กติกในอาหาร skim milk medium ที่มีการเติมกรดไขมันลิโนเลอิกระดับความเข้มข้นสูง 1000 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แสดงผลในการยับยั้งกิจกรรมการเจริญของเซลล์ และ Kim and Liu (2002) พบว่ากิจกรรมการเจริญของแบคทีเรียกรดแล็กติกในอาหารเหลว MRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการเติมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในอาหารเหลว นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากรดไขมันโซ่ยาวในกลุ่มที่ประกอบด้วยคาร์บอน 16-18 อะตอม แสดงสมบัติในการยับยั้งกิจกรรมการเจริญของเซลล์แบคทีเรีย (Isaace and Lampe อ้างถึงใน Naidu, 2000)



ภาพที่ 4.3 จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำนมหลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นและที่อายุการเก็บต่าง ๆ

ด้านการวิเคราะห์หาแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ซึ่งจุลินทรีย์ที่ศึกษานี้จัดได้ว่าเป็นดัชนีด้านความปลอดภัย และสุขอนามัยของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นมตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโคตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) จากการวิเคราะห์หาแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count พบว่า ไม่ปรากฏโคโลนีของแบคทีเรียดังกล่าวในน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง แสดงว่าตัวอย่างน้ำนมที่เติม CLA ภายหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรส์ในการทดลองนี้มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโคตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ด้านจุลชีววิทยาซึ่งระบุว่าน้ำนมไขมันเต็มที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ต้องแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 50,000 เซลล์ในตัวอย่างน้ำนม 1.0 มิลลิลิตร มีแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มไม่เกิน 100 เซลล์ในตัวอย่างน้ำนม 1.0 มิลลิลิตร รวมทั้งต้องไม่พบแบคทีเรียชนิดอีโคไลในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร

4.1.2 น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเพิ่ม CLA ในน้ำนมดิบโดยผ่านอาหารโคนมที่ประกอบด้วยน้ำมันพืช

ก. ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช

ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่ได้รับอาหารสูตรปกติ สูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นแตกต่างกันเล็กน้อย (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) แสดงในตารางที่ 4.8 ทั้งนี้ พบว่าปริมาณ cis-9,trans-11CLA ในน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนฆ่าเชื้อ ส่วน trans-10,cis-12 และ ปริมาณ CLA ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันและน้ำมันถั่วเหลือง ในขณะที่น้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติมีปริมาณ CLA ลดลงเล็กน้อย (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) ภายหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิให้ความร้อนฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรเซชั่นต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์นี้จะเห็นได้ว่า CLA ไอโซเมอร์ต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน โดย cis-9,trans-11 มีแนวโน้มลดลงภายหลังผ่านกระบวนการ HTST และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บไว้ในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Compbell et al. (2003) ที่พบว่า cis-9,trans-11 และไอโซเมอร์อื่นๆ ของ CLA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบความร้อนสูงเวลาสั้น (HTST) และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมดังกล่าวไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ ส่วน trans-10,cis-12 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทั้งหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ ซึ่ง Leung et al. (2000) กล่าวถึงการลดลงของ cis-9,trans-11

ตารางที่ 4.8 ปริมาณ CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช

ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์		ปริมาณ CLA (mg/g fat)		
		Cis-9,trans-11	Trans-10,cis-12	Total CLA
Control	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	3.1300[b]	ND	3.13 ± 0.06[b]
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	3.0750[b]	ND	3.08 ± 0.05[b]
	อายุเก็บ 7 วัน	3.2950[a]	ND	3.30 ± 0.01[a]
Soy bean oil	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.5000[a]	ND	4.50 ± 0.01[a]
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.3950[a]	0.3350[a]	5.39 ± 0.37[a]
	อายุเก็บ 7 วัน	4.4150[a]	0.1500[a]	5.11 ± 0.05[a]
Sun flower seed oil	ก่อนพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.3150[b]	ND	4.32 ± 0.10[a]
	หลังพาสเจอร์ไรเซชั่น	4.2100[b]	ND	4.46 ± 0.11[a]
	อายุเก็บ 7 วัน	4.5450[a]	ND	4.55 ± 0.75[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

เนื่องจากไอโซเมอร์นี้มีแนวโน้มเกิด auto oxidation ที่ตำแหน่งพันธะคู่มากกว่าไอโซเมอร์อื่น ทั้งนี้การเกิดออกซิเดชั่นของกรดไขมันมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA ทั้งการเกิดและการสลายตัวของโครงสร้าง CLA โดยในน้ำนม CLA เป็นสารที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนโครงสร้างกรดไขมันลิโนเลอิกไปเป็นกรดไขมันสเตียริกในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง และในกรณีของเนยแข็งกระบวนการผลิตทั้งอุณหภูมิ อากาศ การบ่ม และชนิดของเนยแข็งล้วนมีผลต่อปริมาณที่ต่างกัน CLA ในผลิตภัณฑ์ (Lin et al.,1999) ในขณะที่ Lin et al. (1998) กล่าวว่า การเก็บรักษาอาหารไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ CLA ในผลิตภัณฑ์จากน้ำนมทุกนิด รวมถึง Herzallah et al. (2005) พบว่า กระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นแบบดั้งเดิมที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ และการต้มน้ำนมให้เดือดไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนม ที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืชแสดงในตารางที่ 4.9 เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันในน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง พบว่าไขมันนมในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืชมีปริมาณ CLA มากกว่าและไขมันนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวันนี้ยังมีปริมาณกรดไขมันโซ่ยาวกลุ่ม C18 โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิกในสัดส่วนมากกว่าที่พบในไขมันนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Control) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำนมมีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบของอาหารที่โคนมได้รับ มีรายงานถึง

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

Fatty acid	ปริมาณกรดไขมัน (mg/g fat)*					
	Control		Sun flower seed oil		Soy bean oil	
	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ	ก่อนพาส ฯ	หลังพาส ฯ
C4:0	27.60	26.97	25.68	24.43	23.29	23.41
C6:0	16.79	16.65	14.73	13.63	12.52	12.35
C8:0	8.69	8.65	7.35	6.72	6.00	5.87
C10:0	17.34	17.40	14.96	13.47	11.73	11.32
C11:0	2.23	2.24	1.64	1.48	1.32	1.30
C12:0	51.33	51.48	47.04	43.91	43.26	42.60
C13:0	1.70	1.72	1.38	1.30	1.21	1.23
C14:0	103.40	104.12	99.92	93.39	89.41	87.38
C14:1	9.99	10.08	8.54	8.08	8.34	8.33
C15:0	6.63	6.72	6.22	5.81	5.77	5.70
C16:0	282.70	283.91	238.35	222.94	233.35	228.21
C16:1	16.41	16.56	12.91	11.91	13.36	13.29
C17:0	97.46	96.95	86.72	101.17	95.96	99.83
C17:1	1.69	1.72	1.57	1.45	1.49	1.50
C18:0	85.91	86.95	108.37	102.92	107.48	105.50
C18:1n9t	10.90	10.92	13.35	10.62	17.32	17.64
C18:1n9c	180.71	183.01	210.80	203.68	221.53	222.60
C18:2n6t	1.24	1.25	1.48	1.40	1.93	2.09
C18:2n6c	9.37	9.39	10.76	11.52	13.73	14.01
C20:0	1.46	0.89	1.59	1.52	0.93	0.90
C18:3n3	1.08	1.09	1.20	1.17	1.66	1.70
C20:1	0.37	0.38	0.40	0.39	0.50	0.50
C22:0	0.53	0.52	0.57	0.55	0.49	0.49
C20:3n6	0.69	0.67	0.72	0.66	0.73	0.69
C20:1n9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C20:4n6	1.16	1.19	0.89	0.84	0.97	0.94
C24:0	nd	nd	0.19	nd	nd	nd
Saturated FA (%)	75.08	74.90	71.37	71.56	69.20	68.85
Monounsaturated FA (%)	23.48	23.65	26.99	26.68	28.72	29.02
Polyunsaturated FA (%)	1.44	1.44	1.64	1.76	2.08	2.14
Total CLA (mg/g fat)	3.13	3.08	3.32	4.46	4.50	5.39

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์จาก 2 ซ้ำการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลขององค์ประกอบสารอาหารของโคนมต่อปริมาณ CLA และชนิดของกรดไขมันในน้ำนมโค เมื่อโคนมได้รับอาหารที่มีน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชต่างชนิดกันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันแตกต่างกัน จะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณ CLA ในน้ำนมที่แตกต่างกัน (Stanton et al., 2003) จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันพืชต่างชนิดกัน พบว่าน้ำมันพืชที่อุดมด้วยกรดไขมันลิโนเลอิก จะส่งเสริมการสร้าง CLA ในน้ำนมมากที่สุด (Collomb, Sieber, et al., 2004; Collomb, Sollberger, et al., 2004; Dhiman et al., 2000; Kelly, Berry et al., 1998; Stanton et al., 2003) อย่างไรก็ตาม Lock and Garnsworthy (2002) พบว่า การเลี้ยงโคนมด้วยอาหารที่มีกรดไขมันลิโนเลนิก สามารถเพิ่มปริมาณ CLA ในน้ำนมได้สูงเทียบเท่ากับในน้ำนมโคที่ได้รับกรดไขมันลิโนเลอิก

ข. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช

องค์ประธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืชในสูตรอาหารแม่โค พบว่า น้ำนมพาสเจอไรส์ที่ได้จากโคนมที่รับอาหารทั้ง 3 สูตร (Control, Sunflower seed oil และ Soy been oil) มีปริมาณไขมันนม โปรตีน และแล็กโตสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 4.10 โดยโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติให้น้ำนมที่มีปริมาณไขมันนมสูงสุด (ร้อยละ 3.92 โดยน้ำหนัก) น้ำนมจากโคนมที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองพบว่าเป็นน้ำนมที่มีปริมาณแล็กโตสสูงสุด (ร้อยละ 4.44 โดยน้ำหนัก) ส่วนโคนมที่เสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันพบว่าให้น้ำนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด (ร้อยละ 2.78 โดยน้ำหนัก) แต่มีปริมาณไขมันนมและแล็กโตสต่ำสุด ในขณะที่ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันของน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าเท่ากันทางสถิติ (ร้อยละ 7.89 8.00 และ 7.87 โดยน้ำหนัก สำหรับตัวอย่างน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร Control สูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง และสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบธาตุน้ำนม ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	องค์ประกอบธาตุน้ำนม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	**Protein**	**Lactose**	**SNF**
Control	3.92 ± 0.01^{a}	2.62 ± 0.01^{b}	4.33 ± 0.02^{b}	7.89 ± 0.03^{a}
Soy bean oil	3.44 ± 0.08^{b}	2.65 ± 0.05^{b}	4.44 ± 0.06^{a}	8.00 ± 0.11^{a}
Sun flower seed oil	3.50 ± 0.06^{c}	2.78 ± 0.00^{a}	4.16 ± 0.01^{c}	7.87 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

ทั้งนี้ตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ได้มีข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโคด้านเคมีของน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ต้องมี

โปรตีนนมร้อยละ 2.8 โดยน้ำหนัก มีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก และมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก

ค. การวิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช

การวิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชทั้ง 3 สูตร มีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำนมจากโคที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมปกติ (Control) มีค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลือง (b) สูงสุด (95.84 และ 5.90 ตามลำดับ) ในขณะที่น้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลือง (b) ต่ำสุด ส่วนน้ำนมที่จากโคนมเลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง มีค่าความเป็นสีแดงและเขียว (a) ต่ำสุด และพบว่าน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีค่าความเป็นสีแดงและเขียว (a) สูงเช่นเดียวกับน้ำนมตัวอย่าง Control จากค่าการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติมีค่าความสว่างของสีมากกว่า และยังพบว่าน้ำนมดังกล่าวมีสีครีมค่อนข้างเหลืองกว่าน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช

ตารางที่ 4.11 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	ค่าการวิเคราะห์สี (Hunter L a b)*		
	L	a	b
Control	95.84 ± 0.02[a]	-2.19 ± 0.06[a]	5.90 ± 0.03[a]
Soy bean oil	95.57 ± 0.14[b]	-3.09 ± 0.05[b]	5.35 ± 0.02[b]
Sun flower seed oil	94.33 ± 0.10[c]	-2.87 ± 0.02[a]	5.04 ± 0.04[c]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

*L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่า a+ แสดงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงความเป็นสีเหลือง ค่า b- แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

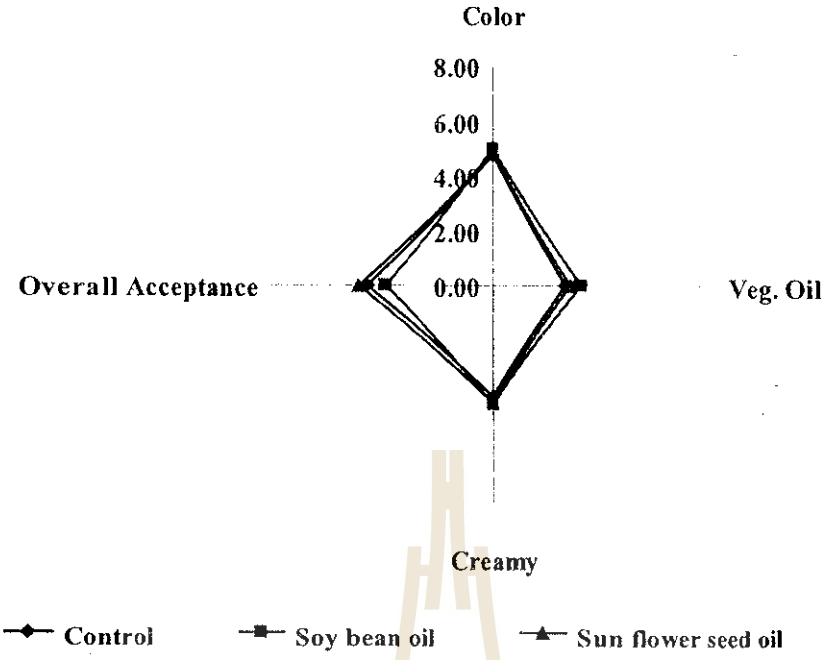
ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่ผ่านการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ และสูตรเสริมน้ำมันพืช 2 สูตร (Control, Sunflower seed oil และ Soy been oil) มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลักษณะปรากฏด้านสี กลิ่นแปลกปลอม ความเลี่ยนมัน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.12 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	คะแนนคุณภาพ			
	สี	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความเลี่ยนมัน	การยอมรับโดยรวม
Control	4.75 ± 0.85[a]	2.70 ± 1.69[a]	4.05 ± 1.43[a]	4.70 ± 1.45[a]
Soy bean oil	4.95 ± 0.69[a]	3.20 ± 1.77[a]	4.35 ± 1.35[a]	4.05 ± 1.54[a]
Sun flower seed oil	4.80 ± 0.83[a]	2.85 ± 1.69[a]	4.25 ± 1.16[a]	4.95 ± 1.28[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

จากตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าการเสริมน้ำมันพืชทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวันแก่โคนมส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นแปลกปลอม กลิ่นมันเนย และความเลี่ยนมัน และคะแนนการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมน้ำมันพืชดังกล่าวน้อยมาก ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อน้ำนมมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพิ่มมากขึ้นจะก่อให้เกิดความเสี่ยง และเพิ่มแนวโน้มการเกิดออกซิเดชั่นรวมถึงการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (off flavor) ขึ้นในผลิตภัณฑ์นม อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลิตภัณฑ์นมดัดแปลงไม่ได้บ่งชี้ว่ามีส่วนเกี่ยวข้องหลักในการเกิดออกซิเดชั่นและการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ นอกจากการมีปริมาณ CLA โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหลายเท่า เมื่อเทียบกับน้ำนมดั้งเดิม นอกจากนี้การเสริมอาหาร extruded soybean การเสริมน้ำมันปลา หรือการเสริม extruded soybean ร่วมกับน้ำมันปลา แก่โคนมไม่มีผลใด ๆ ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ และ Avramis, Wang, McBride, Wright and Hill (2003) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมที่แปรรูปมาจากน้ำนมโค ที่ผ่านการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่น จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และความคงตัวของกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่น เปรียบเทียบกับน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารปกติ (control) เช่นเดียวกับ Baer et al. (2001) ก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ ระหว่างน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลากับน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม ในขณะที่ Lacasse, Kennelly, Delbecchi and Ahnadi (2002) รายงานว่า ผู้ทดสอบชิมสามารถรับรู้ถึงคุณลักษณะที่แย่ลงของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ และน้ำนมโฮโมจิไนซ์ที่ได้จากโคนมซึ่งถูกเลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันปลาร้อยละ 3.0 และ ร้อยละ 3.7 อย่างไรก็ตามการเสริมน้ำมันปลาในสูตรอาหารโคนมในการศึกษานี้อยู่ในระดับการเสริมที่สูงมากเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น



ภาพที่ 4.4 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring

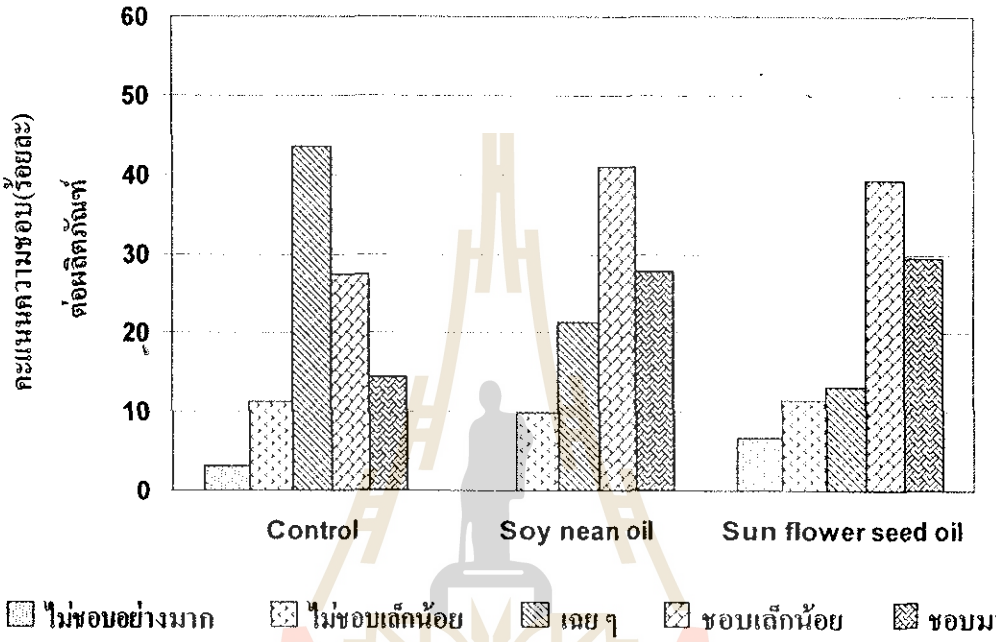
ตารางที่ 4.13 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไปมีต่อผลิตภัณฑ์

ระดับความชอบ	คะแนน ความชอบ*		
	Control	Soy bean oil	Sun flower seed oil
ไม่ชอบอย่างมาก	3.20	0.00	6.60
ไม่ชอบเล็กน้อย	11.30	9.80	11.50
เฉยๆ	43.50	21.30	13.10
ชอบเล็กน้อย	27.40	41.00	39.30
ชอบมาก	14.50	27.90	29.50

หมายเหตุ : *คะแนนความชอบ (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน

สำหรับการประเมินความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติและสูตรเสริมน้ำมันพืช ด้วยวิธี Triangle test น้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองให้ค่าการทดสอบไม่แตกต่างทางสถิติต่อตัวอย่างควบคุม และมากกว่าร้อยละ 62 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำนมดังกล่าว ส่วนน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้ค่าการทดสอบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวอย่างควบคุม สำหรับการทดสอบเพื่อประเมินการยอมรับ

ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป ด้วยวิธี Hedonic face คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบที่ผู้บริโภคทั่วไปมีต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติและสูตรเสริมน้ำมันพืชแสดงในตารางที่ 4.13 และ รูปที่ 4.5 พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่ชอบ และยอมรับผลิตภัณฑ์นมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช และมีคะแนนความชอบสูงกว่าน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ



ภาพที่ 4.5 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช (ร้อยละ) ที่ประเมินโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน

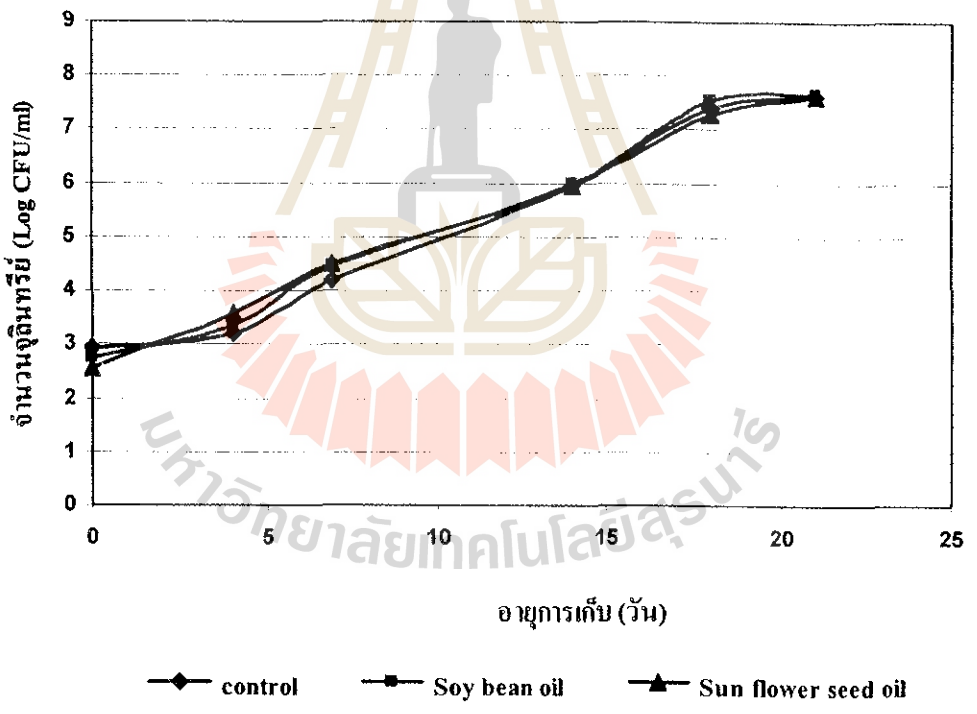
จ. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ตรวจนับโดยใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate แสดงในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.6

จุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันที่ 10 พบว่าทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 (พ.ศ. 2522) ที่ระบุว่านมสดที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ ต้องมีคุณภาพตามเกณฑ์ คือ มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะ มีลักษณะเหลวไม่เป็นก้อน ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้เกิดโรค ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตราย ตรวจไม่พบแบคทีเรียชนิดอีโคไลในอาหาร 0.1 มิลลิลิตร และต้องมีแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 50,000 ในน้ำนม 1 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.14 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจนับได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

อายุเก็บ (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)		
	Control	Soy bean oil	Sun flower seed oil
0	8.65×10^{2}	5.40×10^{2}	3.45×10^{2}
4	1.65×10^{3}	2.35×10^{3}	4.00×10^{3}
7	1.55×10^{4}	2.80×10^{4}	3.25×10^{4}
10	8.90×10^{5}	9.80×10^{5}	8.60×10^{5}
14	2.50×10^{5}	3.60×10^{7}	1.88×10^{7}
21	4.22×10^{7}	4.45×10^{7}	4.38×10^{7}



ภาพที่ 4.6 จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชหลังผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรเซชั่นและที่อายุการเก็บต่าง ๆ

จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นดัชนีคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร และจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์นมที่ตรวจวิเคราะห์ คือ Coliform bacteria (Coliforms) และ *Escherichia coli* ซึ่งจุลินทรีย์ที่ศึกษานี้จัดได้ว่าเป็นดัชนีด้านความปลอดภัย และสุขอนามัยของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นม ตามข้อกำหนดสุขลักษณะ

อาหารนมโคตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) โดยหลักการแล้วแบคทีเรียในกลุ่ม Coliforms มีทั้ง Total coliforms (ที่สำคัญคือแบคทีเรียในสกุล *Escherichia, Enterobacter, Klebsiella,* และ *Citrobacter*) และ Fecal coliforms (*Escherichia, Klebsiella, Citrobacter*) ซึ่ง 60 ถึง 90% ของ Total coliforms เป็น Fecal coliforms และราว 90% ของ Fecal coliforms เป็นสกุล *Escherichia* (โดยปกติคือ *E. coli*)

จากการตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียกลุ่ม Coliform และ *E. coli* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count ซึ่งเป็นระบบเพาะเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อไวโอเล็ตเรดไบล์ (VRB) เจลที่ละลายได้ด้วยน้ำเย็น สีย้อมเพื่อบ่งชี้ปฏิกิริยาจากเอนไซม์กลูคิวโรนิเดส และสีย้อมเพื่อช่วยในการนับจำนวนโคโลนี อีโคไลส่วนมากผลิตเอนไซม์กลูคิวโรนิเดสซึ่งทำให้เกิดตะกอนสีน้ำเงินที่โคโลนี แผ่นฟิล์มแผ่นบนดักฟองแก๊สที่ผลิตโดยโคลิฟอร์มและอีโคไลจากปฏิกิริยาการหมักแล็กโตส ร้อยละ 95 ของอีโคไลผลิตฟองแก๊สซึ่งบ่งชี้ได้จากโคโลนีสีน้ำเงินหรือน้ำเงินอมแดงที่มีฟองแก๊สอยู่ด้วย ซึ่งลักษณะการเจริญของแบคทีเรียในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/ Coliform Count ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีเหมือนโคโลนีของอีโคไลตามคู่มือการแปลผลในทุกตัวอย่างน้ำนม แต่พบโคโลนีของ Colifrom ในตัวอย่างน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยมีค่าตรวจนับเท่ากับ 4, 2 และ 1 โคโลนีต่อน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร โคลิฟอร์ม ตามคำจำกัดความของ AOAC International และ U.F. FDA Bacteriological Analytical Manual (BAM) ได้แก่ แบคทีเรียรูปแท่งแกรมลบซึ่งผลิตกรด และแก๊สจากปฏิกิริยาสันดาปของการหมักน้ำตาลแล็กโตส โคโลนีของโคลิฟอร์มที่เจริญอยู่ในแผ่น 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count ผลิตกรดซึ่งทำให้สีของเนื้อเจลเข้มขึ้น ฟองแก๊สที่อยู่รอบ ๆ โคโลนีแสดงผลยืนยันว่าเป็นโคโลนีของโคลิฟอร์ม ทั้งนี้ Coliforms เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่เป็นดัชนีในการบอกถึงการปนเปื้อนกับสิ่งปฏิกูลหรือบอกให้ทราบถึงลักษณะสุขาภิบาลของการผลิตอาหารนั้น ๆ ซึ่งหากตรวจพบในอาหารจะชี้ให้เห็นว่าอาจมีแบคทีเรียในลำไส้ หรือจุลินทรีย์อื่นที่เป็นพิษปนเปื้อนเข้าไปในอาหารได้ และตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ได้มีข้อกำหนดมาตรฐานด้านจุลชีววิทยาของน้ำนมไขมันเต็ม ที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ไว้ว่าต้องแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 50,000 เซลล์ในตัวอย่างน้ำนม 1.0 มิลลิลิตร มีแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มไม่เกิน 100 เซลล์ในตัวอย่างน้ำนม 1.0 มิลลิลิตร รวมทั้งต้องไม่พบแบคทีเรียชนิดอีโคไลในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร

4.2 กระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงยิ่ง (UHT)

4.2.1 ผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA ทางการค้าในน้ำนมดิบ

ก. ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHTที่เติม CLA

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ CLA ในน้ำนมที่ไม่เติม (Control) และเติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักไขมันภายหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนขั้นต้นและผ่านระบบ UHT เปรียบเทียบกับปริมาณ CLA ในน้ำนมก่อนผ่านกระบวนการให้ความร้อน แสดงในตารางที่ 4.15 ซึ่งพบว่าตัวอย่างน้ำนมที่ไม่เติม (Control) และเติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักไขมัน มีปริมาณ cis-9,trans-11 และ Total CLA ลดลงเล็กน้อย (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) ภายหลังผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นและมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในน้ำนมเริ่มต้นหลังผ่านการให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบ UHT ในขณะที่น้ำนมที่เติม CLA ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักไขมัน พบการมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ CLA เป็นลำดับ ทั้ง cis-9,trans-11, trans-10,cis-12 และ Total CLA ภายหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนขั้นต้นและผ่านระบบ UHT

ตารางที่ 4.15 ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA

ผลิตภัณฑ์นม UHT		ปริมาณ CLA (mg/g fat)		
		Cis-9,trans-11	Trans-10,cis-12	Total CLA
Control	ก่อนผ่านกระบวนการ	4.0750[a]	0.1700[a]	4.25 ± 0.01[a]
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	4.0500[a]	0.1500[a]	4.38 ± 0.16[a]
	หลังกระบวนการ UHT	4.1650[a]	0.1550[a]	4.62 ± 0.01[a]
2% CLA	ก่อนผ่านกระบวนการ	7.4000[b]	3.1300[c]	10.90 ± 0.01[c]
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	7.3900[c]	2.7000[b]	10.89 ± 1.05[b]
	หลังกระบวนการ UHT	7.4600[a]	2.1800[a]	11.04 ± 0.13[a]
4% CLA	ก่อนผ่านกระบวนการ	9.4450[a]	5.5300[a]	15.74 ± 0.11[a]
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	10.3100[a]	5.8900[a]	16.70 ± 0.17[a]
	หลังกระบวนการ UHT	10.8900[a]	6.3900[a]	16.81 ± 1.75[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

ด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ที่มีการเติม CLA มีรูปแบบการเปลี่ยนคล้ายที่ตรวจวิเคราะห์ได้ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA ดังแสดงในตารางที่ 4.16 ซึ่งพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันโซ่ยาว (long chain fatty acids) กลุ่ม C18 โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิกในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณที่ตรวจพบในน้ำนมก่อนผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ส่วนกรดไขมันโซ่สั้น (short chain fatty acids) กลุ่ม C4-C12 มีปริมาณค่อนข้างคงที่ทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนม UHT ที่มีการเติม CLA

Fatty acid	ปริมาณกรดไขมัน (mg/g fat)					
	Control		2% CLA		4 % CLA	
	ก่อน UHT	หลัง UHT	ก่อน UHT	หลัง UHT	ก่อน UHT	หลัง UHT
C4:0	29.07	27.57	29.35	28.33	28.96	28.05
C6:0	17.88	17.12	18.22	17.01	17.96	17.06
C8:0	9.33	9.03	9.50	9.15	9.46	8.90
C10:0	18.96	18.57	19.25	18.73	19.34	18.04
C11:0	2.10	2.07	2.14	2.08	2.15	2.01
C12:0	31.40	30.55	31.60	30.94	31.83	30.10
C13:0	1.00	0.68	0.69	1.00	0.72	0.66
C14:0	97.65	95.61	99.03	97.00	99.54	93.97
C14:1	7.23	7.18	7.39	7.28	7.47	7.02
C15:0	9.52	9.41	9.70	9.54	9.68	9.23
C16:0	295.17	287.19	300.30	292.04	301.70	283.17
C16:1	11.71	11.68	11.99	11.86	12.02	11.47
C17:0	86.97	78.94	91.40	96.08	98.03	101.70
C17:1	1.89	1.93	1.89	1.94	1.91	1.89
C18:0	114.01	114.66	115.68	115.00	115.38	112.47
C18:1n9t	21.44	12.74	21.89	12.94	21.87	12.60
C18:1n9c	166.35	170.09	169.81	172.00	172.16	169.20
C18:2n6t	0.99	1.03	0.87	1.07	1.07	1.02
C18:2n6c	13.04	13.42	13.27	13.51	14.51	15.11
C20:0	2.13	2.13	2.17	2.16	2.18	1.21
C18:3n3	1.64	1.69	1.66	1.68	1.68	1.65
C20:1	0.52	0.53	0.54	0.54	0.56	0.54
C22:0	0.59	0.79	0.81	0.80	0.81	0.78
C20:3n6	0.72	0.73	0.72	0.72	0.73	0.67
C20:1n9	0.43	0.43	0.44	0.44	0.44	0.44
C20:4n6	1.00	1.02	1.02	1.02	1.03	1.00
C24:0	0.62	0.67	0.67	0.62	0.67	0.65
Saturated FA (%)	75.94	75.75	75.94	76.20	75.94	76.08
Monounsaturated FA (%)	22.22	22.30	22.24	21.89	22.27	21.81
Polyunsaturated FA (%)	1.84	1.95	1.82	1.90	1.78	2.09
Total CLA (mg/g fat)	4.27	4.62	10.90	11.04	15.74	16.81

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์จาก 3 ซ้ำการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA

องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLAทั้งที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม และน้ำนมที่ไม่เติม CLA (Control) มีปริมาณไขมันนม และโปรตีนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.17) โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 3.50 ถึง 3.51 โดยน้ำหนัก และโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 3.21 ถึง 3.24 โดยน้ำหนัก ปริมาณแล็กโตสในน้ำนมที่ไม่เติม CLA และน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ร้อยละ 4.17 และ 4.18 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ) และมีค่าน้อยกว่าน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนม (ร้อยละ 4.21 โดยน้ำหนัก) ส่วนประกอบของแข็งไม่รวมไขมันในน้ำนม Control และน้ำนมที่เติม CLA ทั้ง 2 ระดับ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยน้ำนมเติม CLA ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนมมีปริมาณของแข็งไม่รวมไขมันสูงสุด (ร้อยละ 8.37 โดยน้ำหนัก) ส่วนตัวอย่าง Control มีปริมาณต่ำสุด คือ ร้อยละ 8.28 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.17 องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	องค์ประกอบธาตุน้ำนม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	**Protein**	**Lactose**	**SNF**
Control	3.49 ± 0.02^{a}	3.21 ± 0.02^{a}	4.17 ± 0.02^{b}	8.28 ± 0.02^{c}
2 % CLA	3.48 ± 0.02^{a}	3.24 ± 0.01^{a}	4.21 ± 0.01^{a}	8.37 ± 0.00^{a}
4 % CLA	3.51 ± 0.01^{a}	3.23 ± 0.01^{a}	4.18 ± 0.00^{b}	8.33 ± 0.00^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA ในการทดลองนี้มีคุณภาพทางเคมี ตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโคตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ด้านเคมีซึ่งระบุว่าน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบ UHT ต้องมีโปรตีนนมร้อยละ 2.8 โดยน้ำหนัก มีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก และมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก

ค. การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์นม UHTที่เติม CLA

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ UHT ที่เติม CLA ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม และน้ำนมที่ไม่เติม CLA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.18) โดยน้ำนมที่เติม CLA ระดับสูง มีค่าวิเคราะห์สูงสุดคือ 94.81 ส่วนน้ำนมที่เติม CLA ระดับต่ำ และที่ไม่เติม CLA มีค่าความสว่างเท่ากับ 94.56 และ 94.60 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าวิเคราะห์ที่บ่งบอกความเป็นสีแดงและเขียว และค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลืองของผลิตภัณฑ์นม UHT ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นสีแดงและเขียวอยู่ในช่วง -3.41 ถึง -3.46 และมีค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลืองอยู่ในช่วง 5.99 ถึง 6.04

ตารางที่ 4.18 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	ค่าการวิเคราะห์สี (Hunter L a b)*		
	L	a	b
Control	94.60 ± 0.18^{ab}	-3.41 ± 0.01^{a}	5.99 ± 0.05^{a}
2 % CLA	94.56 ± 0.13^{b}	-3.43 ± 0.01^{a}	6.01 ± 0.01^{a}
4 % CLA	94.81 ± 0.14^{a}	-3.46 ± 0.04^{a}	6.04 ± 0.01^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

*L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่า a+ แสดงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงความเป็นสีเหลือง ค่า b- แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

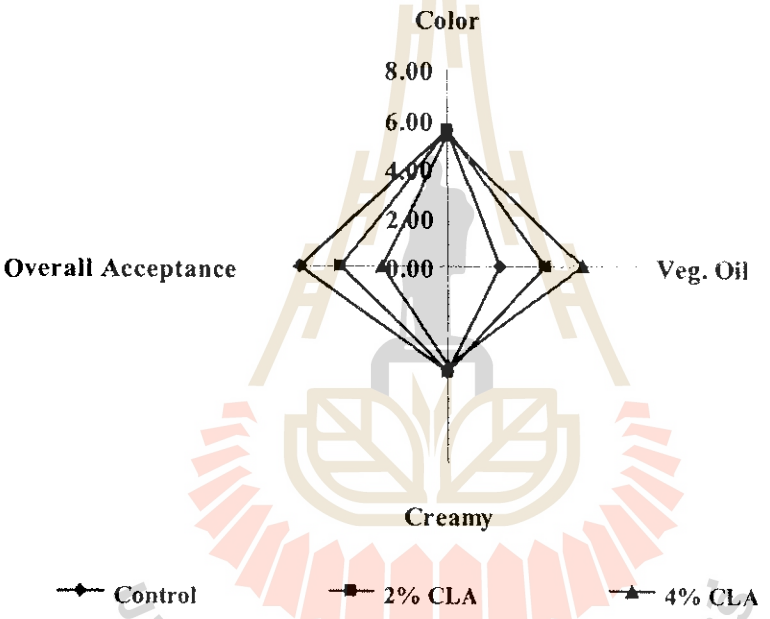
ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA

ผลิตภัณฑ์นม UHT ไม่เติมและเติม CLA ทั้ง 2 ระดับความเข้มข้น มีคะแนนคุณภาพของลักษณะปรากฏด้านสีและความเลี่ยนมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนคุณภาพอยู่ในช่วง 5.35 ถึง 5.55 และ 4.05 ถึง 4.43 สำหรับลักษณะปรากฏด้านสีและความเลี่ยนมัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) แต่คะแนนของกลิ่นรสแปลกปลอมและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำนม UHT ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม มีคะแนนของกลิ่นรสแปลกปลอมสูงสุด (5.55) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีคะแนนกลิ่นรสแปลกปลอมต่ำสุด (2.20) ด้านการยอมรับโดยรวม พบว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีคะแนนสูงสุด คือ 5.80 ตัวอย่างที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมรองลงมา คือ น้ำนม UHT ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของไขมันนม มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA (4.20) ส่วนน้ำนม UHT ที่มีการเติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของไขมันนม พบว่ามีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำสุด

ตารางที่ 4.19 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่างทดลอง	คะแนนคุณภาพ			
	สี	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความเลี่ยนมัน	การยอมรับโดยรวม
Control	5.55 ± 0.76^{a}	2.20 ± 1.11^{c}	4.43 ± 1.30^{a}	5.80 ± 1.01^{a}
2 % CLA	5.50 ± 0.95^{a}	4.05 ± 1.57^{b}	4.30 ± 1.42^{a}	4.20 ± 1.77^{b}
4 % CLA	5.35 ± 0.88^{a}	5.55 ± 1.32^{a}	4.05 ± 1.47^{a}	2.60 ± 1.35^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS



ภาพที่ 4.7 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์นม UHT ที่เติม CLA ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring มีคะแนนคุณภาพด้านการยอมรับโดยทั่วไปต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่างที่มีคะแนนคุณภาพด้านการยอมรับโดยทั่วไปต่ำสุด (4% CLA) เป็นตัวอย่างเดียวกับที่ผู้ทดสอบชิมพบกลิ่นแปลกปลอมของน้ำมันพืชสูงสุด

จ. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำนม UHT ที่เติม CLA

ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำนม UHT จากการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate

ด้านการวิเคราะห์หาแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count พบว่าตรวจไม่พบในน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง

แสดงว่าผลิตภัณฑ์นม UHT ในการทดลองนี้มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโคตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ด้านจุลชีววิทยาซึ่งระบุว่าน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบ UHT ต้องแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร รวมทั้งต้องไม่พบแบคทีเรียชนิดอีโคไลในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร

4.2.2 ผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเพิ่ม CLA ในน้ำนมดิบโดยผ่านอาหารโคนมที่ประกอบด้วยน้ำมันพืช

ก. ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช

ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่ได้รับอาหารสูตรปกติ สูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง และสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ก่อนและหลังผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ภายหลังผ่านระบบให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบ UHT พบว่าปริมาณ cis-9,trans-11 CLA ในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ และสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน trans-10,cis-12 ในน้ำนมก่อนและหลังกระบวนการให้ความร้อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.20)

ด้านการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช พบว่าไขมันนมในน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืชมีปริมาณ CLA มากกว่า และไขมันนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดทานตะวันนี้ยังมีปริมาณกรดไขมันโซ่ยาวกลุ่ม C18 โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิกในสัดส่วนมากกว่าที่พบในไขมันนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Control) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำนมมีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบของอาหารที่โคนมได้รับ มีรายงานถึงผลขององค์ประกอบสารอาหารของโคนมต่อปริมาณ CLA และชนิดของกรดไขมันในน้ำนมโค เมื่อโคนมได้รับอาหารที่มีน้ำมันพืชจากเมล็ดพืชต่างชนิดกันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันแตกต่างกัน จะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณ CLA ในน้ำนมที่แตกต่างกัน (Stanton et al., 2003)

ข. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

องค์ประกอบธาตุน้ำนมของผลิตภัณฑ์นม UHT พบว่า น้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่ผ่านการเลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 3 สูตร (Control, Sunflower seed oil และ Soy been oil) มีปริมาณไขมันนม โปรตีน และน้ำตาลแล็กโตสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่รวมไขมันในน้ำนมทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.22) โดยตัวอย่าง Control มีปริมาณไขมันสูงสุด คือ ร้อยละ 3.90 โดยน้ำหนัก ตัวอย่างน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณไขมัน และ น้ำตาลแล็กโตสต่ำสุด คือ ร้อยละ 3.03 และ 4.17 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แต่มีโปรตีนสูงสุด คือ ร้อยละ 2.78 โดยน้ำหนัก ในขณะที่น้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติและสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีปริมาณโปรตีนไม่ต่างกัน ส่วนน้ำตาลแล็กโตสในทุกตัวอย่าง

ทดลองพบว่ามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีค่าเท่ากับ 4.40, 4.33 และ 4.17 สำหรับน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน อาหารสูตรปกติ และอาหารสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช

ผลิตภัณฑ์นม UHT		ปริมาณ CLA (mg/g fat)		
		Cis-9,trans-11	Trans-10,cis-12	Total CLA
Control	ก่อนผ่านกระบวนการ	5.3250^{b}	0.2150^{a}	6.09 ± 0.04^{b}
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	5.7100^{b}	0.5400^{a}	6.79 ± 0.86^{b}
	หลังกระบวนการ UHT	5.3650^{a}	0.2550^{a}	6.16 ± 0.06^{a}
Soy bean oil	ก่อนผ่านกระบวนการ	5.0300^{a}	0.1650^{a}	5.83 ± 0.02^{a}
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	4.9500^{b}	0.1650^{a}	5.68 ± 0.11^{a}
	หลังกระบวนการ UHT	5.0100^{a}	0.1900^{a}	5.88 ± 0.10^{a}
Sun flower seed oil	ก่อนผ่านกระบวนการ	4.8600^{a}	0.1750^{a}	5.75 ± 0.13^{a}
	หลังให้ความร้อนขั้นต้น	4.9400^{a}	0.2050^{a}	5.81 ± 0.04^{a}
	หลังกระบวนการ UHT	4.6350^{a}	0.1850^{a}	5.54 ± 0.16^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

ทั้งนี้ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ได้มีข้อกำหนดมาตรฐานสุขลักษณะอาหารนมโคด้านเคมีของน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบ UHT ไว้ว่าต้องมีโปรตีนนมร้อยละ 2.8 โดยน้ำหนัก มีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.2 โดยน้ำหนัก และมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยร้อยละ 8.25 โดยน้ำหนัก

ค. การวิเคราะห์ค่าสีผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ค่าสีของผลิตภัณฑ์ UHT ที่ได้จากโคนมที่ผ่านการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช 3 สูตร (Control, Sunflower seed oil และ Soy been oil) พบว่าทั้งค่าความสว่าง (94.02, 93.93 และ 93.66 ตามลำดับ) ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดงและเขียว (-3.59, -3.65 และ -3.62 ตามลำดับ) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและเหลือง (6.96, 7.01 และ 7.06 ตามลำดับ) ของผลิตภัณฑ์นม UHT แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้พบว่าน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันมีสีครีมค่อนข้างเหลืองกว่า แต่มีค่าความสว่างน้อยกว่าตัวอย่าง Control (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.21 องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันนม UHT จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

Fatty acid	ปริมาณกรดไขมัน (mg/g fat)*					
	Control		Sun flower seed oil		Soy bean oil	
	ก่อน UHT	หลัง UHT	ก่อน UHT	หลัง UHT	ก่อน UHT	หลัง UHT
C4:0	26.12	25.94	25.67	24.53	24.90	24.40
C6:0	15.66	17.00	14.55	15.08	14.62	13.57
C8:0	8.07	9.15	7.39	8.01	7.45	6.70
C10:0	16.00	18.31	14.61	16.39	14.52	12.97
C11:0	2.24	2.38	1.71	1.75	1.73	1.55
C12:0	51.89	52.77	47.13	51.01	46.56	44.07
C13:0	1.83	1.77	1.41	1.50	1.47	1.39
C14:0	106.27	107.23	96.47	103.97	96.91	92.54
C14:1	11.54	10.98	8.88	9.50	9.67	10.68
C15:0	6.61	6.44	5.65	5.76	5.79	5.20
C16:0	272.90	282.75	227.56	236.56	245.80	135.92
C16:1	18.42	17.88	12.17	12.80	14.59	17.07
C17:0	97.92	94.64	93.64	98.22	95.82	92.30
C17:1	2.25	2.19	1.49	1.61	1.67	1.90
C18:0	86.52	86.41	117.41	122.62	106.00	100.23
C18:1n9t	16.74	18.53	14.60	17.48	12.75	17.65
C18:1n9c	209.03	201.56	223.18	242.75	218.46	238.00
C18:2n6t	1.40	1.91	1.44	1.42	1.88	2.06
C18:2n6c	11.97	11.56	14.60	15.85	16.04	16.91
C20:0	0.87	0.91	1.58	0.39	1.52	1.39
C18:3n3	1.07	0.90	1.13	1.04	1.38	1.28
C20:1	0.53	0.50	0.49	0.51	0.52	0.52
C22:0	0.46	0.43	0.56	0.56	0.51	0.43
C20:3n6	0.80	0.78	0.92	0.89	0.94	0.81
C20:1n9	nd	nd	nd	nd	nd	nd
C20:4n6	1.35	1.37	1.20	1.23	1.22	1.09
C24:0	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Saturated FA (%)	71.59	72.66	70.06	69.23	70.39	67.26
Monounsaturated FA (%)	26.69	25.59	27.88	28.71	27.33	30.39
Polyunsaturated FA (%)	1.71	1.75	2.06	2.06	2.28	2.35
Total CLA (mg/g fat)	6.09	6.16	5.83	5.88	5.75	5.54

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยการวิเคราะห์จาก 2 ซ้ำการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบธาตุน้ำนม ของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	องค์ประกอบธาตุน้ำนม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	Protein	Lactose	SNF
Control	3.90 ± 0.02^{a}	2.63 ± 0.02^{b}	4.33 ± 0.02^{b}	7.89 ± 0.03^{a}
Soy bean oil	3.03 ± 0.06^{c}	2.78 ± 0.01^{a}	4.17 ± 0.02^{c}	7.88 ± 0.03^{a}
Sun flower seed oil	3.32 ± 0.14^{b}	2.62 ± 0.05^{b}	4.40 ± 0.05^{a}	7.94 ± 0.10^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

ตารางที่ 4.23 ค่าการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	ค่าการวิเคราะห์สี (Hunter L a b)*		
	L	a	b
Control	94.02 ± 0.06^{a}	-3.59 ± 0.06^{a}	6.96 ± 0.13^{b}
Soy bean oil	93.66 ± 0.15^{b}	-3.62 ± 0.04^{a}	7.06 ± 0.07^{a}
Sun flower seed oil	93.93 ± 0.13^{ab}	-3.65 ± 0.02^{b}	7.01 ± 0.03^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS

*L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือสีดำ ถึง 100 คือสีขาว

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่า a+ แสดงความเป็นสีแดง ค่า a- แสดงความเป็นสีเขียว

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่า b+ แสดงความเป็นสีเหลือง ค่า b- แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

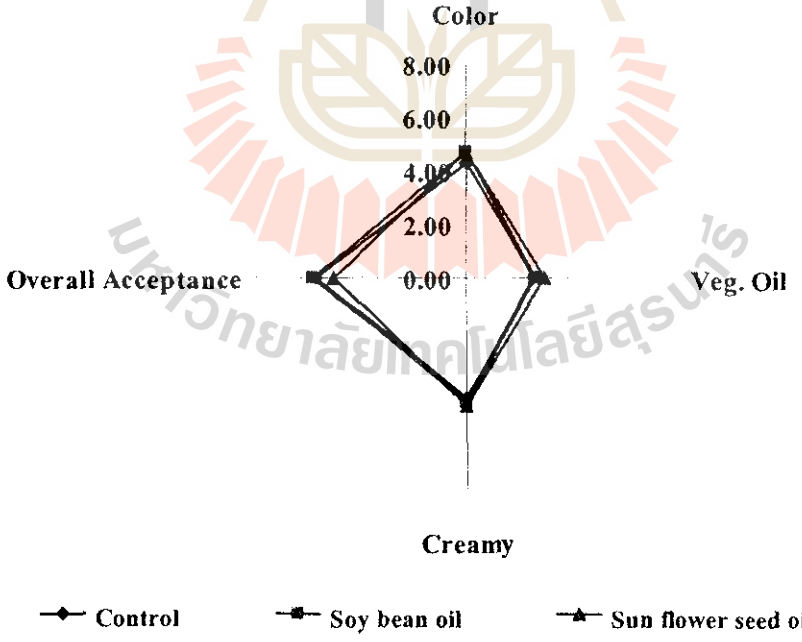
คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ UHT ที่ได้จากโคนมที่ผ่านการเลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช 3 สูตร (Control, Sunflower seed oil และ Soy been oil) มีคะแนนคุณภาพของลักษณะปรากฏด้านสีและความเลี่ยนมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.8) คือ มีคะแนนของลักษณะปรากฏด้านสีเท่ากับ 4.30 (น้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ) และ 4.70 (น้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืชทั้ง 2 สูตร) และมีคะแนนของความเลี่ยนมันเท่ากับ 4.43, 4.30 และ 4.05 สำหรับ น้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ สูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และเสริมน้ำมันถั่วเหลือง ตามลำดับ ด้านกลิ่นรสแปลกปลอมของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีคะแนนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ด้านการยอมรับโดยรวมที่ผู้ทดสอบชิมมีต่อผลิตภัณฑ์

พบว่าน้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ และสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีคะแนนคุณภาพค่อนข้างสูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (5.55 และ 5.65 ตามลำดับ) ในขณะที่น้ำนม UHT ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่า 2 ตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นเล็กน้อย (4.90)

ตารางที่ 4.24 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่างทดลอง	คะแนนคุณภาพ			
	สี	กลิ่นรสแปลกปลอม	ความเลี่ยนมัน	การยอมรับโดยรวม
Control	4.30 ± 1.26^{a}	2.52 ± 1.65^{a}	4.50 ± 1.57^{a}	5.55 ± 1.61^{b}
Soy bean oil	4.70 ± 1.45^{a}	2.61 ± 1.70^{a}	4.70 ± 1.17^{a}	5.65 ± 1.13^{a}
Sun flower seed oil	4.70 ± 1.30^{a}	2.96 ± 1.77^{a}	4.80 ± 1.58^{a}	4.90 ± 1.94^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงค่าวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติ SAS



รูปที่ 4.8 คะแนนคุณภาพผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช ที่ประเมินด้วยวิธี Quality scoring

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าการเสริมน้ำมันพืชทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวันแก่โคนมส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นแปลกปลอม กลิ่นมันเนยและความเลี่ยนมัน และคะแนนการยอมรับโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์นม UHT ที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมน้ำมันพืชดังกล่าวน้อยมากซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Avramis, Wang, McBride, Wright and Hill (2003) ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่ผ่านการเลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่น จากผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างของคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และความคงตัวของกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำนม UHT ที่แปรรูปมาจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารเสริมปลาป่นเปรียบเทียบกับน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารปกติ (control)

จ. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ไม่พบโคโลนีของจุลินทรีย์ในทุกตัวอย่างน้ำนม UHT จากการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้เทคนิค Spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ Aerobic Count Plate

ด้านการวิเคราะห์หาแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count พบว่าตรวจไม่พบในน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง แสดงว่าผลิตภัณฑ์นมจากโคนมที่เสริมน้ำมันพืชภายหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ UHT ในการทดลองนี้มีคุณภาพทางจุลชีววิทยาตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารนมโค ตามมาตรฐานประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 (พ.ศ. 2545) ด้านจุลชีววิทยาซึ่งระบุว่าน้ำนมที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อแบบ UHT ต้องแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร รวมทั้งต้องไม่พบแบคทีเรียชนิดอีโคไลในตัวอย่างน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาผลของความร้อนระดับพาสเจอร์ไรเซชั่นและยูเอชทีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณ CLA และคุณภาพทางเคมี ประสาทสัมผัส และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และ UHT ที่ไม่เติม (Control) และเติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรเซชั่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ CLA ในน้ำนม โดย Total CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.73 และ 13.89 สำหรับตัวอย่าง Control และตัวอย่างที่เติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักไขมัน และพบว่าตัวอย่างที่เติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 4 โดยน้ำหนักไขมัน มีปริมาณ cis-9,trans-11 เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.06 เมื่อเทียบกับปริมาณที่ตรวจวัดได้ก่อนผ่านกระบวนการให้ความร้อน ปริมาณที่ตรวจพบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน สำหรับน้ำนมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับยูเอชทีพบว่ามีปริมาณ Total CLA เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.71, 1.28 และ 6.80 สำหรับน้ำนม Control และน้ำนมที่เติม CLA ทางการค้าที่ระดับร้อยละ 2 และ 4 โดยน้ำหนักไขมันตามลำดับ ด้านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และยูเอชทีที่เติม CLA ทางการค้า พบว่า ผลิตภัณฑ์นมทั้งที่ไม่เติมและเติม CLA มีองค์ประกอบธาตุน้ำนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลิตภัณฑ์นมที่เติม CLA มีค่าวิเคราะห์สีด้านความสว่างและมีคะแนนคุณภาพด้านกลิ่นแปลกปลอมสูง รวมถึงมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าตัวอย่าง Control ที่ไม่เติม CLA แต่ผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 68 และ 58 สำหรับน้ำนมที่เติม CLA ร้อยละ 2 และ 4 ตามลำดับ) ชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่เติม CLA สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยาพบจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่างทดลอง ไม่พบโคโลนีของแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที สำหรับน้ำนมพาสเจอร์ไรส์พบแบคทีเรียทั้งหมดหลังผ่านการฆ่าเชื้อมีค่าอยู่ในช่วง 3.45-8.65 $\times 10^2$ CFU ต่อมิลลิลิตร เมื่อระยะการเก็บเพิ่มขึ้นพบว่าน้ำนมตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติม CLA มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับและที่อายุการเก็บ 10 วันมีจำนวน 5.00 $\times 10^4$ CFU/มิลลิลิตร ส่วนตัวอย่างน้ำนมที่เติม CLA ที่ระดับร้อยละ 4 และ 2 โดยน้ำหนักไขมันนมพบว่ามีจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างน้ำนมที่เติม CLA มีจำนวนไม่เกิน 5.00 $\times 10^4$ CFU/มิลลิลิตร ถึงวันที่ 21 และ 14 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้านการตรวจหาแบคทีเรีย Coliform และ *E. coli* ไม่พบโคโลนีของแบคทีเรียดังกล่าวในน้ำนม 1.0 มิลลิลิตร ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลองของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และยูเอชที

การศึกษาร่วมระหว่างการผ่านอาหารโคนมด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืช และนำน้ำนมมาผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรเซชั่นและยูเอชที พบว่าการเพิ่มปริมาณ CLA ในผลิตภัณฑ์นมโดยผ่านอาหารโคนมด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืชเพื่อเพิ่ม CLA น้ำนมดิบร่วมกับกระบวนการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรเซชั่น พบปริมาณ cis-9,trans-11CLA ในน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (Control) สูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง (Soy been oil) และสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Sun flower seed oil) ไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนฆ่าเชื้อ ส่วน trans-10,cis-12 และปริมาณ CLA ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน คือหลังผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่นมีปริมาณ Total CLA เพิ่มขึ้นร้อยละ 19.78 และ 3.24 ตามลำดับเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นมดังกล่าวไว้ที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่าน้ำนม Control มีปริมาณ Total CLA เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.43 สำหรับผลิตภัณฑ์นม UHT ที่ได้จากโคนมที่ได้รับอาหารสูตรปกติ สูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลือง และสูตรเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบปริมาณ CLA ในน้ำนมก่อนและหลังผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ภายหลังผ่านระบบให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบ UHT พบว่าปริมาณ cis-9,trans-11 CLA ในน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติและสูตรเสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน trans-10,cis-12 ในน้ำนมก่อนและหลังกระบวนการให้ความร้อนไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีองค์ประกอบธาตุน้ำนมและค่าวิเคราะห์สีแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์นมที่แปรรูปจากน้ำนมโคที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมน้ำมันพืชมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นแปลกปลอม ความเลี่ยนมัน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างทางสถิติจากตัวอย่างควบคุม มากกว่าร้อยละ 62 ของจำนวนผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างตัวอย่างน้ำนมดังกล่าว และผู้บริโภคทั่วไปส่วนใหญ่ชอบ และยอมรับผลิตภัณฑ์นมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันพืช และมีคะแนนความชอบสูงกว่าน้ำนมที่ได้จากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ ด้านการตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาไม่ปรากฏโคโลนีของ *E. coli* ในตัวอย่างทุกน้ำนม แต่พบโคโลนีของ Colifrom ในตัวอย่างน้ำนมทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยมีค่าตรวจนับเท่ากับ 4, 2 และ 1 โคโลนีต่อน้ำนม 0.1 มิลลิลิตร สำหรับน้ำนมจากโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร Control, Soy been oil และ Sunflower seed oil ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ทั้ง 3 ตัวอย่างทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บจนกระทั่งวันที่ 10 พบว่า ทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่า 5.00×10^4 CFU/มิลลิลิตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และนมยูเอชทีที่เติม CLA ให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น อาจมีการปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์นมโดยเติมผงโกโก้ กาแฟ หรือสารแต่งกลิ่นดังกล่าว รวมถึงสารให้ความหวานลงไปในผลิตภัณฑ์ก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และนมยูเอชที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข (2522).ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 26 เรื่อง กำหนดนมโคเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน และวิธีการผลิต

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2545). ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ฉบับที่ 265 เรื่อง คำชี้แจงเกี่ยวกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง นมโค

Alonso, L., Cuesta, E.P., and Gilliland, S.E. (2003). Production of free conjugated linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* of human intestinal origin. **J. Dairy Sci.** 86:1941-1946.

AOAC International. (1997). **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 16th ed. AOAC International, Gaithersburg. MD, USA.

Belury, M. A., Nickel, K. P., Bird, C. E., and Wu, Y. (1996). Dietary conjugated linoleic acid modulation of phorbol ester skin tumor promotion. **Nutr. Cancer**. 26: 149-157.

Bessa, R. J. B., Silva, J. S., Ribeiro, J. M. R., and Portugal, A. V. (2000). Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Levestock Prod. Sci.** 63: 201-211.

Brodie, A.E., Manning, V.A., Ferguson, K.R.,Jewell, D.E., and Hu, C.Y. 1999. Conjugated linoleic acid inhibits differentiation of pre- and postconfluent 3T3-L1 preadipocytes but inhibits cellproliferation only in preconfluent cells. **J. Nutr.** 129: 602-606.

Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M. Ha, Y. L., and Pariza, M. W. (1992). Dietary sources of conjugated linoleic acid isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **J. Food Comp. Anal.** 5: 185-197.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chin, S.F., Storkson, J. M., Liu, W., Albright, K. J., and Pariza, M. W. (1994). Conjugated linoleic acid (9,11- and 10,12-octadecadienoic acid) is produced in conventional but not germ free rats fed linoleic acid. **J. Nutr.** 124:694-701.

Choi, Y., Park, Y., Storkson, J. M., Pariza, M. W., and Ntambi, J. M. (2002). Inhibition of stearoyl-CoA desaturase activity by the cis-9,trans-11 isomer and ther trans-10,cis-12 isomer of conjugated linoleic acid in MDA-MB-231 and MCF-7 human breast cancer cells. **Biochem. Biophy. Res. Com.** 294:785-790.

Choi, N. J., Imm, J. Y., Oh, S., Kim, B. C., Hwang, H. J., and Kim, Y. J. (2005). Effect of pH and oxygen on conjugated linoleic acid (CLA) production by mixed rumen bacteria from cows fed high concentrate and high forage diets. Animal Feed Sci. Tech. 123-124, Part 2: 643-653.

Chow CK 1992. **Fatty Acids in Foods and their Health Implications.** New York: Marcel Dekker Inc., pp. 237-262.

Coakley, M., Ross, R. P., Nordgren, M., Fitzgerald, G., Devery, R., and Stanton, C. (2003). Conjugated linoleic acid biosynthesis by human-derived *Bifidobacterium* species. **J. Appl. Microbiol.** 94: 138-145.

Corl, B. A., Baumgard, L. H., Dwyer, D. A., Griinari, J. M., Phillips, B. S., and Bauman, D. E. (2001). The role of Δ^9-desaturase in the production of cis-9,trans-11 CLA. **J. Nutr. Biochem.** 12:622-630.

Decker, E.A. 1995. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinine as nonessential dietary antioxidants. Nutr. Res. 53: 49-58.

Ens, J. G., Ma, D. W. L., Cole, K. S., Field, C. J., and Clandinin, M. T. (2001). An assessment of c9,t11 linoleic acid intake in a small group of young Canadians. **Nutr. Res.** 21:955-960.

Evans, M., Brown, J., and McIntosh, M. (2002). Isomer-specific effects of conjugated linoleic acid (CLA) on adiposity and lipid metabolism: Reviews. **J. Nutr Biochem.** 13: 508-516.

Griinari, J., Cori, B., Lacy, S., Chouinard, P., Nuemela, K., and Bauman, D. (2000). Conjugated linoleic acid synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta-9 desaturase. **J. Nutr.** 130: 2285-2291.

Ha, Y.L., Grimm, N. K., and Pariza, M. W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-alterderivatives of linoleic acid. **Carcinogenesis.** 8:1881-1887.

Ha, Y.L., Storkson, J., and Pariza, M.W. 1990. Inhibition of benzo(a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. Cancer Res. 50:1097-1101.

Ham, J. S., In, Y. M., Jeong, S. G., Kim, J. G., Lee, E. H., Kim, S. H., Yoon, S. K., and Lee, B. H. (2002). Screening of conjugated linoleic acid producing lactic acid bacteria from fecal samples of healthy babies. **Asian Australasian J. Animal Sci.** 15: 1031-1035.

Holman, R. T., and Mahfouz, M. M. (1981). Cis and trans- octadecenoic acids as precursors of polyunsaturated acids. **Lipid Res.** 20:151-156.

Homles, C.W., and Wilson, G.F. (1984). **Milk production from pasture.** Butterworths of New Zealand Ltd., Wellington, New Zealand. 319 pp.

Hubbard, N. E., Lim, D., and Erickson, K. L. (2003). Effect of separate conjugated linoleic acid isomers on murine mammary tumorigenesis. **Cancer Lett.** 190:13-19.

Hughes, P. E., Hunter, W. J., and Tove, S. B. (1982). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9, trans-11 octadecadienoate reductase. **J. Biol. Chem.** 257: 3643-3649.

Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, A. and Pariza, M.W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. Cancer Res. 51:6118-6124.

Isaacs, C. E., and Lampe, M. F. (2000). Natural Food Antimicrobial Systems : Lactolipids. Pp. 159-182. In Naidu, A. S. (ed). **Natural Food Antimicrobial Systems.** CRC Press, Washington, D.C.

Jiang, J., Bjorck, L., and Fonden, R. (1998). Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. **J. Appl Microbiol.** 85:85-102.

Jung, M., Yoon, S., and Jung, M. (2001). Effects of temperature and agitation rate on the formation of conjugated linoleic acid in soybean oil during hydrogenation. **J. Agric Food Chem.** 49: 3010-3016.

Kelly, M., Kolver, E., Bauman, D., Van Amburgh, M., and Muller, L. (1998). Effects of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. **J. Dairy Sci.** 81: 1630-1636.

Kepler, C.R., and Tove, S.B. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. J. Biol. Chem. 242: 5686-5691.

Kim, Y. J., and Liu, R. H. (2002). Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria. **J. Food Sci.** 67: 1731-1737.

Kishino, S., Ogawa, J., Omura, Y., Matsumura, K. And Shimizu, S. (2002). Conjugated linoleic acid production from linoleic acid by lactic acid bacteria. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 79: 159-163.

Leung, Y. J., and Liu, R. H. (2000). trans-10,cis-12-Conjugated linoleic acid isomer exhibits stronger oxyradical scavenging capacity than cis-9,trans-11-conjugated linoleic acid isomer. **J. Agri. Food Chem.** 48: 5469-5475.

Liew, C., Schut, H.A.J., Chin, S.F., Pariza, M.W., and Dashwood, R.H. 1995. Protection of conjugated linoleic acids againt 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline-induced colon carcinogenesis in the F344 rat: A study of inhibitory mechanisms. Carcinogenesis. 16:3037-3043.

Lin, H., Boylston, T., Chang, M., Luedecke, L., and Shultz, T. (1995). Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **J. Dairy Sci.** 78:2358-2365.

Lin, H., Boylston, T., Luedecke, L., and Shultz, T. (1998). Factors affecting the conjugated linoleic acid content of cheddar cheeses. **J. Agric Food Chem.** 46: 801-807.

Lin, H., Boylston, T., Luedecke, L., and Shultz, T. (1999a). Conjugated linoleic acid content of cheddar-type cheeses as affected by processing. **J. Food Sci.** 64: 874-878.

Lin, T. Y., Lin, C. W., and Lee, C. H. (1999b). Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. **Food Chem.** 67: 1-5.

Lin, T. Y., Lin, C. W., and Wang, Y. J. (2002). Linoleic acid isomerase activity in enzyme extracts frome *Lactobacillus acidophilus* and *Propionibacterium freudenrichii* subsp. *shermanii*. **J. Food Sci.** 67: 1502-1505.

Lin, T. Y., Hung, T.-H., and Cheng, T.-S.J. (2005). Conjugated linoleic acid production by immobilized cells of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus*. **Food Chem.** 92:23-28.

Lin, T. Y. (2006). Conjugated linoleic acid production by cells and enzyme extract of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* with additions of different fatty acids. **Food Chem.** 94:437-441.

Ma, D. W. L., Wierzbicki, A. A., Field, C. J., and Clandinin, M. T. (1999). Conjugated linoleic acid in Canadian dairy and beef products. **J. Agric. Food Chem.** 47: 1956-1960.

Murphy, J. J., Connolly, J. F., and McNeill, G. P. (1995). Effects on cow performance and milk fat composition of feeding full fat soyabeans and rapeseeds to dairy cows at pasture. **Levestock Prod. Sci.** 44: 13-25.

National Cattlemen's Beef Association .(1999). Conjugated linoleic acid and dietary beef-an update.

Ogawa, J., Matsumura, K., Kishino, S., Omura, Y., and Shimisu, S. (2001). Conjugated linoleic acid accumulation via 10-hydroxy-12-octadecaenoic acid during microaerobic transformation of linoleic acid by *Lactobacillus acidophilus*. **Appl. Environ. Microbiol.** 67:1246-1252.

Pariza, M. W, Ha, Y., and Grimm, N. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat altered derivatives of linoleic acid. **Carcinogenesis.** 8: 1881-1887.

Pariza, M. W., and Yang X.-Y. (1999). Method of producing conjugated linoleic acid. **US. Patent,** 5856149, 1-12.

Pariza, M. W., and Yang X.-Y. (2000). Method of producing conjugated fatty acid. **US. Patent,** 6060304, 1-12.

Park, Y., Albright, K. J. Storkson, J. M., Liu, W., Cook, M. E., and Pariza, M. W. (1999). Changes in body composition during feeding and withdrawal of dietary conjugated linolenic acid. **Lipids.** 34:243–248.

Parodi, P. W. (1999). Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. **J. Dairy Sci.** 82:1339-1349.

Peterson, D. G., Kelsey, J. A., and Bauman, D. E. (2002). Analysis of variation in cis-9,trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat dairy cows. **J. Dairy Sci.** 85:2164-2172.

Pollard, M. R., Guntone, F. D., Jame, A. T., and Morris, L. J. (1980). Desaturation of positional and geometric isomers of monoenoic fatty acids by microsomal preparations from rat liver. **Lipid.** 15: 306-314.

Roach, J.A.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., and Klamer, J.K.G. 2002. Chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers: Review. **Analytica Chemical Acta**. 465: 207-226.

Schmid, A., Collomb, R., Sieber, R., and Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. **Meat Sci.** 72: 29-41.

Shantha, N. C., Crum, A. D., and Decker, E. A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. **J. Agric. Food Chem.** 42:1757-1760.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Shantha, N. C., Ram, L. N., Leary, J. O., Hicks, C. L., and Decker, E. A. (1995). Conjugated linoleic acid concentrations in dairy products as affected by processing and storage. **J. Food Sci.** 60:695-697.

Sprcer, E. (1998). **Milk and Dairy Product Technology.** Marcel Dekker Inc, New York.

Stiles, M. B., and Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of food and there current taxonomy. Inter. J. Food Mocrobiol. 36: 1-29.

www. Health-n-energy.com. (2001). **Current research on CLA or lipean (conjugated linoleic acid)** [On-line].

Yamasaki, M., Chujo, H., Koga, Y., Oishi A, Rikimaru T, Shimada, M., Sugimashi, K., Tachibana, H., and Yamada, K. (2002). Potent cytotoxic of the trans10, cis12 isomer of conjugated linoleic acid on rat hepatoma dRLh-84 cells. **Cancer Lett.** 188 :171-180.

Yu, L. (2001). Free radical scavenging properties of conjugated linoleic acids. **J. Agric. Food Chem.** 49: 3452-3456.

Yu, L., Adams, D., and Gabel, M. (2002). Conjugated linoleic acid isomers differ in their free radical scavenging properties. **J. Agric. Food Chem.** 50: 4135-4140.

Yu, L., Adams, D., and Watkins B. A. (2003). Compaison of commercial supplements containing conjugatrd linoleic acids. **J. Food Comp. Anal.** 16: 419-428.

Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., Jellema, J., and van Boekel M. A. J. S. (1999). **Dairy Technology**: principle of milk properties and processes. Marcel Dekker Inc, New York.

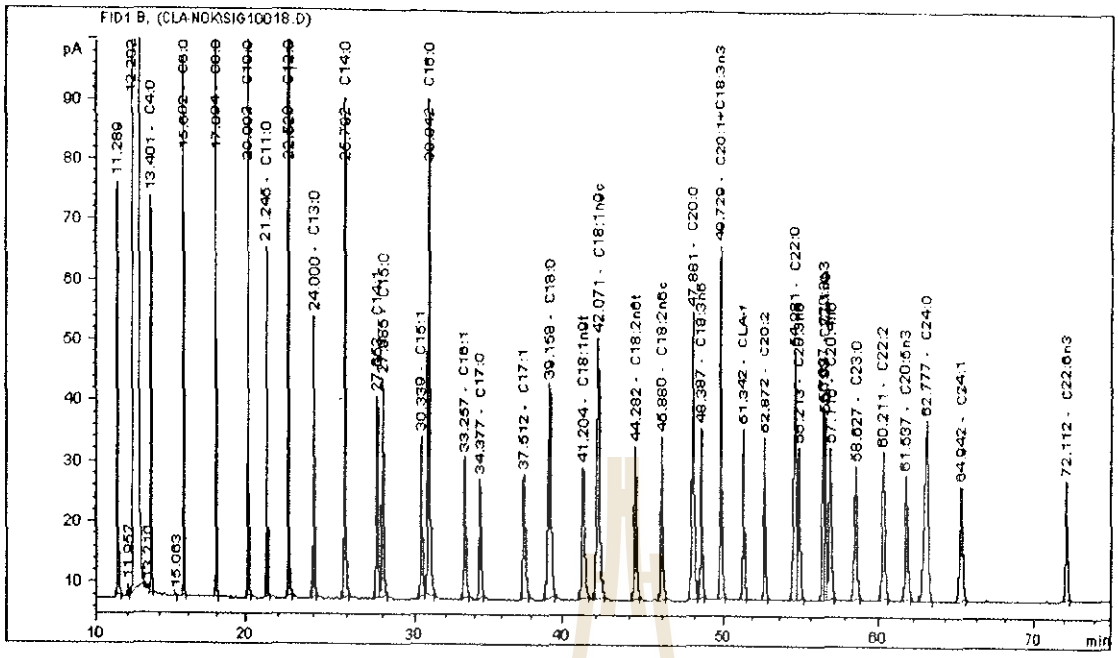
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

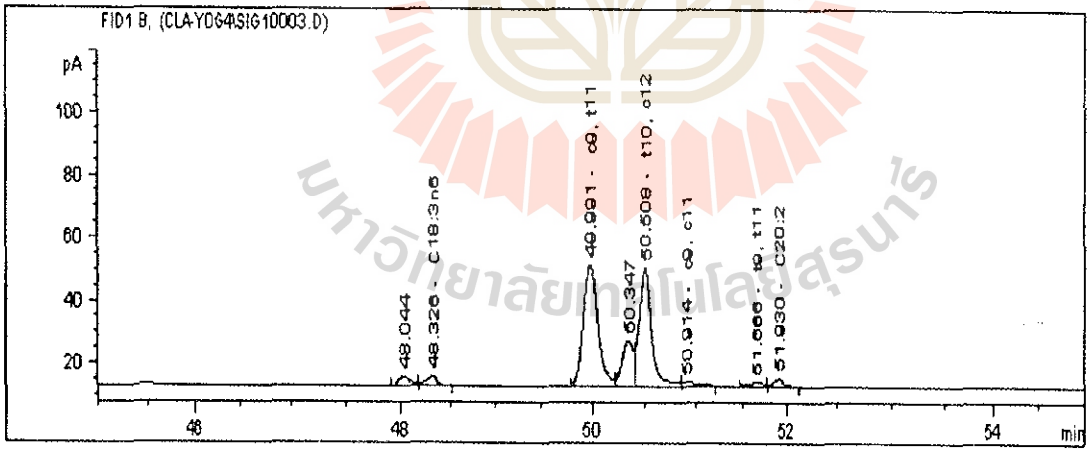
โครมาโทแกรม ของการวิเคราะห์กรดไขมันและ CLA ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส

ค่าการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำนมแปรรูป

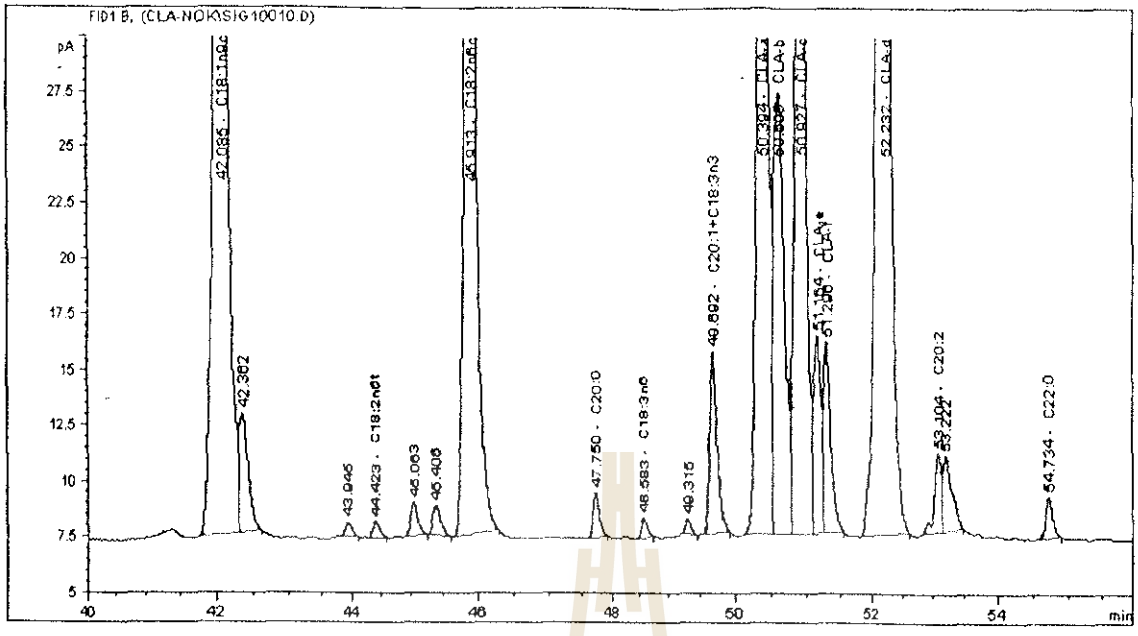
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ ก1 โครมาโทแกรมของกรดไขมันมาตรฐานสำหรับการเทียบระยะเวลาการเคลื่อนที่ของสารในตัวอย่างวิเคราะห์



ภาพที่ ก2 โครมาโทแกรมแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่ของสารมาตรฐาน CLA ที่แยกด้วย SP2560 GC column และตรวจวัดด้วย FID-detector



ภาพที่ ก3 โครมาโทแกรมแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกรดไขมันในตัวอย่างที่แยกด้วย SP2560 GC column และตรวจวัดด้วย FID-detector

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	**Prot.**	**Lac.**	**SNF**
control	3.51	3.01	4.19	8.09
	3.50	3.03	4.18	8.04
	3.53	2.98	4.20	7.98
เฉลี่ย	3.51	3.01	4.19	8.04
SD.	0.02	0.03	0.01	0.06
2% CLA	3.50	3.03	4.30	8.25
	3.50	3.03	4.29	8.25
	3.52	3.03	4.30	8.25
เฉลี่ย	3.51	3.03	4.30	8.25
SD.	0.01	0.00	0.01	0.00
4% CLA	3.50	3.04	4.20	8.06
	3.50	2.99	4.19	8.11
	3.51	3.01	4.22	8.09
เฉลี่ย	3.50	3.01	4.20	8.09
SD.	0.01	0.03	0.02	0.03

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	**Prot.**	**Lac.**	**SNF**
control	3.92	2.61	4.31	7.86
	3.93	2.63	4.34	7.89
	3.91	2.63	4.35	7.92
เฉลี่ย	3.92	2.62	4.33	7.89
SD.	0.01	0.01	0.02	0.03
sun oil	3.48	2.67	4.47	8.06
	3.48	2.68	4.47	8.07
	3.35	2.59	4.37	7.88
เฉลี่ย	3.44	2.65	4.44	8.00
SD.	0.08	0.05	0.06	0.11
soy oil	2.97	2.78	4.15	7.85
	2.96	2.78	4.17	7.87
	3.06	2.78	4.17	7.88
เฉลี่ย	3.00	2.78	4.16	7.87
SD.	0.06	0.00	0.01	0.02

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม UHT ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	Fat	**Prot.**	**Lac.**	**SNF**
control	3.51	3.21	4.15	8.26
	3.48	3.22	4.18	8.28
	3.49	3.19	4.17	8.29
เฉลี่ย	3.49	3.21	4.17	8.28
SD.	0.02	0.02	0.02	0.02
2% CLA	3.48	3.24	4.20	8.37
	3.47	3.24	4.21	8.36
	3.50	3.25	4.22	8.39
เฉลี่ย	3.48	3.24	4.21	8.37
SD.	0.02	0.01	0.01	0.02
4% CLA	3.50	3.22	4.18	8.33
	3.51	3.23	4.18	8.33
	3.51	3.23	4.18	8.33
เฉลี่ย	3.51	3.23	4.18	8.33
SD.	0.01	0.01	0.00	0.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่าง	control			
	Fat	**Prot.**	**Lac.**	**SNF**
control	3.89	2.63	4.34	7.89
	3.89	2.61	4.31	7.85
	3.91	2.63	4.35	7.92
Ave.	3.90	2.62	4.33	7.89
SD.	0.01	0.01	0.02	0.04
sun oil	3.18	2.59	4.36	7.87
	3.22	2.58	4.37	7.89
	3.35	2.59	4.37	7.88
Ave.	3.25	2.59	4.37	7.88
SD.	0.09	0.01	0.01	0.01
soy oil	3.07	2.79	4.20	7.90
	3.03	2.76	4.15	7.84
	3.06	2.78	4.17	7.88
Ave.	3.05	2.78	4.17	7.87
SD.	0.02	0.02	0.03	0.03

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก5 ค่าวิเคราะห์สีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (Hunter L a b)		
	L	**a**	**b**
Control	94.55	-3.24	6.06
	94.55	-3.26	6.06
	94.45	-3.24	6.10
Ave.	94.52	-3.25	6.07
SD.	0.06	0.01	0.02
2% CLA	94.87	-3.16	6.13
	94.73	-3.17	6.14
	94.96	-3.18	6.11
Ave.	94.85	-3.17	6.13
SD.	0.12	0.01	0.02
4% CLA	94.88	-3.18	5.98
	94.73	-3.25	6.11
	94.94	-3.20	6.01
Ave.	94.85	-3.21	6.03
SD.	0.11	0.04	0.07

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก6 ค่าวิเคราะห์สีของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (Hunter L a b)		
	L	**a**	**b**
Control	95.81	-2.84	5.88
	95.85	-2.96	5.94
	95.85	-2.93	5.89
Ave.	95.84	-2.91	5.90
SD.	0.02	0.06	0.03
Sun oil	95.53	-3.09	5.36
	95.45	-3.05	5.36
	95.72	-3.14	5.33
Ave.	95.57	-3.09	5.35
SD.	0.14	0.05	0.02
Soy oil	94.44	-2.86	5.06
	94.27	-2.89	5.07
	94.28	-2.87	5.00
Ave.	94.33	-2.87	5.04
SD.	0.10	0.02	0.04

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก7 ค่าวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT ที่มีการเติม CLA

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (Hunter L a b)		
	L	**a**	**b**
Control	94.40	-3.42	6.04
	94.75	-3.40	5.99
	94.66	-3.40	5.95
Ave.	94.60	-3.41	5.99
SD.	0.18	0.01	0.05
2% CLA	94.55	-3.44	6.00
	94.70	-3.42	6.00
	94.44	-3.44	6.02
Ave.	94.56	-3.43	6.01
SD.	0.13	0.01	0.01
4% CLA	94.68	-3.42	6.04
	94.95	-3.48	6.03
	94.80	-3.49	6.05
Ave.	94.81	-3.46	6.04
SD.	0.14	0.04	0.01

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวก ก8 ค่าวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์นม UHT จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันพืช

ตัวอย่าง	ค่าการวิเคราะห์ (Hunter L a b)		
	L	**a**	**b**
Control	94.09	-3.55	7.00
	93.97	-3.65	7.06
	93.99	-3.56	6.81
Ave.	94.02	-3.59	6.96
SD.	0.06	0.06	0.13
Sun oil	94.00	-3.64	6.99
	93.78	-3.68	7.01
	94.00	-3.64	7.04
Ave.	93.93	-3.65	7.01
SD.	0.13	0.02	0.03
Soy oil	93.66	-3.65	7.09
	93.51	-3.63	7.10
	93.81	-3.57	6.98
Ave.	93.66	-3.62	7.06
SD.	0.15	0.04	0.07

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพและคะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และนม UHT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อผู้ทดสอบชิม_____

วันที่_____

ตัวอย่าง_____

QUALITY SCORING TEST

กรุณาประเมินตัวอย่างน้ำนมสดพาสเจอร์ไรส์ต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา โดยการเขียนหมายเลขของตัวอย่างน้ำนมสดแต่ละตัวอย่างลงบนช่องที่กำหนดให้ตามความเหมาะสม

หมายเลขตัวอย่าง _____ _____

สี		กลิ่นรส (vegetable oil)	
_____	ขาวนวล	_____	น้อย
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____	ครีม	_____	มาก

ความมัน (Creamy)		การยอมรับโดยทั่วไป	
_____	น้อย	_____	น้อย
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
_____	มาก	_____	มาก

ขอขอบคุณที่กรุณาให้ความร่วมมือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชื่อผู้ทดสอบชิม _____

วันที่ _____

ตัวอย่าง _____

TRIANGLE TEST

กรุณาประเมินตัวอย่างอาหารต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา โดยจะมีสองตัวอย่างที่เหมือนกัน และอีกหนึ่งตัวอย่างจะแตกต่างออกไป กรุณาวงกลมล้อมรอบหมายเลขตัวอย่างอาหารที่ท่านคิดว่าแตกต่าง

หมายเลขตัวอย่างอาหาร _____ _____ _____

ขอขอบคุณที่กรุณาให้ความร่วมมือ

หมายเลขตัวอย่าง_____

วันที่ _____

ตัวอย่าง นมสดพาสเจอร์ไรส์

ไม่ขอบอย่างมาก ไม่ชอบเล็กน้อย เฉยๆ ชอบเล็กน้อย ชอบมาก

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

กรุณาเขียนเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ขอขอบคุณที่กรุณาให้ความร่วมมือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข1 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA

ลำดับทดสอบ	color			Veg. Oil			Creamy			Overall Ac		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	6	7	7	5	7	7	6	4	4	5	3	3
2	5	4	6	2	5	6	3	2	2	6	5	2
3	5	5	5	1	2	4	4	4	5	6	6	5
4	5	5	5	2	5	6	4	6	7	5	2	1
5	3	3	3	3	7	6	5	7	6	5	3	4
6	6	6	5	2	2	3	6	4	4	6	4	6
7	6	6	5	2	4	6	6	4	4	6	5	2
8	3	5	6	1	5	7	3	4	6	5	6	4
9	6	6	6	2	4	6	4	5	6	6	4	2
10	5	5	5	3	3	4	4	6	6	5	7	7
11	6	6	6	3	5	4	5	4	6	7	5	6
12	5	4	6	3	4	5	3	4	5	5	6	3
13	6	6	6	1	3	6	5	5	3	6	5	3
14	6	5	6	2	5	7	6	3	3	6	3	3
15	7	6	6	1	1	2	6	5	6	6	5	5
16	5	5	5	3	3	5	3	4	5	5	6	6
17	6	5	6	3	5	6	7	5	4	7	5	4
18	6	6	6	1	4	6	6	4	4	7	5	3
19	5	5	5	5	6	7	4	4	5	3	2	1
20	2	3	3	4	3	6	4	6	3	4	3	5
Ave.	5.20	5.15	5.40	2.45	4.15	5.45	4.70	4.50	4.70	5.55	4.50	3.75
SD.	1.24	1.04	0.99	1.23	1.60	1.39	1.26	1.15	1.34	1.00	1.43	1.74

หมายเหตุ: T1 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ไขมันร้อยละ 3.50 โดยปริมาตร เป็นตัวอย่างควบคุม

T2 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ร้อยละ 2 ของไขมันในน้ำนม

T3 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ร้อยละ 4 ของไขมันในน้ำนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข2 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ลำดับทดสอบ	color			Veg. Oil			Creamy			Overall Ac		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	6	6	6	6	5	2	3	2	5	5	4	6
2	5	5	5	1	1	1	2	5	3	5	3	5
3	3	4	4	2	6	6	3	4	4	6	1	1
4	5	6	6	2	2	2	5	5	4	6	6	6
5	6	5	3	2	5	2	6	6	3	4	1	6
6	5	5	5	2	1	1	4	6	4	5	6	6
7	4	5	5	5	4	5	6	3	5	6	3	5
8	4	4	4	1	1	1	4	6	5	5	3	4
9	5	5	5	7	3	5	7	5	5	7	3	5
10	5	6	4	3	4	1	4	5	3	5	4	6
11	4	4	4	2	6	3	6	1	4	2	4	3
12	5	5	5	2	4	6	2	3	6	4	5	6
13	5	5	5	1	1	1	4	4	3	5	5	4
14	5	5	5	3	4	4	4	5	5	6	5	5
15	5	6	6	1	1	1	3	5	6	4	5	6
16	5	5	5	2	3	3	2	3	3	4	3	4
17	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5
18	4	4	4	2	1	3	5	4	6	6	6	6
19	3	4	4	4	5	3	3	5	2	3	6	5
20	6	5	6	2	3	3	4	5	4	1	3	5
Ave.	4.75	4.95	4.80	2.70	3.20	2.85	4.05	4.35	4.25	4.70	4.05	4.95
SD.	0.85	0.69	0.83	1.69	1.77	1.69	1.43	1.35	1.16	1.45	1.54	1.28

หมายเหตุ: T1 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมกลุ่มตัวอย่างควบคุม

T2 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง

T3 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข3 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ UHT ที่มีการเติม CLA

ลำดับ	color			Veg. Oil			Creamy			Overall Ac		
ทดสอบ	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	4	4	4	1	2	5	3	3	4	7	7	6
2	5	5	5	2	5	7	6	3	3	7	5	2
3	6	6	6	3	3	6	5	5	4	6	6	3
4	6	6	6	1	6	7	6	6	6	7	2	1
5	6	6	6	2	5	7	4	3	2	7	5	2
6	6	6	6	2	6	4	6	2	1	4	1	3
7	6	6	6	1	7	7	2	6	6	6	1	1
8	6	6	6	4	6	7	4	7	5	6	2	4
9	5	6	6	1	1	4	6	6	5	6	6	4
10	6	6	5	2	3	6	5	4	4	6	3	2
11	5	5	4	3	4	6	4	3	2	6	6	2
12	7	6	6	2	4	4	3	5	4	5	3	3
13	6	7	5	3	5	6	3	5	6	4	5	3
14	6	6	6	3	3	7	3	3	5	5	5	2
15	5	5	5	3	2	4	5	4	6	4	4	1
16	4	3	3	2	4	4	5	4	4	6	5	2
17	6	6	6	1	4	6	5	5	5	6	4	3
18	5	6	6	2	3	3	2	3	3	6	5	5
19	6	4	5	5	5	6	5	6	3	7	6	1
20	5	5	5	1	3	5	4	3	3	5	3	2
Ave.	5.55	5.50	5.35	2.20	4.05	5.55	4.30	4.30	4.05	5.80	4.20	2.60
SD.	0.76	0.95	0.88	1.11	1.57	1.32	1.30	1.42	1.47	1.01	1.77	1.35

หมายเหตุ: T1 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ไขมันร้อยละ 3.50 โดยปริมาตร เป็นตัวอย่างควบคุม

T2 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ร้อยละ 2 ของไขมันในน้ำนม

T3 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีการเติม CLA ร้อยละ 4 ของไขมันในน้ำนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข4 คะแนนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำนม UHT จากโคนมที่เสริมน้ำมันพืช

ลำดับ	color			Veg. Oil			Creamy			Overall Ac		
ทดสอบ	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	3	3	3	2	1	4	5	7	6	6	1	7
2	4	6	6	1	3	5	5	4	4	6	5	5
3	2	3	4	2	1	3	1	7	3	6	7	6
4	5	5	6	1	2	5	2	4	4	6	5	6
5	6	6	6	1	2	6	5	3	3	7	7	6
6	6	6	6	2	2	2	5	4	5	6	6	6
7	5	5	5	1	1	1	7	7	5	6	2	5
8	4	4	4	1	1	1	6	2	2	1	7	7
9	2	2	2	1	5	3	2	5	4	3	5	2
10	4	4	4	2	1	6	6	6	6	6	5	6
11	6	6	6	1	1	1	3	3	4	7	7	7
12	4	4	4	1	1	5	5	6	6	5	6	6
13	4	5	5	1	3	4	5	5	4	7	2	6
14	5	4	5	1	3	6	6	5	5	7	6	6
15	3	4	2	1	2	5	6	4	5	6	2	7
16	6	6	7	5	2	6	3	5	5	3	7	6
17	5	6	6	3	3	4	4	2	6	4	5	6
18	3	3	3	3	4	4	4	7	5	6	6	3
19	5	6	6	3	3	3	5	5	6	7	3	6
20	4	6	4	2	4	6	5	5	6	6	4	4
Ave.	4.30	4.70	4.70	1.75	2.25	4.00	4.50	4.80	4.70	5.55	4.90	5.65
SD.	1.26	1.30	1.45	1.07	1.21	1.75	1.57	1.58	1.17	1.61	1.94	1.31

หมายเหตุ: T1 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมกลุ่มตัวอย่างควบคุม

T2 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันถั่วเหลือง

T3 = น้ำนมพาสเจอร์ไรส์จากโคนมที่มีการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี