รายงานการวิจัย

โครงการการแก้ปัญหาราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ:
โครงการวิจัยพัฒนาแผนแม่บทการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์นม
ประจำปีงบประมาณ 2546

เรื่อง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโค

หน่วยงานที่รับผิดชอบ

คณะวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชนัญ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์
อ.ดร.ธรรมนูญ หนูจักร
อ.มล.ศิริพัสตร์ ไชยันต์
อ.ดร.ปกรณ์ วรานุศุภางกุล
อ.ดร.พุทธรักษา วิลาสุวรรณ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโค

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโค โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยง่าย และ กรดไขมันเป็นตัวแทนของกลิ่นและรส โดยเก็บน้ำนมโคในช่วงระยะเวลาหนึ่งปี เลือกแม่โคที่มีจำนวนการตั้งท้อง ระยะเวลาการให้นม ชนิดของอาหารสัตว์ และสภาพแวดล้อมโรงเรือนของแม่โคที่แตกต่างกัน โดยเลือกฟาร์มโคนม 3 ฟาร์มเป็นตัวแทนของการศึกษา ทำการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายในน้ำนมด้วยเทคนิค solid phase microextraction และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ส่วนในการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันใช้การเตรียมอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์ และวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ที่มีเครื่องต่อพ่วงแมสสเปกโทรเมทรี เพื่อยืนยันชนิดของสารที่ตรวจพบโดยการสืบค้นข้อมูลเทียบกับฐานข้อมูลแมสสเปกโทรเมทรี พบว่าจำนวนครั้งการตั้งท้อง ระยะการให้นม และอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนม สภาพแวดล้อมโรงเรือนส่งอิทธิพลน้อยกว่าปัจจัยด้านอาหารสัตว์มาก การที่จะได้น้ำนมที่มีคุณภาพควรใส่ใจประเด็นหลักที่อาหาร อาหารหมักให้ปริมาณไขมันที่สูง แต่กลิ่นและรสมีโอกาสที่จะไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคได้ง่าย หญ้าสดและหญ้าแห้งให้คุณสมบัติด้านกลิ่นและรสที่ดี แต่ได้ปริมาณไขมันนมต่ำ คุณภาพของหญ้าในประเทศไทยยังไม่มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำนมโคที่มีคุณภาพ

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	8
	1.1 หลักการและเหตุผล	
	1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	
	1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	
	1.4 แนวคิดในการทำวิจัย	
	1.5 เอกสารอ้างอิง	
	1.6 ขอบเขตการศึกษา	
	1.7 ระยะเวลาการศึกษา	
	1.8 ขั้นตอนการศึกษา	
บทที่ 2	ทฤษฎี	11
	2.1 องค์ประกอบของน้ำนม	
	2.2 ความแปรเปลี่ยนของคุณภาพน้ำนม	
	2.3 รสชาติของน้ำนม	
	2.4 การเตรียมตัวอย่าง	
บทที่ 3	การทดลอง	24
	3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
	3.2 สารเคมี	25
	3.3 การวิเคราะห์สารระเหยง่ายโดยเทคนิค SPME	27
	3.4 การสร้างกราฟเทียบมาตรฐานของสารมาตรฐานผสมของสารอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester, FAMEs, C4-C24)	29
	3.5 การทดสอบสีและกลิ่นสารอินทรีย์ (Organoleptic test)	30
	3.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ผลิตในประเทศไทย	30
	3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันในน้ำนมที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย	31
	3.7.1 การสกัดไขมันนม	31
	3.7.2 การเตรียมกรดไขมันให้เป็นสารอนุพันธ์กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (FAMEs)	31

3.7.3 การคำนวณค่าร้อยละของกรดไขมันในไขมันนมตัวอย่าง 32
3.8 น้ำนมตัวอย่าง 32
3.8.1 การเตรียมขวดเก็บตัวอย่าง
3.8.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง
3.8.2.1 การศึกษาตัวแปรของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบของกลิ่นของน้ำนมโคที่ได้ 37
3.8.2.2 การศึกษาระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม 38
3.8.2.3 การศึกษาตัวแปรความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม 38
3.8.2.4 การศึกษาตัวแปรทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม 38
3.8.2.5 การศึกษาจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม 38
3.8.2.6 การศึกษาระยะของการให้นมที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม 38
3.8.2.7 การศึกษาชนิดของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม 41
3.8.2.8 การศึกษาตัวแปรทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม 41
3.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ 41
บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุป 43
4.1 การวิเคราะห์สารระเหยง่ายโดยเทคนิค SPME 43
4.2 การสร้างกราฟเทียบมาตรฐานเพื่อการหาปริมาณของ FAMEs C4-C24 44
4.3 ผลการวิเคราะห์สีและกลิ่นของน้ำนม 45
4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโค 45
4.4.1 อิทธิผลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม 46
4.4.2 อิทธิผลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม 48

4.4.3 อิทธิผลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม 50
4.4.4 อิทธิผลของสภาพแวดล้อมของฟาร์มที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม 51
4.5 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ % ไขมันในน้ำนม 53
4.6 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ %w/w FFA/FAT ไขมันในน้ำนมที่ผลิตในประเทศไทย 54
4.6.1 อิทธิผลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม 54
4.6.2 อิทธิผลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม 58
4.6.3 อิทธิผลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม 59
4.6.4 อิทธิผลของสภาวะแวดล้อมโรงเรือนที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม 60
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 62

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลแลกโตส	14
รูปที่ 2.2	อุปกรณ์จากเตรียมตัวอย่าง SPME	22
รูปที่ 2.3	ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPME	22
รูปที่ 3.1	ภาพฟาร์ม A ฟาร์มโคนม ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา	34
รูปที่ 3.2	ฟาร์ม B	35
รูปที่ 3.3	ฟาร์ม C	36
รูปที่ 4.1	แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมขององค์ประกอบสารระเหยง่าย	43
รูปที่ 4.2	อิทธิพลของจำนวนครั้งการตั้งท้องที่มีต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค	47
รูปที่ 4.3	โครมาโทแกรมของน้ำนมตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย	48
รูปที่ 4.4	อิทธิพลของระยะการให้นมที่มีผลต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค	50
รูปที่ 4.5	อิทธิพลของอาหารต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค	51
รูปที่ 4.6	อิทธิพลของสภาพแวดล้อมของฟาร์มต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค	52
รูปที่ 4.7	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน FAMEs ที่ใช้ในการเทียบมาตรฐานกรดไขมันในน้ำนมตัวอย่าง	55
รูปที่ 4.8	โครมาโทแกรมน้ำนมตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมัน	56
รูปที่ 4.9	อิทธิพลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน	57
รูปที่ 4.10	อิทธิพลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน	58
รูปที่ 4.11	อิทธิพลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน	60
รูปที่ 4.12	อิทธิพลของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำนม	61

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบของน้ำนมโดยทั่วไป	11
ตารางที่ 2.2	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม	12
ตารางที่ 2.3	ปริมาณและชนิดของโปรตีนใน skimmed milk	13
ตารางที่ 2.4	ชนิดของกรดอะมิโนในโปรตีนนม	13
ตารางที่ 2.5	แร่ธาตุที่อยู่ในน้ำนม	14
ตารางที่ 2.6	ชนิดและระดับปริมาณของสารที่กำหนดเป็นระดับค่าการยอมรับได้สำหรับการควบคุมกลิ่นและรสของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม	17
ตารางที่ 3.1	แสดงความบริสุทธิ์ และ อัตราร้อยละของสารแต่ละชนิดในสารละลายมาตรฐานผสม	25
ตารางที่ 3.2	สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนม	28
ตารางที่ 3.3	ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสมของ FAMEs ที่ใช้สร้างกราฟเทียบมาตรฐานที่ 5 ระดับความเข้มข้น	29
ตารางที่ 3.4	สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการวิเคราะห์ FAMEs	30
ตารางที่ 3.5	น้ำหนักของไขมันนมและปริมาตรของรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมสารอนุพันธ์ FAMEs	32
ตารางที่ 3.6	จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม	37
ตารางที่ 3.7	จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม	39
ตารางที่ 3.8	จำแนกรายละเอียดแม่โค 11 ตัว ที่นำมาศึกษาตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมมีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม	40
ตารางที่ 3.9	จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม	40
ตารางที่ 3.10	จำแนกจำนวนแม่โค 7 ตัวที่เลือกจากฟาร์ม 2 ฟาร์ม เพื่อศึกษาความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม	41
ตารางที่ 3.11	จำแนกแม่โคจำนวน 7 ตัว ในแต่ละฟาร์มที่เลือกในการศึกษาความแตกต่างของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม	42
ตารางที่ 4.1	ค่าการตอบสนองการตรวจวัดของสารระเหยง่ายที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้	44

ตารางที่ 4.2	สมการเส้นตรง และความสัมพันธ์เชิงเส้นของกราฟเทียบมาตรฐานที่นำมาใช้ในการทำปริมาณวิเคราะห์	44
ตารางที่ 4.3	ผลการศึกษาสีและกลิ่นของน้ำนมจากตัวแปรที่แตกต่างกัน	46
ตารางที่ 4.4	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	47
ตารางที่ 4.5	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่ในระยะการให้นมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	49
ตารางที่ 4.6	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	50
ตารางที่ 4.7	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	52
ตารางที่ 4.8	อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อ % ไขมันในน้ำนม	53
ตารางที่ 4.9	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	57
ตารางที่ 4.10	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันที่ศึกษาจากแม่โคที่ในระยะการให้นมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	58
ตารางที่ 4.11	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	59
ตารางที่ 4.12	ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

นมจัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญมีสารอาหารที่มีประโยชน์และจำเป็นต่อร่างกาย จึงเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตน้ำนมดิบและการแปรรูปนมในประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จำนวนโคและผลผลิตน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสูง คุณภาพของน้ำนมดิบที่ดีจะส่งผลถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นมทุกประเภทที่จะออกสู่ตลาดถึงผู้บริโภค ซึ่งหมายรวมถึงคุณค่าของสารอาหาร รสชาด และความปลอดภัย ซึ่งมาตรฐานความปลอดภัยนี้จำเป็นจะต้องมีการวางแผนงานการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องทั้งเพื่อประโยชน์ ความปลอดภัยของผู้บริโภค และเป็นการพัฒนาการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เป็นที่นิยม และกระตุ้นตลาดให้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น

กลิ่นและรสนับเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่บอกถึงคุณภาพนม และมีผลกระทบต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคโดยตรง การผันแปรของกลิ่นและรสเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ และเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการผลิต เริ่มจากตัวโคนม ฟาร์ม แหล่งผลิต จนถึงการขนส่ง และกระจายสู่ท้องตลาด แยกพิจารณาที่มาของกลิ่นได้ดังนี้คือ จากการซึมซับกลิ่น ทั้งจากสภาพแวดล้อมของฟาร์ม อาหาร แหล่งเก็บนม แบคทีเรีย สารเคมีและปฏิกิริยาเคมีที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาคุณภาพของน้ำนมทางด้านกลิ่นและรส ในงานวิจัยนี้จึงต้องการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ด้านสารเคมีที่เป็นสาเหตุของกลิ่นและรส ที่มาของปัญหารวมถึงแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพในอนาคต โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่า Acid Degree Value (ADV), หรือ Hydrolytic Rancidity ซึ่งจัดเป็นตัวแปรที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงแนวโน้มของกลิ่นประเภทรสหืน (rancid flavor) ในนม acidity ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในน้ำนม ชนิดและปริมาณของ Fatty acid สารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายในนม (volatile organic compounds) ซึ่งจากค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ รวมถึงชนิดของสารเคมีที่ตรวจพบ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ถึงแหล่งที่มา และทำนายแนวโน้มของกลิ่นและรสที่เปลี่ยนไป รวมถึงการวางแนวทางในการแก้ปัญหาได้ในอนาคต และเป็นการเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นมได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ตรวจวิเคราะห์หาค่า fatty acid และ volatile organic compounds ในน้ำนม จากฟาร์ม สู่ศูนย์รับน้ำนมดิบ
2. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนม และวางแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นและรส

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ข้อมูลของกลิ่นและรสน้ำนมดิบที่ผลิตขึ้นในประเทศ
2. ได้แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของน้ำนมในด้านกลิ่นและรส

1.4 แนวความคิดการทำวิจัย

กลิ่นและรสของน้ำนมนับเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้นการเก็บข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสนี้จะนำมาถึงการวิเคราะห์ปัญหาและการพัฒนาคุณภาพของน้ำนมให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

1.5 เอกสารอ้างอิง

1. Chapman, K.W., H.T.Lawless and K.J.Boor 2001 Quantitative descriptive analysis and principle component analysis for sensory characterization of ultra-pasteurized milk. J.Dairy Sci., 84: 12-20.
2. Wilkes, J.G., Conte, E.D., Kim, Y., Holcomb, M., Sutherland, J.B., Miller, D.W., “Sample preparation for the analysis of flavors and off-flavors in foods.” J.of Chromatography A, 2000, 880, 3-33.
3. Marsili, R.T., “SPME-MS-MVA as an electronic nose for the study of off-flavors in milk.” J.Agri.Food.Chem. 1999, 47, 648-654.
4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นมสด มาตรฐานอุตสาหกรรมฉบับที่ 738 พ.ศ. 2530 สำนักงานมาตาฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

1.6 ขอบเขตการศึกษา

เก็บน้ำนมดิบโดยสุ่มตัวอย่างน้ำนมจากฟาร์มโคนมของเกษตรกรในกลุ่มสหกรณ์โคนมและศูนย์รับน้ำนมของสหกรณ์ที่เลือกศึกษา

1.7 ระยะเวลาที่ทำงานวิจัย

12 เดือน

1.8 ขั้นตอนการศึกษา

1. สำรวจฟาร์มโคนมของเกษตรในกลุ่มสหกรณ์โคนมที่เลือก ทำการคัดแยกโคนมในระยะต่างๆ ของการให้นม (ระยะต้น ระยะกลาง ระยะท้าย) และจำแนกประเภทของอาหารของโคนมที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนอย่างน้อย 2 กลุ่มอาหาร
2. เก็บน้ำนมจากฟาร์มโคนมตามที่จำแนกในข้อ 1 ไม่น้อยกว่า 50 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างนมจากศูนย์รับน้ำนม ไม่น้อยกว่า 20 ตัวอย่าง
3. ทำการวิเคราะห์ค่า ADV, acidity, fatty acid และ volatile organic compounds
4. วิเคราะห์ข้อมูลและรายงานผล

บทที่ 2
ทฤษฎี

การที่จะผลิตน้ำนมทีมีคุณภาพดีนั้นเริ่มต้นจากฟาร์มเป็นสำคัญ หากผลผลิตหรือน้ำนมสดที่ออกจากฟาร์มไม่ดีนั้นจะเป็นการยากที่จะนำไปแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีได้เลย ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของน้ำนมเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

2.1 องค์ประกอบของน้ำนม

องค์ประกอบของน้ำนมนั้นจะแตกต่างกันไปตามสายพันธ์โคนม อาหาร อายุของแม่โค ระยะการให้นม แต่สิ่งที่ส่งผลมากที่สุดจะอยู่ที่อาหารที่ให้กับแม่โค องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำนมนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำนมโดยทั่วไป

องค์ประกอบ	ร้อยละของค่าเฉลี่ย (w/w)
Water	87.3
Solid-no-fat	8.8
Fat in dry matter	31.0
Lactose	4.6
Fat	3.9
Protein	3.25
Casein	2.6
Mineral substances	0.65
Organic acid	0.18
Miscellaneous	0.14

2.1.1 ไขมันนม

ไขมันนมนั้นจะกระจายในน้ำนมเป็นเสมือนหยดเล็ก ๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-12μm ถือเป็นค่าเฉลี่ยที่ประมาณ 3 μm ขาดของเม็ดไขมันนมจะสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในน้ำนมคือหากมีขนาดใหญ่ น้ำนมจะมีปริมาณไขมันสูงตามไปด้วย ในน้ำนมจะมีทั้งโปรตีน

และหมู่ฟอสโฟไลปิดที่จะช่วยให้ไขมันนมกระจายในน้ำนมได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยทั่วไปจะมีจำนวนประมาณ 3,000-4,000 ล้านเม็ดต่อน้ำนม 1 มิลลิลิตร หากผนังเซลล์ไขมันมีโครงสร้างที่ซับซ้อน แต่อาจถูกทำลายด้วยแรงทางกายภาพ หรือการใช้ความร้อน ซึ่งจะทำให้เกิดการแยกชั้น เช่นหากถูกทำลายโดยเอนไซม์ทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) เป็นผลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน และรสชาติที่ไม่เป็นที่ยอมรับได้ ดังนั้นการเก็บและการขนส่งนมจึงควรทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้คงคุณภาพที่ดีอยู่

ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำนมที่มีการศึกษาในต่างประเทศ แสดงค่าโดยประมาณในตารางที่ 2.2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

ชนิดของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน: จำนวนพันธะคู่	ร้อยละของกรดไขมัน/ไขมัน(โดยน้ำหนัก)
Butyric acid	C4:0	3.7
Caproic acid	C6:0	2.0
Caprylic acid	C8:0	1.6
Capric acid	C10:0	2.6
Lauric acid	C12:0	3.3
Myristic acid	C14:0	8.7
Palmitic acid	C16:0	27.0
Stearic acid	C18:0	10.0
Oleic acid	C181	35.0
Linoleic acid	C18:2	4.5
Linolenic acid	C18:3	0.6

2.1.2 โปรตีน

โปรตีนในนมจัดเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีคุณค่าทางอาหารสูง จำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เคซีน (casein) และ เวย์โปรตีน (whey protein) สัดส่วนปริมาณของเคซีนและเวย์โปรตีนจะขึ้นกับฤดูกาลของการรีดนม รวมถึงระยะการให้นมด้วย ค่าเฉลี่ยของโปรตีนในน้ำนมแสดงไว้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณและชนิดของโปรตีนใน skimmed milk

Protein type	%
Casein	82.2
Whey protein	
Beta lactoglobulin	9.6
Alpha lactoglobulin	3.8
Bovine serum albumin	1.4
Minor components	3.0

หากจำแนกโปรตีนในน้ำนมตามชนิดของกรดอะมิโนแสดงไว้ดังตารางที่ 2.4 ดังนี้คือ

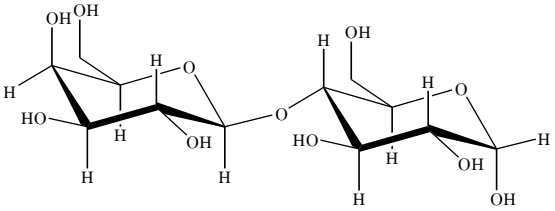
ตารางที่ 2.4 ชนิดของกรดอะมิโนในโปรตีนนม

Amino acid	mg amino acid per gram protein			
	Casein	Whey protein	Skim milk	FAO provisional scoring pattern
Isoleucine	54	76	58	40
Leucine	95	118	99	70
Lysine	81	113	87	55
Methionine+Cysteine	32	52	36	35
Phenylalanine+Tyrosine	111	70	103	60
Threonine	47	84	54	40
Tryptophan	16	24	18	10
Valine	75	72	74	50
Total essential amino acids	511	609	529	360

2.1.3 Lactose

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าแลกโตสจะจัดเป็นสารที่มีปริมาณสูงสุดในส่วนที่เป็นเนื้อของน้ำนม ซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 4.2-5.0% ปริมาณของแลกโตสจะมีค่าต่ำเมื่อทำการรีดนมในระยะปลายหรือในช่วงที่วัวมีอาการติดโรค

แลกโตสจัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วย α-D-Glucose เกาะกับ β-D-Galactose สารแลกโตสนี้สามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่กรดอะมิโนอิสระในโปรตีนได้ ซึ่งปฏิกิริยาที่มักเกิขึ้นคือ Maillard reaction ทำให้เกิดเป็นสีน้ำตาล นอกจากสีน้ำนมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว ยังมีผลทำให้คุณค่าอาหารลดลง เกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ ซึ่งเกิดได้ดีเมื่อมีการให้ความร้อน หรือมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH หรือมีการเติมปริมาณน้ำตาลลงไปในนม โครงสร้างของแลกโตสแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลแลกโตส

2.1.4 แร่ธาตุในน้ำนม

ในน้ำนมจะประกอบด้วยแร่ธาตุมากมายส่วนใหญ่จะเป็นไอออนที่มีประจุบวกหนึ่ง แร่ธาตุเหล่านี้จะเกาะอยู่ในน้ำนมในลักษณะเป็นสารแขวนลอยกระจายอยู่หรืออยู่ในส่วนของสารละลาย ซึ่งแคลเซียมจัดเป็นแร่ธาตุที่มีมากถึง หนึ่งในสามส่วน และยังกระจายอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ฟอสเฟตด้วย ชนิดและปริมาณของแร่ธาตุในน้ำนมแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แร่ธาตุที่อยู่ในน้ำนม

Mineral	Total (mmol/l)
Calcium	30.1
Magnesium	5.1
Sodium	25.5
Potassium	36.8
Chloride	30.3
Inorganic phosphate	20.9
Citrate	9.8

ในด้านการเปลี่ยนแปลงด้านแร่ธาตุพบว่ามีค่าการแปรผันกับฤดูกาลหรือตัวแปรอื่น ๆ น้อยกว่าปริมาณโปรตีนและแลกโตส การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อสมดุลของปริมาณแคลเซียมในสารละลายและในคอลลอยด์ เพราะเกิดมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณซิเตรท เกลือซิเตรททำหน้าที่เป็นเสมือนบัฟเฟอร์ระหว่างแคลเซียมและไฮโดรเจนไอออน ที่ค่าความเป็รกรดเบสที่เป็นกลางแคลเซียมจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับเกลือซิเตรท ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายได้ การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณซิเตรทอาจเป็นผลมาจากอาหารและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซียมที่ละลายในน้ำนมได้เช่นกัน

น้ำนมจะมีแร่ธาตุอื่น ๆ อีกมากที่ผสมร่วมอยู่ แต่จะมีเฉพาะธาตุส่วนน้อยเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อร่างกายเช่น แมกนีเซียม สังกะสี ซีลีเนียม โมลิบดินัม และไอโอไดน์

2.1.5 สารที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อย และธาตุอาหารเสริม

ในน้ำนมยังประกอบด้วยสารอื่น ๆ ประกอบร่วมอยู่ด้วยอีกมาก แต่มีเป็นปริมาณน้อย แต่กระนั้นสารบางชนิดอาจเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทางเคมี และชีวเคมีเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงอื่น ๆ ได้อีก เช่น ยูเรีย ซึ่งมักปนเปื้อนเข้ามาในน้ำนมและมีค่าปริมาณแปรผันตามฤดูกาล ระดับของยูเรียในน้ำนมจะแปรตามระดับของยูเรียในเลือดซึ่งมีความสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้เลี้ยงแม่โค นอกจากนี้ในน้ำนมยังมีไลโพโปรตีนไลเปส (lipoprotein lipase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสของไตรกลีเซอไรด์ให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระ เป็นผลให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นกลิ่นเหม็นหืน กลิ่นที่ออกรสขม หรือกลิ่นไม่สะอาดในน้ำนมได้ รสและกลิ่นของนม ในน้ำนมยังมีเอนไซม์อื่นอีกหลายชนิดเช่น Lactoperoxidase, Xanthine oxidase ซึ่งหากมีในปริมาณมากจะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำนมที่ได้ จึงควรควบคุมไม่ให้เอนไซม์เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาโดยการเก็บน้ำนมในที่เย็น เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อาจเกิดมีขึ้นได้

ไวตามินจัดเป็นอาหารเสริมที่สำคัญที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ไวตามินที่ตรวจพบในน้ำนมจะมีทั้งไวตามินที่ละลายในไขมันได้แก่ ไวตามิน A, D และ E และไวตามินที่ละลายได้ดีในน้ำได้แก่ไวตามิน C, B1, B2, B6, B12, pantothenic acid, niacin, biotin และ folic acid หากทำการเก็บรักษานมไม่เหมาะสม เช่นปล่อยให้ถูกแสงแดด จะทำให้ ไวตามิน C, B2 และ A สูญเสียไปได้ และหากให้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปนมจะทำให้ B1, B6, B12, และ folic acid ลดลงได้

2.2 ความแปรเปลี่ยนของคุณภาพน้ำนม

จากที่กล่าวแล้วว่าคุณภาพน้ำนมจะขึ้นกับสัดส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งคุณภาพที่เปลี่ยนไปนั้นที่สำคัญได้แก่ปริมาณไขมัน ชนิดของโปรตีน มีการศึกษาพบว่าสายพันธ์ของแม่โคจะมีผลที่สำคัญต่อองค์ประกอบของน้ำนม นอกจากนี้ยังขึ้นกับระยะเวลาในการให้นม Colostrum เต้านม อาหารสัตว์ โรงเรือน อุปกรณ์ในการรีดนม เทคนิคการรีดนม ภาชนะในการจัดเก็บ ขนถ่าย สถานที่ และอุณหภูมิในการจัดเก็บน้ำนม ล้วนแล้วแต่มีผลต่อคุณภาพน้ำที่ได้ทั้งสิ้น

2.3 รสชาติของน้ำนม

น้ำนมสดที่มีคุณภาพดีนั้นเมื่อชิมรสจะรู้สึกถึงองค์ประกอบของไขมัน ทั้งจากไขมันเม็ดที่แขวนลอยในสภาพคอลลอยด์และที่ละลายอยู่ในสารละลาย และมีรสหวานจากแร่ธาตุและน้ำตาลแลกโตสที่มีอยู่ในน้ำนมธรรมชาติ สิ่งที่สำคัญไม่น้อยไปกว่ากันคือ กลิ่นของน้ำนมสดที่จะมีความเป็นเอกลักษณ์ จากรายงานการศึกษาพบว่าสารที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกลิ่นได้แก่ สารประกอบคาร์บอนิล แอลกอฮอลก์ กรดไขมัน แลกโตน เอสเทอร์ สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบไนโตรเจน สารไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ตรง และสารอะโรเมติกไฮโดรคาร์บอน

เมื่อทำการจำแนกกลิ่น และรสเพื่อพิจารณาองค์ประกอบของสารที่เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดกลิ่นธรรมชาติน้ำนมสด พบว่ากลิ่นของน้ำนมจะประกอบด้วยสารระเหยง่ายหลายชนิดในระดับความเข้มข้นต่ำ โดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 1-100 mg/Kg และมีสารบางประเภทที่มาจากอาหารและถ่ายเข้าสู่น้ำนมได้ หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาทั้งทางเคมี เอนไซม์แ และจากผลทางจุลชีววิทยา ทำให้สารประกอบบางตัวมีค่าเกินกว่าค่าการยอมรับของการให้กลิ่นที่ดี จึงมีการกำหนดค่าชนิดและปริมาณสารที่จะให้กลิ่นและรสที่พึงประสงค์ หากสารใดมีค่าเกินกว่าระดับที่กำหนด จะมีผลให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้ ซึ่งเกณฑ์การยอมรับนี้จะกำหนดเป็นค่าที่เรียกว่า Flavor Threshold ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดเฉพาะสำหรับควบคุมกลิ่นในน้ำนม ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชนิดและระดับปริมาณของสารที่กำหนดเป็นระดับค่าการยอมรับได้สำหรับการควบคุมกลิ่นและรสของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม

Compound	Flavor threshold (mg/kg)
n-Alkanoic acids	
Butanoic acid	25
Hexanoic acid	14
Octanoic acid	10
Decanoic acid	13
Dodecanoic acid	9
n-Alkanals	
Ethanal	1.50
Prapanal	0.50
Butanal	0.20
Pentanal	0.15
Hexanal	0.07
Heptanal	0.10
Octanal	0.10
Nonanal	0.20
n-Alkanols	
Butanol	0.5
Pentanol	0.4
Hexanol	0.5
Heptanol	0.6
Lactones	
γ_{10}	1.5
δ_{10}	2.0

Compound	Flavor threshold (mg/kg)
2-Alkanones	
2-Butanone	80.0
2-Pentanone	9.0
2-Hexanone	0.4
2-Heptanone	0.7
2-Octanone	0.5
2-Nonanone	4.0
2-Decanone	15.0
2-Undecanone	20.0
Ethyl esters	
Ethyl butanoate	0.03
Ethyl hexanoate	0.08
Miscellaneous	
1-Octen-3-one	10.0[a]
Diacetyl	20.0a
Dimethyl sulfide	20.0a

[a] *Value expressed as μg/kg*

2.3.1 สารประกอบที่เป็นต้นกำเนิดของรสชาติในน้ำนม

2.3.1.1 สารประกอบที่ให้กลิ่นและรสในน้ำนมสด

สารประกอบที่เป็นต้นกำเนิดของกลิ่นและรสในน้ำนมสดได้แก่ carbonyl, alkanols, free fatty acids, sulphur compounds, ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการเมตะบอลิซึ่ม แม้ว่าอาหารที่แม่โคกินเข้าไปจะไม่มีกลิ่นเลยก็ตาม บางครั้งสารระเหยง่ายจะผ่านจากอาหารเข้าสู่น้ำนมโดยผ่านทางกระเพาะอาหาร

2.3.1.2 สารประกอบที่ให้กลิ่นและรสในน้ำนมสดที่มาจากไขมันนม

ไขมันนมเป็นต้นเหตุที่สำคัญของกลิ่นน้ำนม ทั้งกลิ่นที่ดี และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ กลีเซอไรด์จะเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันอิสระจากกระบวนการของแบคทีเรียและเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีอาจก่อให้เกิดสารอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งสารนี้เป็นสาเหตุที่สำคัญของกลิ่น และมีปริมาณการยอมให้มีได้ต่ำ ตามตารางที่ 2.6

2.3.1.3 สารประกอบที่ให้กลิ่นและรสในน้ำนมสดที่มาจากโปรตีน แลกโตน และไทอะมีน

โปรตีน และแลกโตนเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดสารประกอบที่ให้กลิ่นและรสโดยกระบวนการทางเคมี เอนไซม์ และเชื้อแบคทีเรีย

สารประกอบซัลเฟอร์อาจเกิดขึ้นผ่านกระบวนการความร้อนที่เปลี่ยน β-lactoglobumin และ ผนังเมมเบรนของเม็ดไขมัน และสารบางประเภทเช่น methanethiol, dimethyl disulfide และ methional จะเกิดขึ้นได้เมื่อ methionine ในน้ำนมได้รับแสง

ปฏิกิริยา nonenzymatic browning เป็นสาเหตุให้เกิดสารเช่น pyrazines, pyrroles, pyridines, thiazoles, furand และ maltol เป็นต้น

เปปไทด์จำทำให้เกิดรสขม ซึ่งเกิดจากการที่โปรตีนในน้ำนมทำปฏิกิริยากับเอนไซม์หรือแบคทีเรีย proteinase เอนไซม์ชนิดนี้จะเป็นปัญหามากในน้ำนมเพราะทนความร้อนได้สูงมาก

ไวตามิน B1 จะสลายตัวเมื่อได้รับแสง และปฏิกิริยาการเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และมีระดับความเข้มข้นของการยอมรับได้ต่ำมาก

2.3.2 กลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำนม

2.3.2.1 สาเหตุของการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

การเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำนมนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุดังนี้คือ

ก) กลิ่นที่เกิดจากการดูดซับ น้ำนมสดอาจเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากการส่งผ่านกลิ่นที่มาจากอาหาร อากาศ หรือกลิ่นจากลมหายใจ ปัสสาวะ หรือมูลสัตว์

ข) กลิ่นที่มาจากอาหารหรือหญ้า ซึ่งเป็นสิ่งที่ส่งผ่านเข้าสู่ร่างการแม่โคโดยตรง ซึ่งนับเป็นต้นเหตุสำคัญของกลิ่นและรส ซึ่งกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ได้แก่ สาร benzyl mercaptan, methyl mercaptan, dimethyl sulphide, dimethyl disulfide, indole, skatole และ trimethylamine

ค) กลิ่นสาปโค กลิ่นสาปของสัตว์นั้นบางครั้งจะปนเข้ามาในน้ำนม และหากแม่โคเป็นโรค จะมีกลิ่นเฉพาะตัวที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการเมตะโบลิซึ่มมากขึ้น ซึ่งกลิ่นสาปวัวนี้จะเป็นเหตุให้มีการเพิ่มขึ้นของสารอะซิโตนในน้ำนม

ง) กลิ่นจากกระบวนการออกซิเดชั่น กระบวนการออกซิเดชันที่สำคัญที่เป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ ได้แก่กระบวนการออกซิเดชันของไขมัน สารประกอบคาร์บอนิลจะเพิ่มสูงขึ้นหากมีโลหะเข้าช่วยเร่งปฏิกิริยาของการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่นตัว (เช่นท่อทองแดง หรือภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะ) และอาจเกิดจากการที่มีใช้อาหารสัตว์ที่มีปริมาณไขมันสูงมากเช่นถั่วเหลือง หรือในอาหารนั้นไม่มีปริมาณแอนตี้ออกซิแดนท์ เช่นไวตามิน E

จ) กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการความร้อน

ฉ) กลิ่นที่เกิดจากแสง

2.3.2.2 กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากสาเหตุทางจุลชีววิทยาและเอนไซม์

หากมีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม หรือการเพิ่มของเอนไซม์จะเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพในน้ำนมได้อย่างมากมาย กลิ่นที่เกิดขึ้นได้แก่

ก) กลิ่นไม่สะอาด กลิ่นนี้มักเกิดจากการที่มีสารไดเมทิลซัลไฟด์ ซึ่งเกิดขึ้นจาก rod-shape gram-negative psychotropic bacteria เมื่อเก็บนมไว้ที่อุณหภูมิ 4°C หรือสูงกว่า

ข) กลิ่นผลไม้ ได้แก่กลิ่นของสารประเภทเอทิลเอสเทอร์ของ butyric, isovaleric และ caproic acid ซึ่งเกิดจาก psychotropic organisms เช่น Pseudomonas fragii

ค) กลิ่นมอลต์ สารที่ให้กลิ่นนี้ได้แก่ 3-methyl butanal, 2-methylbutanal และ 2-methyl propanal ซึ่งเกิดจากเชื้อ Streptococcus lactis var. maltigene ซึ่งมักเกิดจากการที่ไม่เก็บน้ำนมที่อุณหภูมิที่เหมาะสม

ง) กลิ่นฟีโนลิก กลิ่นนี้มักเกิดขึ้นในขวดนมที่ทำการ sterilize แต่เกิดการปนเปื้อนของสปอร์ของ Bacillus circulans สารที่เกิดขึ้นจะเป็นสาร cresols

จ) กลิ่นขม กลิ่นขมนี้มักเกิดขึ้นกับน้ำนมที่นำไปให้ความร้อน ผ่านระบบ UHT proteinasesจะทำให้โปรตีนในน้ำนมแตกตัวเป็นเปปไทด์สายสั้น

ฉ) กลิ่นหืน เกิดจากกรดไขมันโซ่ตรงสายสั้น (C4-C12) อาจเกิดจากสาเหตุของ lipase หรือแบคทีเรียไลเปส

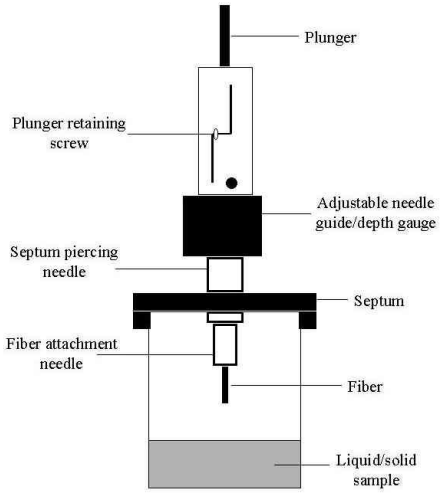
จะเห็นได้ว่าหากทำการเก็บรักษาน้ำนมไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุให้น้ำนมมีกลิ่นหืน กลิ่นไม่สะอาด หรือกลิ่นผลไม้ได้ ซึ่งจัดเป็นสาเหตุที่สำคัญ

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์เชิงเคมีของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นมนั้นต้องอาศัยวิธีการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างอาหารจะไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี เพราะในสารตัวอย่างมีทั้งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารที่ระเหยยากอื่น ๆ อยู่ด้วยซึ่งต้องทำการกำจัดออกก่อน ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารระเหยง่ายซึ่งเป็นสารที่เป็นสาเหตุของกลิ่นนั้นจะใช้เทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME) ซึ่งจะได้กล่าวถึงเทคนิคนี้พอเข้าใจดังนี้

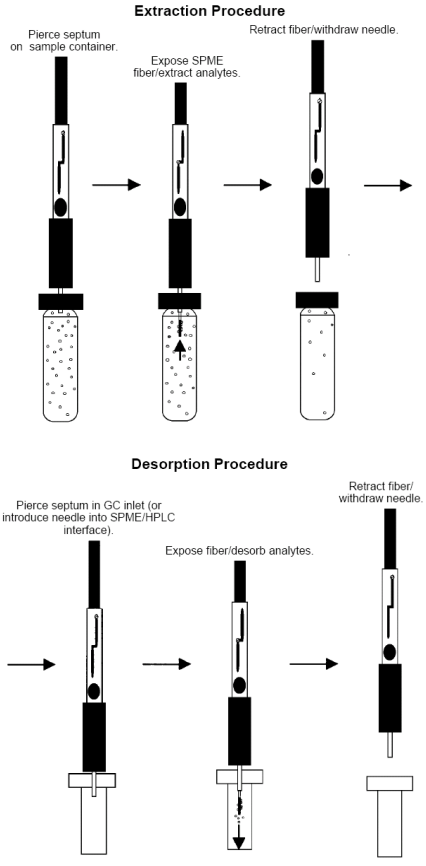
2.4.1 Solid Phase Microextraction (SPME)

เทคนิค Solid-phase microextraction (SPME) นี้เป็นเทคนิคการเตรียมตัวอย่างซึ่งพัฒนาโดย pawliszyn และคณะในปี ค.ศ. 1989 และเริ่มนำมาใช้ในทางการค้าในราวปี ค.ศ. 1993. เทคนิคนี้เป็นเทคนิคการสกัดสารที่ต้องการออกจากเนื้อเมทริกซ์โดยไม่ต้องอาศัยตัวทำละลาย โดยอาศัยท่อแคปิลารีขนาดเล็กที่ทำด้วยฟิวส์ซิลิกาและเคลือบภายนอกของท่อแคปิลารีด้วยฟิลม์บางของสารที่เป็นตัวดูดซับที่จะเรียกว่าไฟเบอร์ ซึ่งจะใช้เป็นสารจับสารระเหยง่ายที่ต้องการวิเคราะห์ ท่อแคปิลารีหรือไฟเบอร์นี้จะวางอยู่ในตัวโครงภายในท่อโลหะซึ่งมีลักษณะเสมือนเข็มฉีดตัวอย่าง ท่อโลหะนี้เป็นตัวป้องกันเส้นใยแคปิลารี และช่วยในการแทงเข้าสู่ตัวอย่างและฉีดผ่านแผ่นยางรองฉีดเข้าในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ลักษณะของอุปกรณ์ SPME แสดงดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์จากเตรียมตัวอย่าง SPME

การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPME เพื่อการวิเคราะห์สารระเหยง่ายนั้นทำได้ 2 ทาง ด้วยกันคือ ใช้จุ่มไฟเบอร์ลงไปในสารตัวอย่างโดยตรง หรือใช้เทคนิคเฮดสเปส คือการวางท่อไฟเบอร์ที่อากาศเหนือสารตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPME

ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างด้วยเทคนิค SPME นั้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 เทคนิคนี้มีข้อดีหลายประการคือไม่ยุ่งยาก ราคาของไฟเบอร์จัดว่าถูกกว่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น และสามารถใช้ท่อไฟเบอร์สกัดซ้ำกับสารตัวอย่างได้เป็นพันตัวอย่าง

ในการสกัดน้ำนมตัวอย่างซึ่งมีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนสูงเทคนิคเฮดสเปสจะเหมาะสมว่าเทคนิคการจุ่มไฟเบอร์ลงไปในสารละลายโดยตรง ซึ่งต้องเลือกชนิดของไฟเบอร์ให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพขั้วของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งต้องทำการปรับสภาวะให้มีความเหมาะสมต่อการสกัดสารและให้สภาพไวการวิเคราะห์สูงสุด

ในขั้นตอนการวิเคราะห์จะใช้ขวดเฮดสเปสบรรจุน้ำนมลงไปราวครึ่งขวดปิดฝาให้สนิทและจุ่มไฟเบอร์ลงไปบริเวณอากาศเหนือสารละลาย ควบคุมเวลาการสกัด และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด จากนั้นจึงนำไฟเบอร์ที่มีสารที่ต้องการสกัดเกาะอยู่ฉีดเข้าวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

ในงานวิจัยที่มุ่งที่จะศึกษาเฉพาะปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนม โดยเน้นการศึกษาสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่น และกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำนมและเป็นสาเหตุสำคัญของรส

บทที่ 3
การทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี พร้อมเครื่องตรวจวัดชนิด Flame Ionization (FID) รุ่น GC 6890 พร้อมเครื่องฉีดและป้อนสารอัตโนมัติ รุ่น 7693 ของบริษัท Agilent Technologies, USA.

3.1.2 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโทรเมทรี รุ่น GC 6890N/MSD 5973 ของบริษัท Agilent Technologies, USA.

3.1.3 คอลัมน์ชนิด HP-FFAP (Nitroterephthalic acid modified polyethylene glycol), ขนาด 25 m × 320 μm × 0.5 μm film thickness ของบริษัท Agilent Technologies, USA.

3.1.4 คอลัมน์ชนิด HP-5ms (5% phenyl methyl siloxane), ขนาด 30 m × 250 μm × 0.25 μm film thickness ของบริษัท Agilent Technologies, USA.

3.1.5 อุปกรณ์ Solid phase Micro Extraction (SPME) พร้อมเส้นใยจับสารชนิด 75 μm Carboxen™ PDMS และ 2 ซม. 50/30 μm DVB/Carboxen/PDMS Stable Flex ของบริษัท Supelco, USA

3.1.6 เข็มฉีดตัวอย่างแก๊ส (Gastight syringe) ขนาด 1.00 มิลลิลิตร ของบริษัท Hamilton USA

3.1.7 ขวดบรรจุตัวอย่างขนาด 10, 20, และ 60 มิลลิลิตร พร้อมแผ่นยาง และฝาผนึกอะลูมิเนียมขนาด 20 มิลลิเมตร

3.1.8 ขวดบรรจุตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิดขวด และแผ่นยางปิดผนึก

3.1.9 อุปกรณ์ในการปิดผนึกขวด (Crimper) และอุปกรณ์ในการเปิดผนึกขวด (Decapper) ขนาด 11 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร

3.1.10 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิของบริษัท Memmert, Germany

3.1.11 อ่างทรายควบคุมอุณหภูมิ

3.1.12 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Hot Plate) ของบริษัท Schott, Germany

3.1.13 ตู้อบตัวอย่าง ของบริษัท Memmert, Germany

3.1.14 เครื่องแก้วชนิด Volumetric pipette ขนาด 5.00, 10.00 และ 50.00 มิลลิลิตร, Graduated pipette ขนาด 2.00, และ 10.00 มิลลิลิตร, กระบอกตวงขนาด 2.00, และ 10.00 มิลลิลิตร กรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร บีกเกอร์ขนาด 25, 50 และ 250 มิลลิลิตร

3.1.15 อุปกรณ์ในการกลั่นพร้อมขวดก้นกลมขยาด 50 มิลิลตร

3.1.16 Micropipettes พร้อม tips

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารมาตรฐาน

- Butyric acid, Caproic acid, Caprylic acid, Capric acid, and Lauric acid ของบริษัท Fluka Chemika, Switzerland
- Fatty Acid Methyl Ester (FAMEs) Mix $C_4 – C_{24}$, ของบริษัท Supelco, USA.

ตารางที่ 3.1 แสดงความบริสุทธิ์ และ อัตราร้อยละของสารแต่ละชนิดในสารละลายมาตรฐานผสม

Analyte	Purity	Weight%
Butyric acid methyl ester (C4:0)	99.9	3.996
Caproic acid methyl ester (C6:0)	99.8	3.993
Caprylic acid methyl ester (C8:0)	99.9	3.995
Capric acid methyl ester (C10:0)	99.6	3.996
Undecanoic acid methyl ester (C11:0)	99.9	1.997
Lauric acid methyl ester (C12:0)	98.2	3.993
Tridecanoic acid methyl ester (C13:0)	99.0	1.997
Myristic acid methyl ester (C14:0)	99.9	3.993
Myristoleic acid methyl ester (C14:1)	99.6	1.996
Pentadecanoic acid methyl ester (C15:0)	99.9	2.001
Cis-10-Pentadecanoic acid methyl ester (C15:1)	99.0	1.998
Palmitic acid methyl ester (C16:0)	99.9	5.992
Palmitoleic acid methyl ester (C16:1)	99.8	1.997
Heptadecanoic acid methyl ester (C17:0)	99.9	1.996
Cis-10-Heptadecanoic acid methyl ester (C17:1)	99.1	1.996
Stearic acid methyl ester (C18:0)	99.9	3.998
Oleic acid methyl ester (C18:1)	99.9	3.994
Elaidic acid methyl ester (C18:1)	99.9	1.997

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงความบริสุทธิ์ และ อัตราร้อยละของสารแต่ละชนิดในสารละลายมาตรฐานผสม

Analyte	Purity	Weight%
Linoleic acid methyl ester (C18:2)	99.9	1.998
Linoelaidic acid methyl ester (C18:2)	99.9	1.999
Linolenic acid methyl ester (C18:3)	99.9	1.998
Gamma-Linolenic acid methyl ester (C18:3)	99.9	1.998
Arachidic acid methyl ester (C20:0)	99.9	3.994
Cis-11-Eicosenoic acid methyl ester (C20:1)	98.2	2.001
Cis-11,14-Eicosadienoic acid methyl ester(C20:2)	99.9	1.996
Cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic acid methyl ester (C20:3)	95.8	2.089
Cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic acid methyl ester (C20:3)	99.6	2.003
Arachidonic acid methyl ester (C20:4)	99.6	2.004
Cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic acid methyl ester (C20:5)	99.9	1.996
Heneicosanoic acid methyl ester (C21:0)	99.9	1.999
Behenic acid methyl ester (C22:0)	99.3	3.993
Erucic acid methyl ester (C22:1)	99.9	1.998
Cis-13, 16-Docosadienoic acid methyl ester (C22:2)	99.9	
Cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic acid methyl ester (C22:6)	98.1	2.014
Tricosanoic acid methyl ester (C23:0)	99.7	1.999
Ligoceric acid methyl ester (C24:0)	99.9	3.993
Nervonic acid methyl ester (C24:1)	99.9	2.003

3.2.2 ตัวทำละลายอินทรีย์ ชนิด Petroleum ether และ Anhydrous diethyl ether ของบริษัท J.T. baker Chemical Company, Deventer, Holland, Methanol, Ethanol, Hexane, Acetone และ 2-Butanone ของบริษัท E. Merck, Darmstadt, Germany.

3.2.3 รีเอเจนต์อื่น ๆ ได้แก่ Ammonium hydroxide (J.T. Baker Chemical Company, Deventer, Holland), Boron trifluoride/Methanol 14% (Sigma-Aldrich Company, Steinhiem, Germany), Sodium chloride และ Anhydrous Sodium sulfate (E. Merck, Darmstadt, Germany).

3.2.4 สารละลายมาตรฐานผสมของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

3.2.4.1 สารละลายมาตรฐานผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายเตรียมโดย การสารผสมที่มีความเข้มข้นของสารทุกตัวที่ศึกษาที่ปริมาณ 1000 ppm โดยการชั่งน้ำหนัก capric acid และ lauric acid 50 มิลลิกรัม ใส่ลงในขวดเฮดสเปสขนาด 60 มิลลิลิตร และปิเปตน้ำบริสุทธิ์ (Milli Q water) ตามลงไป 50 มิลลิลิตร และปิเปตสาร acetone, 2-butanone, butyric acid, caproic acid, และ caprylic acid (63.30 µl, 62.20 µl, 52.20 µl, 54.00 µl, and 55.00 µl, ตามลำดับ) จากนั้นจึงปิดผนึกฝาขวดให้แน่นด้วยแผ่นยางและฝาผนึกอะลูมเนียม และเก็บเข้าตู้เย็นเพื่อรอการใช้งาน

3.2.4.2 สารละลายมาตรฐานผสมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีค่าสิบเท่าของค่ากลิ่นและรสที่ยอมรับได้ (Flavor threshold value) เตรียมโดย ชั่งน้ำหนัก capric acid 6.5 มิลลิกรัม และ lauric acid 4.5 มิลลิกรัม ใส่ลงในขวดเฮดสเปสขนาด 60 มิลลิลิตร และปิเปตน้ำบริสุทธิ์ (Milli Q water) ตามลงไป 50 มิลลิลิตร และปิเปตสาร acetone, 2-butanone, butyric acid, caproic acid, และ caprylic acid (50.63 µl, 49.69 µl, 13.0 µl, 7.55 µl, and 5.49 µl, ตามลำดับ) จากนั้นจึงปิดผนึกฝาขวดให้แน่นด้วยแผ่นยางและฝาผนึกอะลูมิเนียม และเก็บเข้าตู้เย็นเพื่อรอการใช้งาน

3.2.5 สารละลายมาตรฐาน FAMEs ในตัวทำละลายเฮกเซน

ทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานของสารผสม C4-C24 เข้มข้น 2000 ppm โดยการละลายสารผสม C4-C24 100 มิลลิกรัมในตัวทำละลายเฮกเซนและปรับปริมาตรเป็น 50.00 มิลลิลิตร

3.3 การวิเคราะห์สารระเหยง่ายโดยเทคนิค SPME

การศึกษาจำแนกชนิดและปริมาณของสารระเหยง่ายในน้ำนมนั้น ทำโดยใช้เทคนิค SPME โดยใช้สารละลายมาตรฐานผสมเพื่อการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เตรียมไว้ที่ระดับความ

เข้มข้นสิบเท่าของค่ารสและกลิ่นที่ยอมรับได้ (ที่เตรียมไว้ในข้อ 3.4.2.2) มาเติมลงไปในนมพลาสเจอไรส์ที่บรรจุในขวดเฮดสเปสขนาด 20 มิลลิลิตร ให้มีความเข้มข้นอยู่ที่ระดับ ค่าของกลิ่นและรสที่ยอมรับได้ และมีปริมาตรอยู่ที่ 10 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้แน่นโดยใช้แผ่นยาง butyl septum และฝาผนึกอะลูมิเนียม นำอุปกรณ์เข็ม SPME ที่มีเส้นใยชนิด CAR/PDMS หรือ DVB/CAR/PDMS ที่ผ่านการปรับสภาวะ (ทำความสะอาดโดยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิราว 200°C เป็นเวลา 10 นาที) แทงผ่านเข้าไปใช้ชั้นอากาศที่อยู่เหนือสารละลายนม ตั้งขวดนี้ไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 45°C เป็นเวลา 20 นาที และนำเข็ม SPME นี้ฉีดเข้าเครื่อง GC ที่ตั้งสภาวะไว้ตามตารางที่ 3.2 ทำการเปรียบเทียบกับสารละลายนมที่ทำการกำจัดกลิ่นออกแล้ว ที่ใช้เป็นสารละลายแบลงก์ และทำการศึกษาเทียบระหว่างสารละลายนมตัวอย่างโดยใช้โครมาโทแกรมที่ได้จากนมผสมสารละลายมาตรฐานเป็นเกณฑ์การเปรียบเทียบ

ตารางที่ 3.2 สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนม

GC Parameters	GC Condition
Injector	Spit mode; Split ratio 10:1 , 250°C
Analytical Column	25m × 0.32 mm × 0.5 film thickness HP-FFAP (Nitrophthalic acid modified polyethylene glycol) Capillary column
Temperature program	50°C (2 min) to 220°C (5 min) at 6°C /min
Detector	Flame Ionization Detector (FID), 250°C
Flow rate	
Carrier gas (He)	1.0 ml/min
H_2	40.0 ml/min
Air	450.0 ml/min
Make up gas (N_2)	45.0 ml/min

3.4 การสร้างกราฟเทียบมาตรฐานของสารมาตรฐานผสมของสารอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester, FAMEs, C4-C24)

ในการวิเคราะห์ปริมาณของกรดไขมันชนิดต่างๆ ในน้ำนมนั้นจะรายงานในเทอมร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมันในไขมันนม (% w/w Free Fatty Acid / FAT) กราฟเทียบมาตรฐานเพื่อการหาปริมาณจะเขียนกราฟแนวแกนความเข้มข้นในหน่วย มิลลิกรัมต่อลิตรของกรดไขมัน ส่วนการเปลี่ยนจากหน่วยกรัมต่อลิตรให้เป็นหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมันในน้ำนมนั้นจะได้อธิบายในตอนท้าย ในการวิเคราะห์กรดไขมันในน้ำนมด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีนั้นจะวิเคราะห์โดยการเปลี่ยนกรดไขมันให้อยู่ในรูปของสารอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันนั้น ๆ เพื่อให้อยู่ในรูปที่สารที่ระเหยง่ายเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณจะทำโดยการใช้เทียบกับปริมาณสารมาตรฐานผสมของสารอนุพันธ์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (FAMEs) ซึ่งใช้สารละลายมาตรฐานรวมของ FAMEs ตั้งแต่ C4-C24 ความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดในสารละลายมาตรฐานผสมที่ใช้เตรียมกราฟเทียบมาตรฐานนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 โดยทำการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับความเข้มข้น ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งในทุกระดับความเข้มข้น สร้างกราฟเทียบมาตรฐานโดยการสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของแต่ละสารในแต่ละซ้ำของแต่ละระดับความเข้มข้น หาค่าความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง ความชัน จุดตัดแกน และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง สภาวะของการวิเคราะห์แสดงไว้ดังตารางที่ 3.4 และกราฟเทียบมาตรฐานทุกเส้นแสดงไว้ในส่วนของบทแทรก (APPENDIX)

ตารางที่ 3.3 ค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสมของ FAMEs ที่ใช้สร้างกราฟเทียบมาตรฐานที่ 5 ระดับความเข้มข้น

FAMEs	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสม FAMEs (mg/L)				
	400	800	1200	1600	2000
C 14:0	15.9720	31.9440	47.9160	63.8880	79.8600
C 14:1	7.9840	15.9680	23.9520	31.9360	39.9200
C 16:0	23.9680	47.9360	71.9040	95.8720	119.8400
C 16:1	7.9840	15.9680	23.9520	31.9360	39.9200
C 18:0	15.9920	31.9840	47.9280	63.9680	79.9600
C 18:1	15.9760	31.9520	47.9280	63.9040	79.8800
C18:2	7.9920	15.9840	23.9760	31.9680	39.9600
C 18:3	7.9920	15.9840	23.9760	31.9680	39.9600

การยืนยันชนิดของสารที่วิเคราะห์จะใช้ค่าเวลาการหน่วงเหนี่ยว (retention time) ร่วมกับข้อมูลแมสสเปกตรัมของสารนั้น ๆ โดยการเทียบกับคลังข้อมูลแมสสเปกตรัมไวเลย์ รุ่น 7.0 (mass spectrum library Wiley 7.0) ผลแสดงไว้ในหัวข้อ 4.2

ตารางที่ 3.4 สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการวิเคราะห์ FAMEs

GC Parameters	GC Condition
Injector	Spit mode; Split ratio 10:1 , 250°C
Analytical Column	30m × 0.25 mm × 0.25 µm film thickness HP-5ms (5% phenyl methyl siloxane) Capillary column
Flow rate/Carrier gas	1.0 ml/min, Helium
Temperature program	150°C (4 min) to 250°C (5 min) at 4°C /min
Detector	Mass Selective Detector (MSD)
MSD condition	EI Voltages : 70 eV
	Scan mode : 45 to 400 m/z
	Solvent delay time 2 min

3.5 การทดสอบสีและกลิ่นสารอินทรีย์ (Organoleptic test)

ทำการเขย่าน้ำนมตัวอย่างที่เก็บมาใหม่ ๆ ด้วยความแรงปานกลางเป็นเวลา 1 นาที เทน้ำนมปริมาณ 30 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์แก้วขนาด 50 มิลลิลิตร พิจารณาและบันทึกสีของน้ำนมและกลิ่นโดยการดม แสดงผลการทดลองไว้ในหัวข้อ 4.3

3.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ผลิตในประเทศไทย

จากวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นในน้ำนมที่ทำโดยการใช้เทคนิคการเตรียมตัวอย่าง SPME ตามหัวข้อ 3.3 และวิเคราะห์ด้วยสภาวะเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีตามตารางที่ 3.2 นั้น โดยจะใช้ตัวอย่างน้ำนมที่เก็บจากฟาร์มโคนมในหัวข้อ 3.7 นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ความสัมพันธ์ของค่าพื้นที่ใต้พีกกับค่าแฟกเตอร์การตอบสนองการตรวจวิเคราะห์ของสารแต่ละชนิด และผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.4

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันในน้ำนมที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

3.7.1 การสกัดไขมันนม

ชั่งน้ำนมตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ให้ได้ค่าน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ลงไป 1.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมเอทานอล 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมตัวทำละลายไดเอทิลอีเทอร์อีก 25 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ประมาณ 1 นาที เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร เขย่าซ้ำ และตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้นและรอจนกระทั่งสารละลายส่วนบนใส แยกสารละลายอีเทอร์ออกมาใส่ในบีกเกอร์ และทำการเติมตัวทำละลายลงไปในกรวยแยกเพิ่มอีกอย่างละ 15 มิลลิลิตรทำการสกัดซ้ำ และแยกสารละลายออกมารวมกับสารในบีกเกอร์เดิม ทำการระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้อ่างทรายควบคุมอุณหภูมิ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ไม่ทำให้เกิดการกระเด็นของสารออกมานอกบีกเกอร์ เมื่อแห้งแล้วนำไขมันนี้มาอบในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 102$\pm$2°C จากนั้นนำมาชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่ ละลายไขมันออกจากบีกเกอร์ให้สมบูรณ์โดยใช้สารละลายปิโตรเลียนอีเทอร์ร้อน ประมาณ 15-25 มิลลิลิตร และทำให้บีกเกอร์เดิมแห้งและชั่งน้ำหนักบีกเกอร์เปล่าอีกครั้ง น้ำหนักหายไปจะเท่ากับน้ำหนักไขมันที่ได้ ผลการทดลองแสดงไว้ในหัวข้อ 4.5

3.7.2 การเตรียมกรดไขมันให้เป็นสารอนุพันธ์กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (FAMEs)

นำไขมันที่ได้จากหัวข้อ 3.6.1 ใส่ลงในขวดก้นกลม และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N ในเมทานอล ลงไป ซึ่งปริมาณการเติมแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 และใส่ boiling chip ลงไปด้วย ต่อระบบท่อควบแน่นเพื่อทำการรีฟักซ์สารละลาย (reflux) ตั้งรีฟลักซ์ไว้จนกระทั่งเม็ดไขมันกระจายหายไปหมด (ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที) เติม 14% โบรอนไตรฟลูออไรด์ในเมทานอลลงไป ในปริมาณตามตาราง 3.5 โดยใช้ graduated pipette เติมผ่านท่อควบแน่นลงไปในขวดก้นกลม และต้มต่อไปอีก 2 นาที จากนั้นเติมตัวทำละลายเฮกเซนลงไปอีก 5 มิลลิลิตรผ่านท่อควบแน่นและต้มต่อไปอีก 1 นาที ปิดเตาให้ความร้อน และถอดท่อควบแน่นออก และเติมสารละลายอิ่มตัวโซเดียมคลอไรด์ลงไป ตัวทำละลายเฮกเซนจะอยู่ชั้นบน ถ่ายสารละลายเฮกเซนใส่ในขวดเก็บตัวอย่างและเติมโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำลงไป เพื่อให้กำจัดน้ำออกจากตัวทำละลายเฮกเซน ทำการเจือจางสารละลายเฮกเซนให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ GC

ตารางที่ 3.5 น้ำหนักของไขมันนมและปริมาตรของรีเอเจนต์ที่ใช้ในการเตรียมสารอนุพันธ์ FAMEs

Sample (mg)	Round bottom flask (ml)	0.5 N NaOH in Methanol (ml)	BF_3 Reagent (ml)
100-250	50	4	5
250-500	50	6	7
500-750	100	8	9
750-1000	100	10	12

3.7.3 การคำนวณค่าร้อยละของกรดไขมันในไขมันนมตัวอย่าง

การรายงานผลค่าปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมันแต่ละชนิดในไขมันนม (%w/w FFA/FAT) คำนวณค่าโดยใช้สมการดังนี้คือ

$$\% \text{ w/w FFA/FAT} = \frac{C_i \times Concentration\ Factor}{1000} \times 0.1$$

C_i = ความเข้มข้นของ $FAME_i$ ในหน่วย มิลลิกรัมต่อกรัม

$$\text{Concentration Factor} = \frac{1000}{W_f}$$

W_f = น้ำหนักไขมันในหน่วยกรัม

3.8 น้ำนมตัวอย่าง

3.8.1 การเตรียมขวดเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างน้ำนมสดจะใช้ขวดสีชาที่สะอาดและอบที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และปิดฝาให้สนิท

3.8.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างในการทดลองนี้จะทำการเลือกฟาร์มตัวอย่างที่แตกต่างกัน 3 ฟาร์ม โดยเลือกให้มีสภาวะแวดล้อม ลักษณะพื้นฐาน อาหาร และเลือกชนิดและจำนวนโคนมที่ต้องการศึกษาข้อมูลรายละเอียดของโคนม และจำนวนโคนมแสดงในตารางที่ 3.6-3.11 การเก็บนมตัวอย่างจะเก็บสัปดาห์เว้นสัปดาห์และเก็บทันทีหลังการรีดนม โดยเก็บจากน้ำนมที่ผ่านการคนในถังเก็บนมแล้วและแบ่งมาใส่ขวดตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 3.7.1 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0-4°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์เสร็จ (ไม่เกิน 3 วัน) การเก็บตัวอย่างทำในช่วง มกราคม 2547 ถึง กุมภาพันธ์ 2548

ฟาร์ม A

สถานที่	กรุงเทพ
ลักษณะ	โรงเรือนพื้นปูน ทำความสะอาดง่าย และมีระบบระบายอากาศที่ดี
พันธุ์โคนม	>75% Holstein-Friesian
ระยะเวลาการรีดนม	วันละ 2 ครั้ง 5:00 น. และ 16:00 น.
อาหาร	หญ้าสด และหญ้าแห้ง และอาหารข้น

ฟาร์ม B

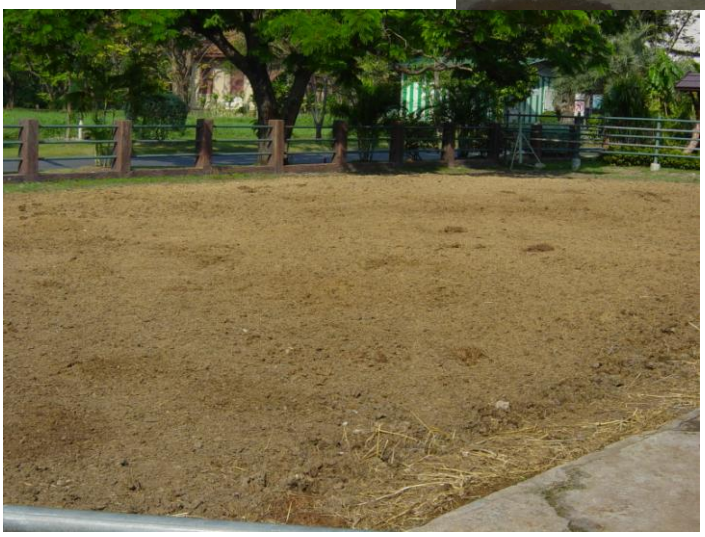
สถานที่	ชลบุรี
ลักษณะ	โรงเรือนพื้นปูน ทำความสะอาดง่าย และมีระบบระบายอากาศที่ดี
พันธุ์โคนม	>75% Holstein-Friesian
ระยะเวลาการรีดนม	วันละ 2 ครั้ง 5:00 น. และ 16:00 น.
อาหาร	ข้าวโพดหมัก และอาหารข้น

ฟาร์ม C

สถานที่	ชลบุรี
ลักษณะ	โรงเรือนพื้นปูน ทำความสะอาดง่าย และมีระบบระบายอากาศที่ดี
พันธุ์โคนม	>75% Holstein-Friesian
ระยะเวลาการรีดนม	วันละ 2 ครั้ง 5:00 น. และ 16:00 น.
อาหาร	ข้าวโพดหมัก และอาหารข้น

ภาพของฟาร์มที่เลือกศึกษานั้นแสดงไว้ในรูปที่ 3.1, 3.2 และ 3.3

รูปที่ 3.1 ภาพฟาร์ม A ฟาร์มโคนม ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา



รูปที่ 3.2 : ฟาร์ม B

รูปที่ 3.3 : ฟาร์ม C

3.8.2.1 การศึกษาตัวแปรของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบของกลิ่นของน้ำนมโคที่ได้

ในการศึกษาแม่โคนมที่มีความแตกต่างที่จำนวนครั้งการตั้งท้องโดยเลือกเก็บน้ำนมจากแม่โคที่เลือกให้มีจำนวนครั้งของการตั้งท้องแตกต่างกันตั้งแต่ 1-5 ครั้ง โดยเลือกศึกษาให้ในแต่ละกลุ่มมีจำนวนโคที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ตัว ตามที่แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

จำนวนครั้งของการตั้งท้อง	จำนวนแม่โค	ฟาร์ม	ระยะการให้นม
1	1	A	Early
	2	A	Mid
	3	B	Early
	4	B	Mid
	5	C	Early
2	1	A	Early
	2	A	Mid
	3	B	Early
	4	B	Mid
	5	C	Early
3	1	A	Early
	2	A	Mid
	3	B	Early
	4	B	Mid
	5	C	Early
4	1	A	Early
	2	A	Mid
	3	B	Early
	4	B	Mid
	5	C	Early
5	1	A	Early
	2	A	Mid
	3	B	Early
	4	B	Mid
	5	C	Early

3.8.2.2 การศึกษาระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

ทำศึกษาความแตกต่างของระยะการให้นมของแม่โคจำแนกออกเป็นระยะต้น 10-90 วันหลังคลอด ระยะกลาง 91-180 วัน ระยะท้าย 181-240 วัน โดยเก็บน้ำนมตลอดทุกระยะการให้นมของแม่โค 4 ตัว จากฟาร์ม A จำแนกเป็นแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 2 จำนวน 3 ตัว และแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 4 จำนวน 1 ตัว เป็นตัวแทนการศึกษา

3.8.2.3 การศึกษาตัวแปรความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

เลือกศึกษาแม่โคนม 2 ฟาร์ม ฟาร์มละ 20 ตัว โดยเลือกจากฟาร์ม A และฟาร์ม B ที่ใช้อาหารเลี้ยงสัตว์แตกต่างกัน โดยฟาร์ม A จะใช้หญ้าสดและหญ้าแห้งเป็นอาหารสัตว์ และฟาร์ม B จะใช้ ข้าวโพดหมัก เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ทำการเก็บน้ำนมของแม่โคทั้ง 2 ฟาร์ม โดยเลือกแม่โคทั้งสองฟาร์ม ฟาร์มละ 20 ตัว ที่อยู่ในสภาวะที่ใกล้เคียงกันทั้งจำนวนการตั้งท้อง และระยะเวลาการให้นมตามที่จำแนกไว้ในตารางที่ 3.7

3.8.2.4 การศึกษาตัวแปรทางสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

ใช้ฟาร์ม B และฟาร์ม C ซึ่งมีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการเก็บน้ำนมของแม่โคในทั้ง 2 ฟาร์มที่เลือกศึกษา ฟาร์มละ 11 ตัว แม่โคทั้ง 2 ฟาร์มจะเลือกให้อยู่ในสภาวะที่มีจำนวนการตั้งท้อง และระยะการให้นมในระยะเดียวกัน ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.8

3.8.2.5 การศึกษาจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมจากแม่โค 10 ตัว ที่มีจำนวนครั้งของการตั้งท้องแตกต่างกัน ตั้งแต่ 1-5 ครั้ง และมีระยะการให้นมที่แตกต่างกัน โดยเลือกระยะต้นจากฟาร์ม C และระยะกลางจากฟาร์ม A ซึ่งจำแนกรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 3.9

3.8.2.6 การศึกษาระยะของการให้นมที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

ทำการศึกษาถึงความแตกต่างของระยะการให้นมของแม่โคซึ่งจำแนกออกเป็นระยะต้น 10-90 วันหลังคลอด ระยะกลาง 91-180 วัน ระยะท้าย 181-240 วัน โดยเก็บน้ำนมในทุกระยะของแม่โค 4 ตัว จำแนกเป็นแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 2 จากฟาร์ม B จำนวน 2 ตัว และแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 3 จากฟาร์ม C จำนวน 1 ตัว และแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 4 จากฟาร์ม A จำนวน 1 ตัว เป็นตัวแทนการศึกษา

ตารางที่ 3.7 จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

จำนวนแม่โค	จำนวนครั้งการตั้งท้อง (Lactation number)	ระยะการให้นม Stage of Lactation
1	1	Early
2	1	Early
3	1	Late
4	2	Early
5	2	Early
6	2	Early
7	2	Early
8	2	Mid
9	2	Mid
10	2	Mid
11	2	Mid
12	2	Late
13	3	Early
14	3	Early
15	3	Mid
16	3	Mid
17	4	Early
18	4	Mid
19	5	Mid
20	6	Mid

ตารางที่ 3.8 จำแนกรายละเอียดแม่โค 11 ตัว ที่นำมาศึกษาตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมมีผลต่อองค์ประกอบของสารระเหยง่ายในน้ำนม

จำนวนแม่โค	จำนวนครั้งการตั้งท้อง (Lactation number)	ระยะการให้นม Stage of Lactation
1	1	Early
2	1	Early
3	2	Early
4	2	Early
5	2	Early
6	2	Early
7	2	Mid
8	2	Mid
9	3	Mid
10	5	Mid
11	6	Mid

ตารางที่ 3.9 จำแนกแม่โคที่นำมาศึกษาตัวแปรจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

จำนวนครั้งการตั้งท้อง (Lactation number)	จำนวนแม่โค	ฟาร์ม	ระยะการให้นม Stage of Lactation
1	1	A	Mid
	2	C	Early
2	3	A	Mid
	4	C	Early
3	5	A	Mid
	6	C	Early
4	7	A	Mid
	8	C	Early
5	9	A	Mid
	10	C	Early

3.8.2.7 การศึกษาชนิดของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

ทำการศึกษาถึงตัวแปรของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม โดยเก็บน้ำนมจากแม่โคจากฟาร์ม A ซึ่งเลี้ยงด้วยหญ้าสดและหญ้าแห้งและจากฟาร์ม B ซึ่งเลี้ยงโดยใช้ข้าวโพดหมัก เลือกแม่โคฟาร์มละ 7 ตัว เป็นตัวแทนในการศึกษา และเลือกให้แม่โคทั้งสองฟาร์มที่อยู่ในสภาวะใกล้เคียงกันคือมีจำนวนการตั้งท้องและระยะการให้นมในช่วงเดียวกัน ซึ่งจำแนกรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 จำแนกจำนวนแม่โค 7 ตัวที่เลือกจากฟาร์ม 2 ฟาร์ม เพื่อศึกษาความแตกต่างของอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

จำนวนแม่โค	จำนวนครั้งการตั้งท้อง (Lactation number)	ระยะการให้นม Stage of Lactation
1	2	Mid
2	2	Late
3	2	Late
4	2	Late
5	4	Early
6	5	Mid
7	6	Mid

3.8.2.8 การศึกษาตัวแปรทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

ทำโดยการเก็บน้านมจากแม่โคที่เลือกจากฟาร์ม 2 ฟาร์ม คือฟาร์ม B และฟาร์ม C ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน โดยเลือกแม่โคฟาร์มละ 7 ตัว ให้มีสภาวะที่ใกล้เคียงกัน คือมีจำนวนครั้งการตั้งท้อง และระยะการให้นมเดียวกัน ดังที่แสดงในตารางที่ 3.11

3.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาจะนำมาทดสอบนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์แบบ one-way ANOVA จากซอฟท์แวร์โปรแกรมเอกเซล

ตารางที่ 3.11 จำแนกแม่โคจำนวน 7 ตัว ในแต่ละฟาร์มที่เลือกในการศึกษาความแตกต่างของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

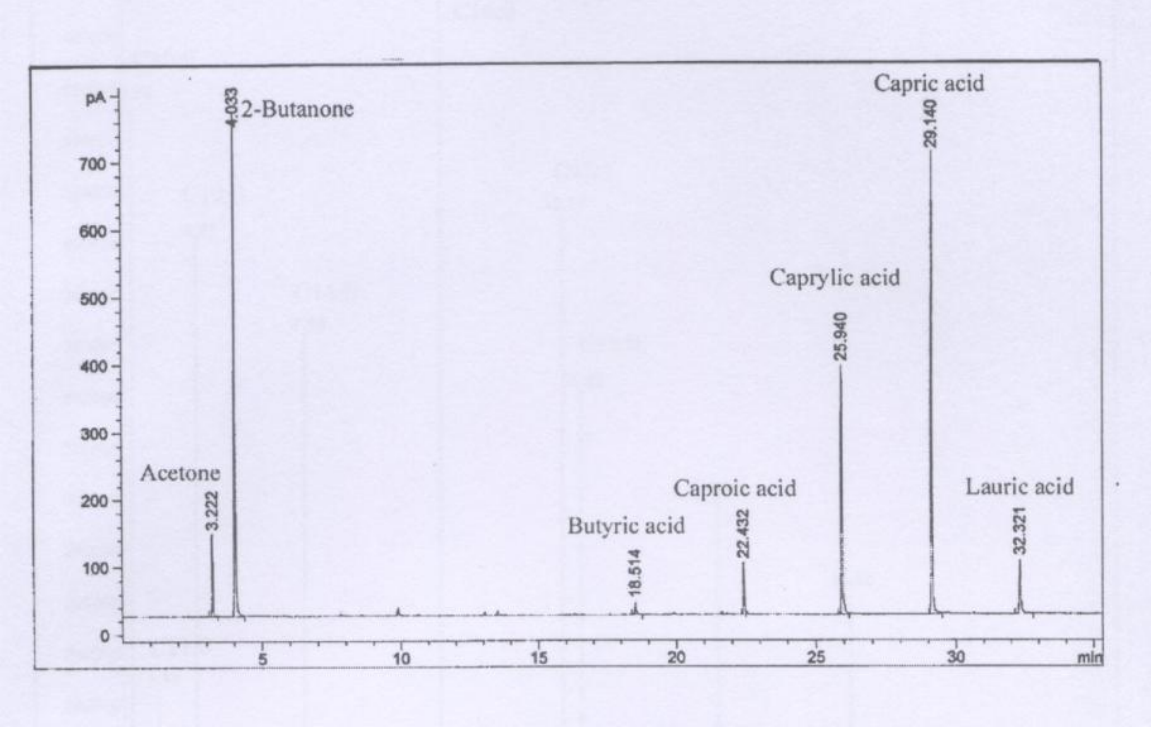
จำนวนแม่โค	จำนวนครั้งการตั้งท้อง (Lactation number)	ระยะการให้นม Stage of Lactation
1	1	Early
2	1	Early
3	2	Early
4	2	Early
5	2	Mid
6	2	Mid
7	4	Early

บทที่ 4
ผลการทดลองและสรุป

4.1 การวิเคราะห์สารระเหยง่ายโดยเทคนิค SPME

ในการศึกษาชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ที่ระเหยง่ายที่เป็นสาเหตุของกลิ่นในน้ำนมในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิค Headspace-sold Phase Microextraction (HS-SPME) ในการศึกษา จากการใช้เส้นใยชนิด 75 μm CAR/PDMS และ 50/30 μm DVB/CAR/PDMS เป็นเส้นใยในการจับกลิ่น โดยทดลองทำการวิเคราะห์สารมาตรฐาน 7 ชนิด ซึ่งเป็นสารหลักที่ให้ความสนใจได้แก่ acetone, 2-Butanone, Butyric acid, Caproic acid, Caplyric acid, Capric acid และ Lauric acid พบว่าเทคนิคนี้ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดี ที่สภาวะการทดลองใช้ปริมาตรน้ำนม 10 มิลลิลิตร บรรจุในขวดเฮดสเปส ควบคุมอุณหภูมิที่ 45°C ทิ้งเวลาให้สารเข้าสู่สมดุล 20 นาที ก่อนทำการฉีดอากาศ ที่อยู่ส่วนบนของขวดเก็บตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าได้โครมาโทแกรมที่สามารถแยกสารที่ให้กลิ่นทั้ง 7 ชนิดได้ดีดังแสดงตามโครมาโทแกรมรูปที่ 4.1 และค่าการสนองตอบการตรวจวัดที่ดีดังตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมขององค์ประกอบสารระเหยง่าย



ตารางที่ 4.1 ค่าการตอบสนองการตรวจวัดของสารระเหยง่ายที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้

Volatile compound	Response factor
Acetone	0.134
2-butanone	0.023
Butyric acid	28.022
Caproic acid	7.309
Caprylic acid	3.296
Capric acid	2.934
Bauric acid	7.657

4.2 การสร้างกราฟเทียบมาตรฐานเพื่อการหาปริมาณของ FAMEs C4-C24

การหาปริมาณของกรดไขมันในน้ำนม ทำโดยการสร้างกราฟเทียบมาตรฐานจากโครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารละลายผสม FAMEs C4-C24 ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 5 ค่า และนำมาสร้างกราฟระหว่างปริมาณสารผสมที่ทราบค่าและพื้นที่ให้พีกที่วัดได้จากโครมาโทแกรม หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ซึ่งแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.2 และรายละเอียดรูปกราฟในบทแทรก

ตารางที่ 4.2 สมการเส้นตรง และความสัมพันธ์เชิงเส้นของกราฟเทียบมาตรฐานที่นำมาใช้ในการทำปริมาณวิเคราะห์

FAMEs	Linear Equation	Correlation coefficient (r^2)
C14:0	y = 116392 x - 566896	0.9990
C14:1	y = 104176 x – 572932	0.9964
C16:0	y = 132464 x – 1000000	0.9992
C16:1	y = 121562 x – 791181	0.9950
C18:0	y = 150749 x – 1000000	0.9990
C18:1	y = 254700 x – 2000000	0.9991
C18:2	y = 108634 x – 821755	0.9917
C18:3	y = 83377 x - 746351	0.9829

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าจากการวิเคราะห์สารมาตรฐานผสมและสร้างกราฟเทียบมาตรฐาน 5 ระดับความเข้มข้นโดยเทคนิคนี้ จัดเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณเนื่องจากให้ค่าความเป็นเส้นตรงที่ดีมีค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.9829-0.9992

4.3 ผลการวิเคราะห์สีและกลิ่นของน้ำนม

ผลการตรวจสอบสีและกลิ่นของน้ำนมสดที่ได้หลังการรีดนมแสดงไว้ดังตารางที่ 4.3 สีของน้ำนมที่ตรวจพบมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวจนถึงขาวเหลือง จากน้ำนมแม่โคที่ผ่านการตั้งท้องจาก1-5 ครั้ง และในช่วงระยะการให้นมจากช่วงต้น ถึงช่วงปลาย และผู้ดมกลิ่นไม่สามารถแยกความแตกต่างของน้ำนมของแม่โคในแต่ละระยะการให้นม หรือความแตกต่างที่จำนวนการตั้งท้องได้

เมื่อเปรียบเทียบน้ำนมที่ได้จากแม่โคที่กินอาหารแตกต่างกัน จะพบว่าสีของน้ำนมที่ได้มีความแตกต่างเล็กน้อย แม่โคที่กินหญ้าทั้งหญ้าสดและหญ้าแห้งสีของน้ำนมจะมีสีขาว ในขณะที่แม่โคที่กินข้าวโพดหมักเป็นอาหารสีของน้ำนมจะมีสีขาวแกมเหลือง กลิ่นของน้ำนมจากแม่โคที่กินข้าวโพดหมักจะมีกลิ่นหอมมันมากกว่าวัวที่กินหญ้า คาดว่าหญ้าสดและหญ้าแห้งนั้นอาจเป็นอาหารที่มีคุณภาพต่ำกว่า เพราะพบว่าให้ปริมาณไขมันต่ำกว่าด้วย อีกทั้งข้าวโพดหมักยังมีสารแคโรทีนที่ออกสีเหลืองซึ่งน่าจะเป็นผลที่ทำให้น้ำนมออกสีค่อนไปทางขาวเหลือง การดมกลิ่นของน้ำนมจากแม่โคที่กินอาหารต่างกันจะให้ผลการทดสอบกลิ่นที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน

และจากการทดสอบสีและกลิ่นของน้ำนมที่ได้จากแม่โคที่เลี้ยงดูในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ไม่พบความแตกต่างที่เด่นชัด คาดว่าเป็นเพราะผลฟาร์มที่เลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันคือฟาร์ม B และฟาร์ม C ใช้อาหารสัตว์ชนิดเดียวกันคือข้าวโพดหมัก ซึ่งอาหารสัตว์น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้น้ำนมที่ได้มีสีขาวเหลืองและมีกลิ่นมันเนยชัดเจนจึงไม่เห็นความแตกต่างของสีและกลิ่นที่มาจากของสภาวะแวดล้อม

4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโค

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนม ที่ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค Headspace SPME และวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และใช้การเปรียบเทียบค่าแฟกเตอร์การตอบสนองการตรวจวัดในการคำนวณการหาปริมาณ

ตารางที่ 4.3 : ผลการศึกษาสีและกลิ่นของน้ำนมจากตัวแปรที่แตกต่างกัน

ตัวแปร	สี	กลิ่น
จำนวนครั้งการตั้งท้อง		
1 → 5	ขาว→ขาวเหลือง	ไม่พบความแตกต่าง
ระยะการให้นม		
ต้น → ปลาย	ขาว→ขาวเหลือง	ไม่พบความแตกต่าง
อาหารสัตว์		
หญ้าสดและหญ้าแห้ง	ขาว	มันเนยปานกลาง
ข้าวโพดหมัก	ขาวเหลือง	มันเนย
สิ่งแวดล้อม		
โรงเรือนพื้นปูนซีเมนต์ (ฟาร์ม B)	ขาว→ขาวเหลือง	มันเนย
โรงเรือนพื้นดิน (ฟาร์ม C)	ขาว→ขาวเหลือง	มันเนย

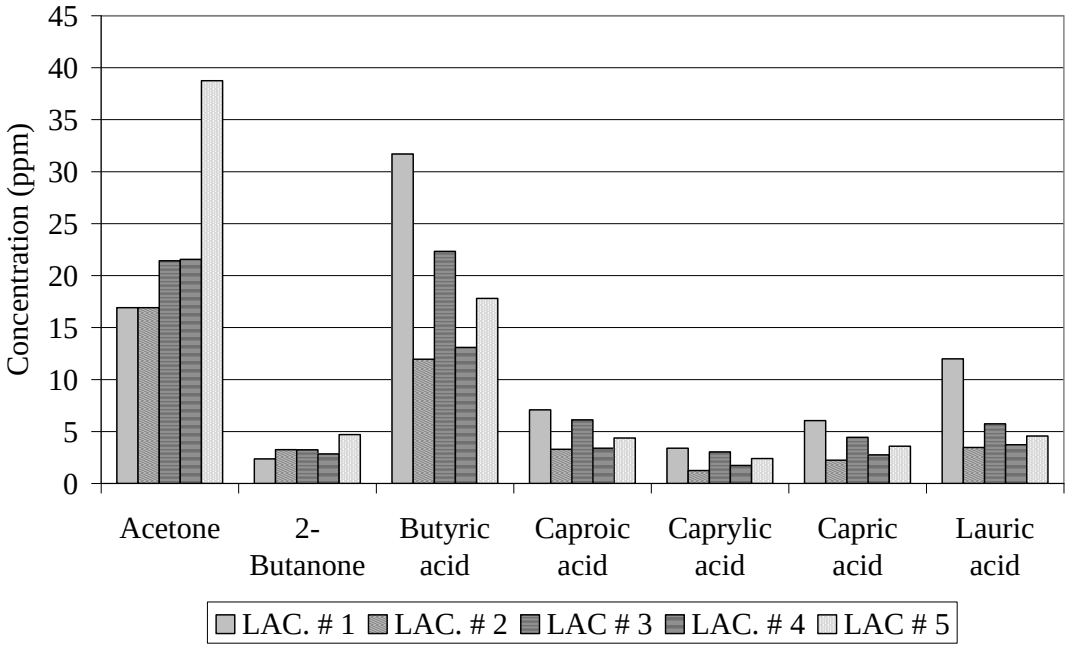
จากการเก็บน้ำนมตัวอย่างในสภาวะตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนครั้งของการตั้งท้อง ระยะการให้นม ความแตกต่างของอาหาร และสภาวะแวดล้อม โรงเรือน และนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่าย แสดงค่าการตรวจวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4-4.7 และแยกรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละตัวแปรได้ดังนี้คือ

4.4.1 อิทธิผลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม

จากการเก็บน้ำนมของแม่โคจำแนกความแตกต่างตามจำนวนครั้งการตั้งท้องตั้งแต่ 1 จนถึง 5 ครั้ง และใช้โปรแกรมทางสถิติในการพิจารณาค่านัยสำคัญ ซึ่งแสดงผลในตารางโดยใช้ค่า p-value ตามตารางที่ 4.4 และรูปกราฟที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 แสดงโครมาโทแกรมของน้ำนมตัวอย่างดังนี้

ตารางที่ 4.4 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	จำนวนครั้งการตั้งท้อง					p-value
	1	2	3	4	5	
Acetone	17.717	19.279	17.012	18.282	26.355	0.7049
Butanone	2.896	3.904	2.553	1.831	3.990	0.8606
Butyric acid	17.825	19.694	23.770	31.019	35.129	0.8697
Caproic acid	4.374	5.813	6.884	8.702	9.393	0.8818
Caprylic acid	2.896	3.040	3.450	4.822	4.582	0.9418
Capric acid	4.065	5.908	5.332	7.894	6.272	0.9303
Lauric acid	6.809	8.510	7.297	8.450	10.324	0.9695

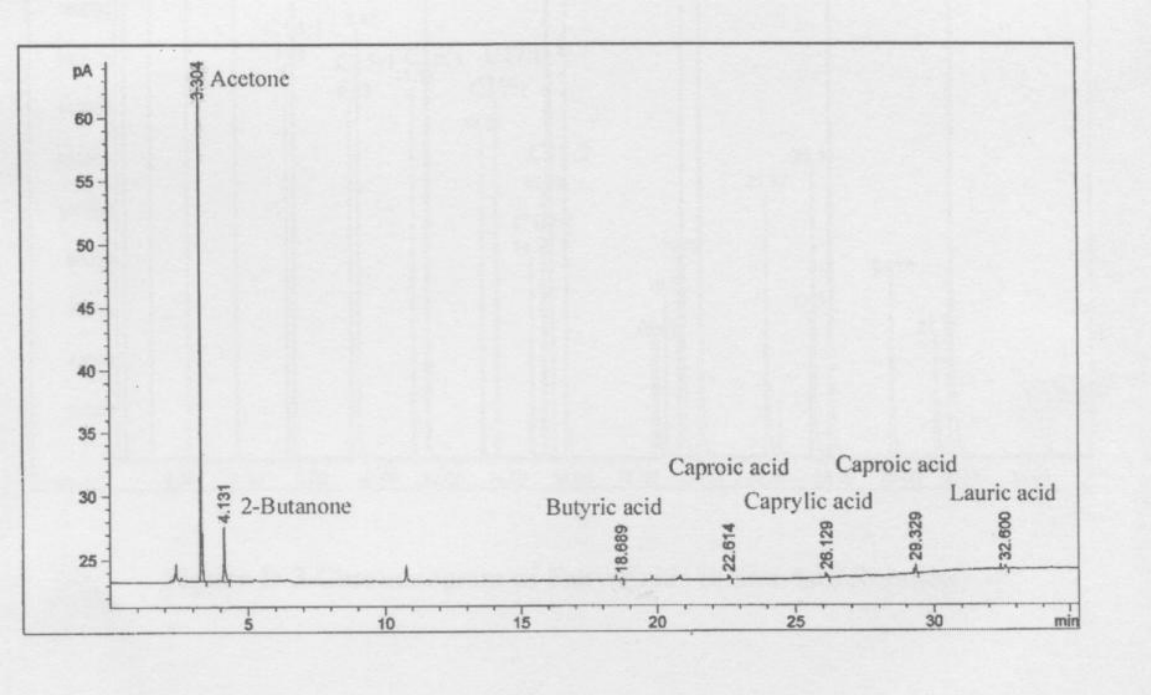


รูปที่ 4.2 อิทธิพลของจำนวนครั้งการตั้งท้องที่มีต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค

ปริมาณของสารอะซิโตน (acetone) และกรดไขมันโซ่สั้น (short-chain fatty acids) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการตั้งท้องของแม่โคที่ศึกษา เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของสารที่ตรวจพบของแม่โคที่ตั้งท้องครั้งแรกจนถึงแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ 5 พบว่าสารเกือบทุกตัวมีค่า

เพิ่มขึ้น โดยสารอะซิโตนมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 17-26 ppm บิวนาโนน (Butanone) 1.8-4.0 ppm กรดบิวทาริก (Butyric acid) 17.8-35.1 ppm กรดคาโปรอิก (Caproic acid) 4.4-9.4 ppm กรดคาปริก (Capric acid) 2.9-4.8 ppm และกรดลอริก (Lauric acid) 4.1-7.9 ppm

แม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องเป็นครั้งที่ 4 และ 5 จะพบว่ามีปริมาณกรดบิวทาริกสูงกว่าระดับสูงสุดของกลิ่นที่ยอมรับได้ (exceeds the flavour threshold level) และในแม่โคที่ตั้งท้องครั้งที่ 5 พบว่าปริมาณกรดลอริกมีค่าสูงกว่าระดับสูงสุดที่ของกลิ่นที่ยอมรับได้ ดังนั้นนมที่เก็บจากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องสูงจะมีแนวโน้มที่จะให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ และจากการตรวจวิเคราะห์พบว่าแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องสูงน้ำนมจะข้นและมีปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.3 โครมาโทแกรมของน้ำนมตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่าย

4.4.2 อิทธิผลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม

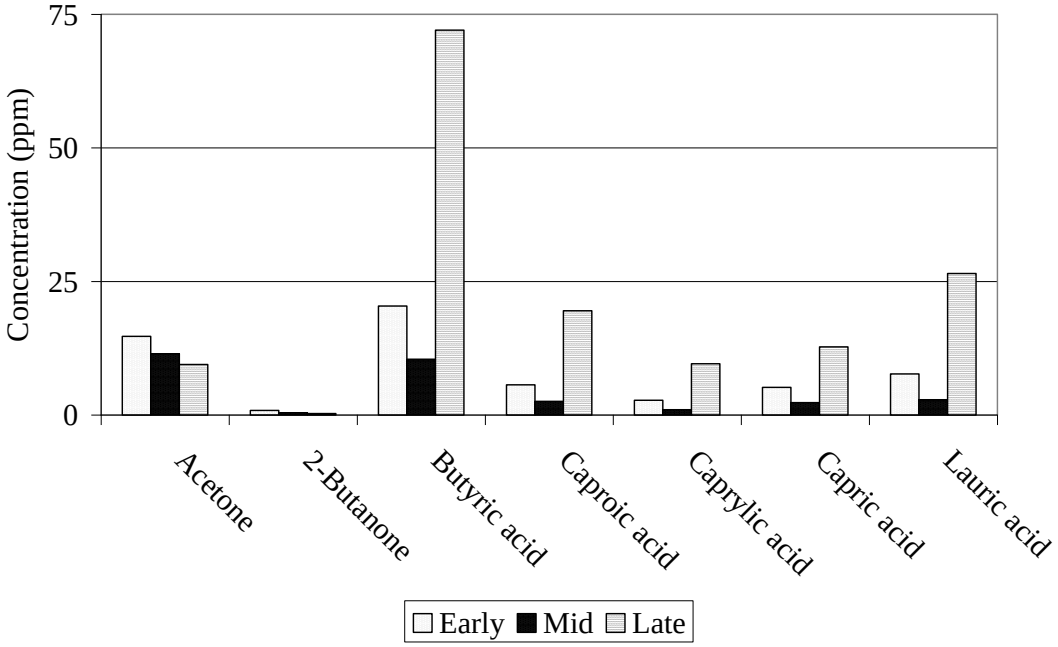
ในการศึกษาตัวแปรของระยะการให้นมของแม่โค แยกตามระยะต้น ระยะกลาง และระยะปลายนั้น พบว่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบจากการตรวจวิเคราะห์มีความผันแปร ค่าผลการศึกษาโดยละเอียดแสดงไว้ในบทแทรก B และตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่ในระยะการให้นมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	ระยะการให้นม			p-value
	ต้น	กลาง	ปลาย	
Acetone	14.731	11.463	9.444	0.111
Butanone	0.850	0.404	0.276	0.001
Butyric acid	20.398	10.439	72.028	0.001
Caproic acid	5.631	2.554	19.518	0.008
Caprylic acid	2.743	0.999	9.587	0.004
Capric acid	5.153	2.304	12.751	0.000
Lauric acid	7.690	2.859	26.497	0.000

รูปที่ 4.4 แสดงค่าปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากน้ำนมโคที่ตรวจวัดจากแม่โคที่ระยะการให้นมแตกต่างกัน จากผลวิเคราะห์สารอะซิโตนและบิวทาโนนมีปริมาณลดลงจากระยะต้นสู่ระยะปลาย คือ 14.7-9.4 ppm และ 0.85-0.28 ppm ตามลำดับ จากการตรวจสอบทางสถิติพบว่ากรณีสารบิวทาโนนแสดงค่านัยสำคัญชัดเจน นั่นคือระยะการให้นมมีผลต่อปริมาณสารชนิดนี้ ส่วนอะซิโตนไม่แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติ จากการเก็บตัวอย่างงานวิจัยคาดว่าเป็นเพราะสารบิวทาโนนเป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญที่มีผลมาจากอาหารสัตว์ เมื่อแม่โคที่อยู่ในระยะปลายของการให้นม เกษตรกรผู้เลี้ยงจะลดอาหารที่จะให้ต่อแม่โค น่าจะเป็นผลให้ปริมาณสารนี้มีค่าลดลง ส่วนอะซิโตนไม่มีความสัมพันธ์กับอาหารสัตว์นัก จึงไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

ส่วนปริมาณกรดไขมันสายโซ่สั้น จากค่าปริมาณที่วิเคราะห์จะมีแนวโน้มที่เหมือนกันคือความเข้มข้นลดลงจากแม่โคที่ระยะต้นของการให้นมจนถึงระยะกลาง (20.4 – 10.5 ppm, 5.6-2.6 ppm, 2.7-0.9 ppm, 5.2-2.3 ppm และ 7.7-2.9 ppm ของกรดบิวทาริก กรดคาโปรอิก กรดคาไพรลิก กรดคาปริก และกรดลอริก ตามลำดับ) ในระยะท้ายพบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันสายโซ่สั้นทุกชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (72.1 ppm, 19.5 ppm, 9.6 ppm, 12.8 ppm และ 26.5 ppm ของกรดบิวทาริก กรดคาโปรอิก กรดคาไพรลิก กรดคาปริก และกรดลอริก ตามลำดับ) ที่ระยะปลายการะบวนการ spontaneous lipolysis มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณกรดไขมันเพิ่ม ซึ่งทำให้กลิ่นของน้ำนมที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการรีดนมแม่โคนานเกินไปจะส่งผลเสียกับกลิ่นและรสของนมได้ และยิ่งถ้านำไปรวมกับนมของแม่นมโคที่อยู่ในระยะต้นที่มีคุณภาพ จะทำให้คุณภาพต่ำลงได้



รูปที่ 4.4 อิทธิพลของระยะการให้นมที่มีผลต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค

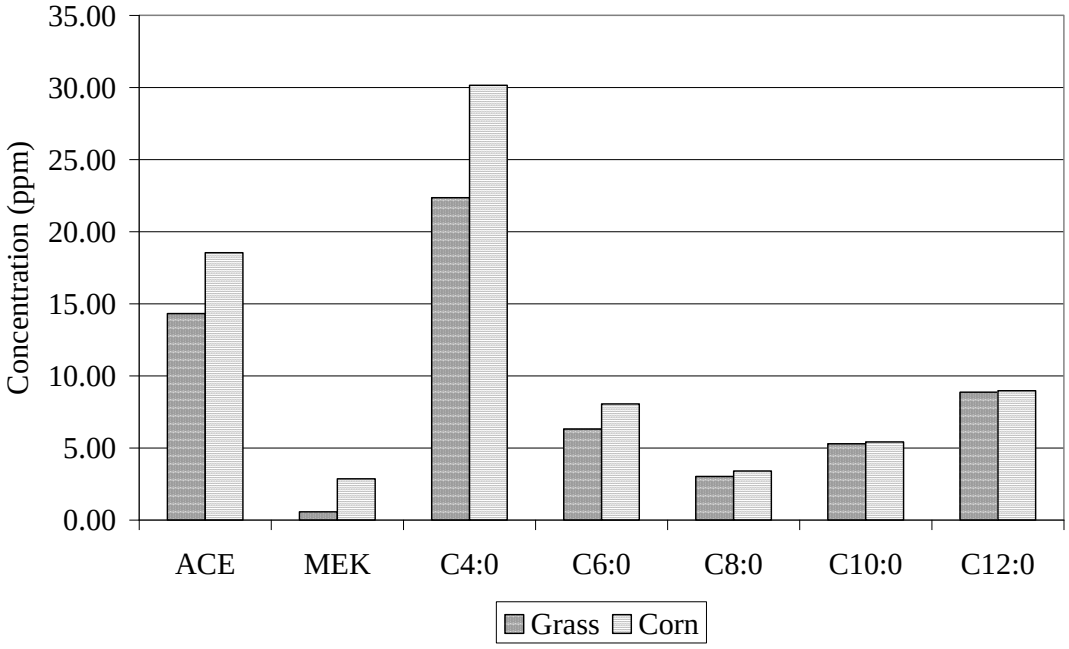
4.4.3 อิทธิผลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม

คุณภาพและปริมาณของอาหารสัตว์จะมีผลที่สำคัญยิ่งต่อคุณภาพของน้ำนมและส่งผลที่สำคัญต่อกลิ่นและรสของน้ำนมด้วย ผลการศึกษาอาหารที่มีผลต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก B ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	**อาหารสัตว์**		**p-value**
	หญ้าสดและหญ้าแห้ง	ข้าวโพดหมัก	
Acetone	14.314	18.544	0.057
Butanone	0.571	2.859	0.000
Butyric acid	22.359	30.155	0.512
Caproic acid	6.315	8.043	0.607
Caprylic acid	3.019	3.404	0.775
Capric acid	5.292	5.421	0.947
Lauric acid	8.861	8.968	0.972

น้ำนมโคที่ได้จากแม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารที่แตกต่างกันจะมีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบระหว่างการเลี้ยงด้วยหญ้าสดหญ้าแห้งกับข้าวโพดหมัก น้ำนมจากแม่โคที่เลี้ยงด้วยข้าดโพดหมักจะมีกลิ่นของสารสารไม่พึงประสงค์มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 อิทธิพลของอาหารต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค

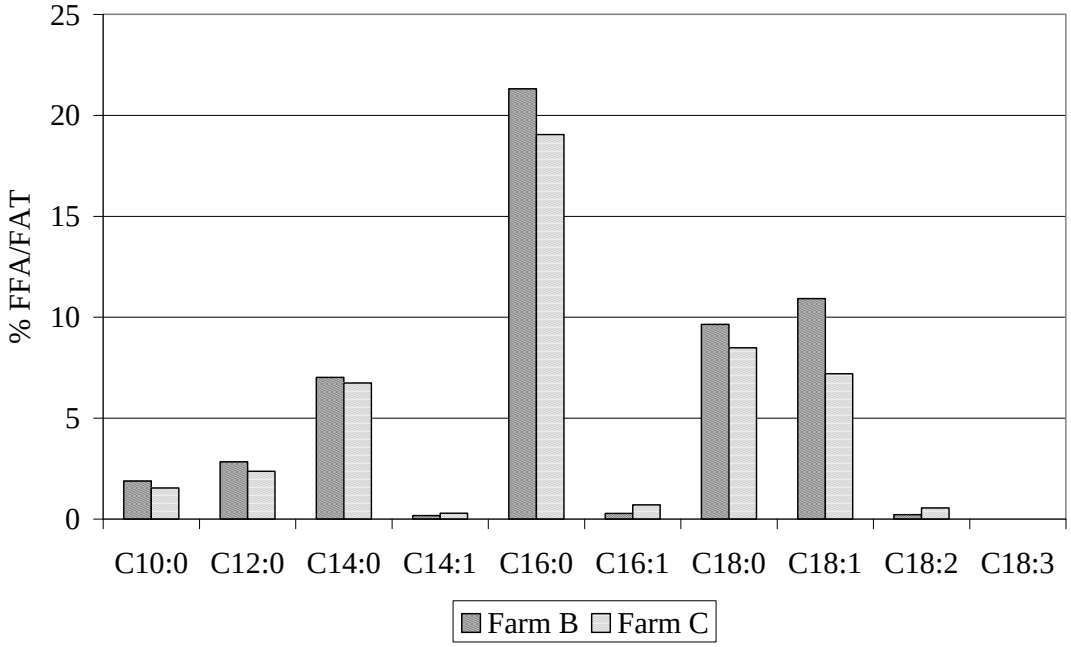
ในการศึกษาตัวแปรนี้สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีปริมาณแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ 2-Butanone และจากการทดสอบทางสถิติพบนัยสำคัญอย่างชัดเจน ($P<0.05$) และพบว่าเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารหมักจะมีปริมาณกรดบิวทาริกสูงมากขึ้น และสูงเกินค่าสูงสุดของระดับกลิ่นที่ยอมรับได้อีกด้วย

4.4.4 อิทธิผลของสภาพแวดล้อมของฟาร์มที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม

สภาพของฟาร์มที่มีผลต่อองค์ประกอบสารระเหยง่ายในน้ำนม จากการเก็บน้ำนมจากฟาร์มสองฟาร์มที่เลือกให้มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน คือฟาร์ม B มีสภาพเป็นโรงเรือนพื้นปูน ทำความสะอาดโรงเรือนง่าย และฟาร์ม C มีสภาพเป็นโรงเรือนไม้ พื้นดิน ยากต่อการทำความสะอาด ผลของการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ได้จากน้ำนมทั้งสองฟาร์มแสดงรายละเอียดในภาคผนวก B ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	สภาพโรงเรือน		p-value
	พื้นซีเมนต์	พื้นดิน	
Acetone	17.183	23.969	0.0294
Butanone	2.805	4.896	0.0419
Butyric acid	18.918	16.819	0.7263
Caproic acid	4.941	4.406	0.7397
Caprylic acid	2.126	2.372	0.7609
Capric acid	3.566	3.436	0.9194
Lauric acid	6.934	5.018	0.4998



รูปที่ 4.6 อิทธิพลของสภาพแวดล้อมของฟาร์มต่อปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำนมโค

ปริมาณของสารอะซิโตนและบิวนาโนนในฟาร์ม B จะน้อยกว่าฟาร์ม C และผลการทดสอบทางสถิติแสดงผลต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากแม่โคในฟาร์ม B มีอายุน้อยกว่าแม่โคในฟาร์ม C มาก ซึ่งจากผลการศึกษาในข้อ 4.4.1

ได้ผลชัดเจนว่ากรณีที่แม่โคอายุน้อยจะมีผลต่อปริมาณสารที่ให้กลิ่นไม่พึงประสงค์น้อยกว่าแม่โคที่มีอายุมากกว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเลือกแม่โคที่มีอายุ และระยะการให้นมให้เท่ากันได้ จึงอาจทำให้การพิจารณาผลของตัวแปรที่ต้องการศึกษาไม่ชัดเจน ส่วนกรดไขมันสายโซ่สั้นจะไม่เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญนัก คาดว่าน่าจะเป็นผลจากการที่ฟาร์มทั้งสองใช้อาหารเลี้ยงสัตว์แบบเดียวกันคือข้าวโพดหมัก ซึ่งอาหารสัตว์ส่งอิทธิพลสูงต่อสารอินทรีย์ระเหยง่าย หรือกลิ่นที่จะมีต่อน้ำนมที่ได้

4.5 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ % ไขมันในน้ำนม

ภาคผนวก C และตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลของ % ไขมันในน้ำนม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าพื้นฐานของ % ไขมันในน้ำนมที่ควรมี

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อ % ไขมันในน้ำนม

ตัวแปร	% ไขมัน
จำนวนครั้งการตั้งท้อง	
1	4.15
2	4.17
3	4.13
4	4.70
5	4.77
ระยะการให้นม	
ต้น	4.07
กลาง	3.45
ปลาย	4.27
อาหารสัตว์	
หญ้าสดและหญ้าแห้ง	4.04
ข้าวโพดหมัก	4.23
สภาพแวดล้อมโรงเรือน	
โรงเรือนพื้นปูน (ฟาร์ม B)	3.78
โรงเรือนพื้นดิน (ฟาร์ม C)	4.29

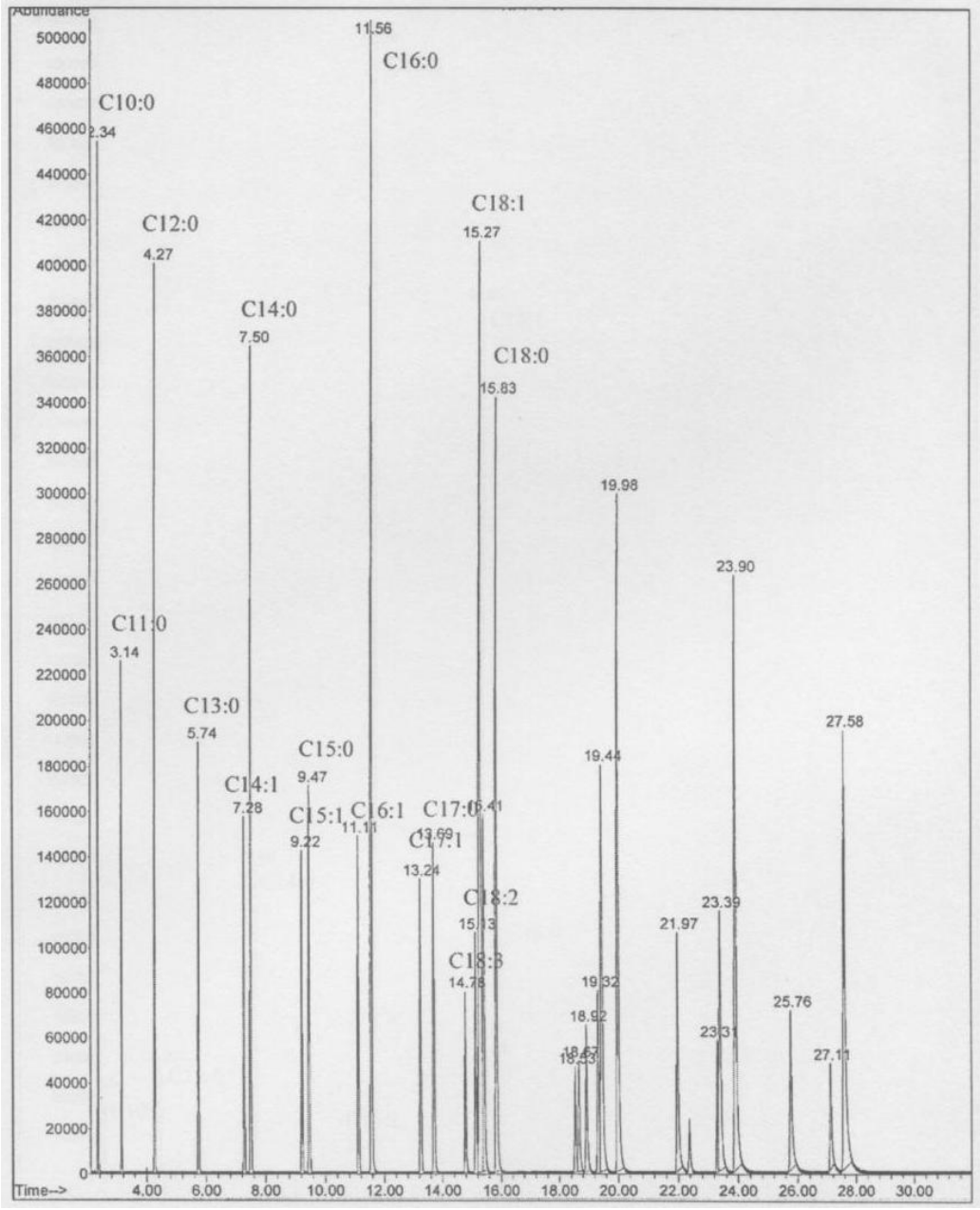
% ไขมันจะมีค่าสูงขึ้นในแม่โคที่ท้องครั้งที่ 4 และ 5 หรือเมื่อแม่โคอายุมากขึ้น และเมื่อพิจารณาระยะการให้นม จะเห็นได้ว่าไขมันในนมจะมีค่าต่ำสุดในระยะกลาง แต่ข้อมูลนี้อาจจะไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นผลจากตัวแปร เพราะระยะเวลาการเก็บตัวอย่างในระยะกลางของการให้นมอยู่ในช่วงฤดูร้อน และอากาศร้อนจัดจึงน่าจะเป็นสิ่งที่ทำให้น้ำนมที่รีดได้มีค่าไขมันนมต่ำ แต่หากไม่มีอิทธิพลของอากาศร้อน จะเห็นได้ว่าค่าร้อยละของไขมันจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการให้นมยาวขึ้น แต่ปริมาณน้ำนมที่ได้จะน้อยลง นมที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดหมักจะมีค่าปริมาณไขมันที่สูงกว่าวัวที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดและหญ้าแห้ง ควรมีการวิจัยพัฒนาหญ้าเลี้ยงสัตว์ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น เพราะหญ้าในประเทศไทยที่ใช้เลี้ยงสัตว์ยังมีคุณภาพต่ำ และน้ำนมจากฟาร์ม B จะมีค่าปริมาณไขมันต่ำกว่าฟาร์ม C แต่แม่โคของฟาร์ม B มีอายุน้อยกว่าแม่โคของฟาร์ม C มาก อีกทั้งจะเห็นว่าไขมันนมของฟาร์ม B มีค่าน้อยมาก เนื่องจากช่วงระยะเวลาการเก็บจะเป็นแม่โคระยะการให้นมช่วงกลาง ซึ่งตรงกับฤดูร้อนเช่นกัน

4.6 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อ %w/w FFA/FAT ไขมันในน้ำนมที่ผลิตในประเทศไทย

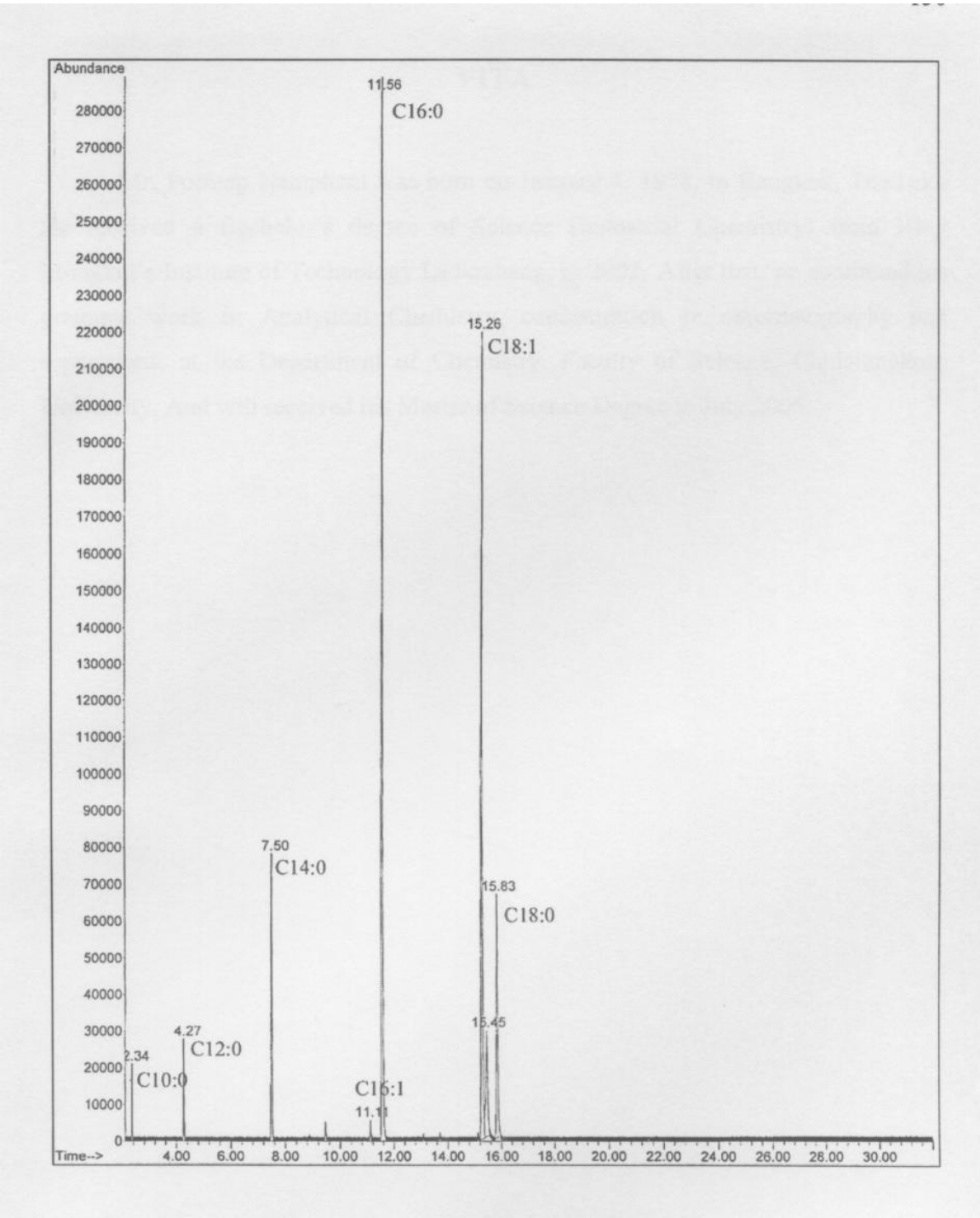
ในภาคผนวก C จะเห็นได้ว่านมตัวอย่างทุกตัวอย่างจะมีค่า % w/w FFA/FAT ใกล้เคียงกับค่าสมบัติน้ำนมพื้นฐานทั่วไป ในการตรวจวิเคราะห์กรดไขมันจะทำโดยการเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐาน FAMEs ที่ทราบความเข้มข้น ซึ่งโครมาโทแกรมของกรดไขมันมาตรฐานแสดงดังรูปที่ 4.7 และโครมาโทแกรมการวิเคราะห์กรดไขมันของน้ำนมตัวอย่างแสดงไว้ให้เปรียบเทียบดังรูปที่ 4.8 จากข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในน้ำนมตัวอย่างที่เก็บจากสภาวะตัวแปรต่าง ๆ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ one-way ANOVA หาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรได้แก่ จำนวนครั้งการตั้งท้อง ระยะเวลาการให้นม อาหารสัตว์ และสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อค่าร้อยละของไขมันในน้ำนม พิจารณาค่านัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ค่า P-value ถ้าค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะถือว่าตัวแปรนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.6.1 อิทธิผลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม

การศึกษาจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนมนั้น แสดงให้เห็นผลดังตารางที่ 4.9 และในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.7 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน FAMEs ที่ใช้ในการเทียบมาตรฐานกรดไขมันในน้ำนมตัวอย่าง

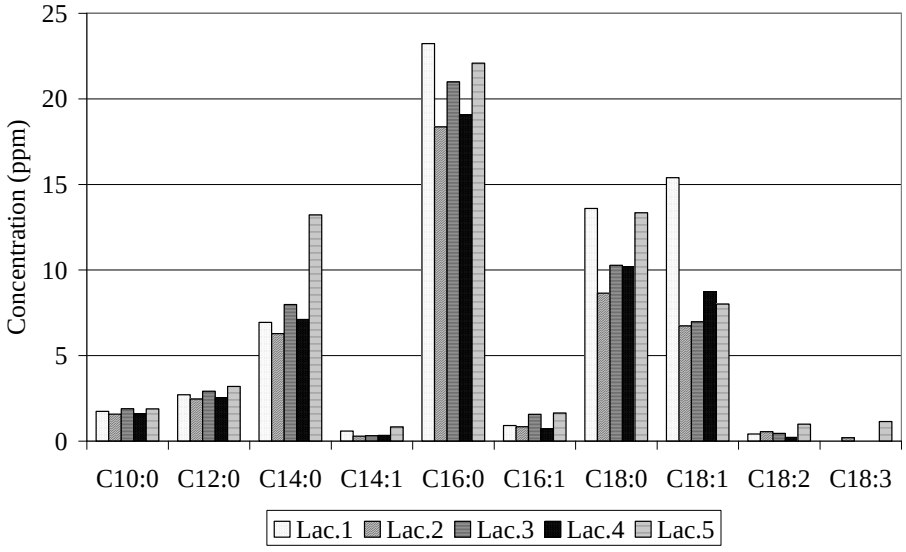


รูปที่ 4.8 โครมาโทแกรมน้ำนมตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

ตารางที่ 4.9 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	จำนวนครั้งการตั้งท้อง					p-value
	1	2	3	4	5	
C14:0	6.82	6.51	8.80	7.24	16.33	0.2194
C14:1	1.17	0.58	0.64	0.28	0.53	0.4811
C16:0	19.02	17.46	21.31	19.80	20.55	0.1015
C16:1	1.81	1.68	1.41	0.79	1.43	0.8705
C18:0	14.77	9.06	10.59	11.45	12.17	0.0688
C18:1	8.83	6.37	8.21	8.39	7.83	0.2071
C18:2	0.82	1.09	0.90	0.42	0.40	0.8060
C18:3	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.4857

ในน้ำนมองค์ประกอบหลักของกรดไขมันที่ตรวจพบคือกรดไขมันสายโซ่ยาว C14-C18 ความเข้มข้นของปริมาณกรดไขมัน C14:0 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อแม่โคมีจำนวนครั้งการตั้งท้องสูงขึ้น ค่าปริมาณ C16:0 และ C18:0 มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย แต่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเท่าใดนัก แต่จากข้อมูลทางสถิติถือว่ากรดไขมันในแม่โคที่มีความแตกต่างของจำนวนครั้งการตั้งท้องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



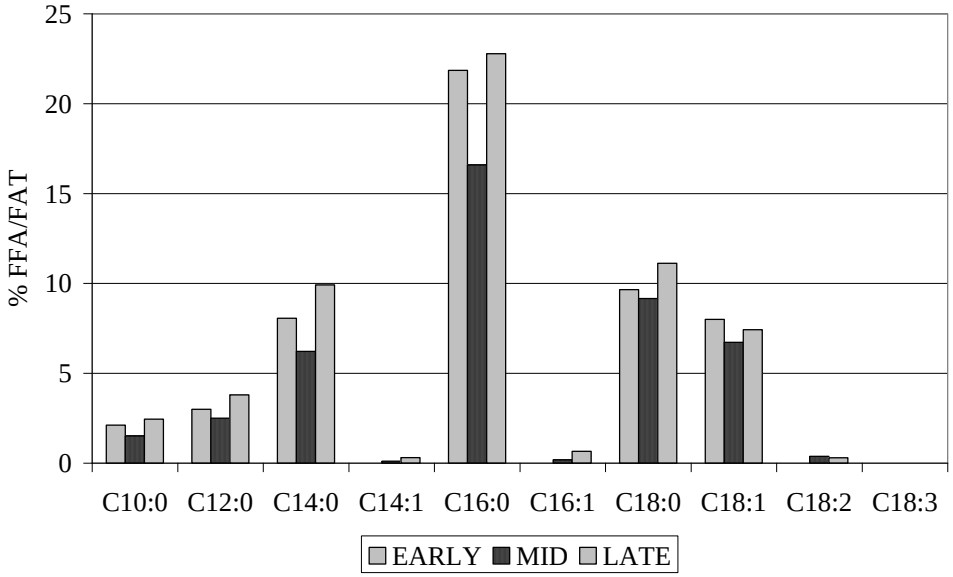
รูปที่ 4.9 อิทธิพลของจำนวนครั้งการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

4.6.2 อิทธิผลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม

ในการศึกษาความแตกต่างของระยะการให้นมแสดงผลตามตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันที่ศึกษาจากแม่โคที่ในระยะการให้นมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	ระยะการให้นม			p-value
	ต้น	กลาง	ปลาย	
C14:0	8.063	6.217	9.912	0.018
C14:1	0.000	0.111	0.306	0.286
C16:0	21.853	16.591	22.779	0.020
C16:1	0.000	0.177	0.659	0.306
C18:0	9.650	9.160	11.121	0.485
C18:1	7.993	6.719	7.419	0.621
C18:2	0.000	0.381	0.298	0.614
C18:3	0.000	0.000	0.000	-



รูปที่ 4.10 อิทธิพลของระยะการให้นมของแม่โคที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

ปริมาณกรดไขมันสายโซ่ขนาดกลางมีค่าลดลงจากระยะต้นสูงระยะกลาง และเพิ่มสูงขึ้นในระยะท้าย คล้ายคลึงกันในสารทุกตัว และพบว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะตรวจพบเฉพาะในระยะกลางและระยะปลายเท่านั้น

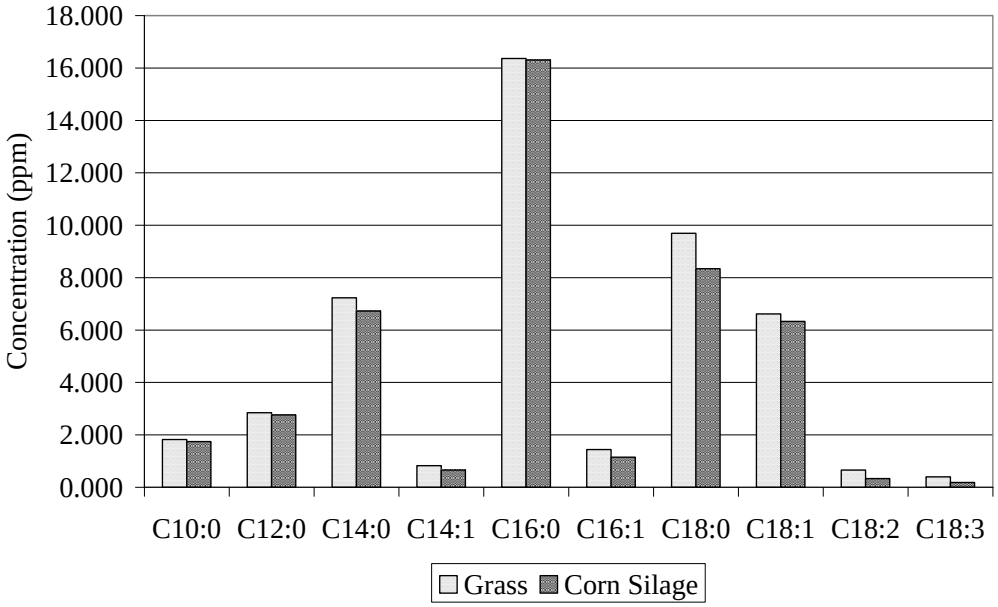
4.6.3 อิทธิผลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม

ผลของอาหารสัตว์ที่มีต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำนมแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงด้วยอาหารแตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	อาหารสัตว์		p-value
	หญ้าสดและหญ้าแห้ง	ข้าวโพดหมัก	
C14:0	7.23	6.72	0.7060
C14:1	0.82	0.65	0.4698
C16:0	16.36	16.31	0.9844
C16:1	1.44	1.14	0.4472
C18:0	9.69	8.34	0.4617
C18:1	6.61	6.33	0.7710
C18:2	0.65	0.33	0.3669
C18:3	0.40	0.18	0.5472

จะเห็นได้ว่าแม่โคที่กินหญ้าจะมีกรดไขมันโซ่ยาวสูงกว่าวัวที่กินข้าวโพดหมักเล็กน้อย แต่จากการตรวจสอบทางสถิติไม่พบความต่างอย่างมีนัยสำคัญเท่าใดนัก



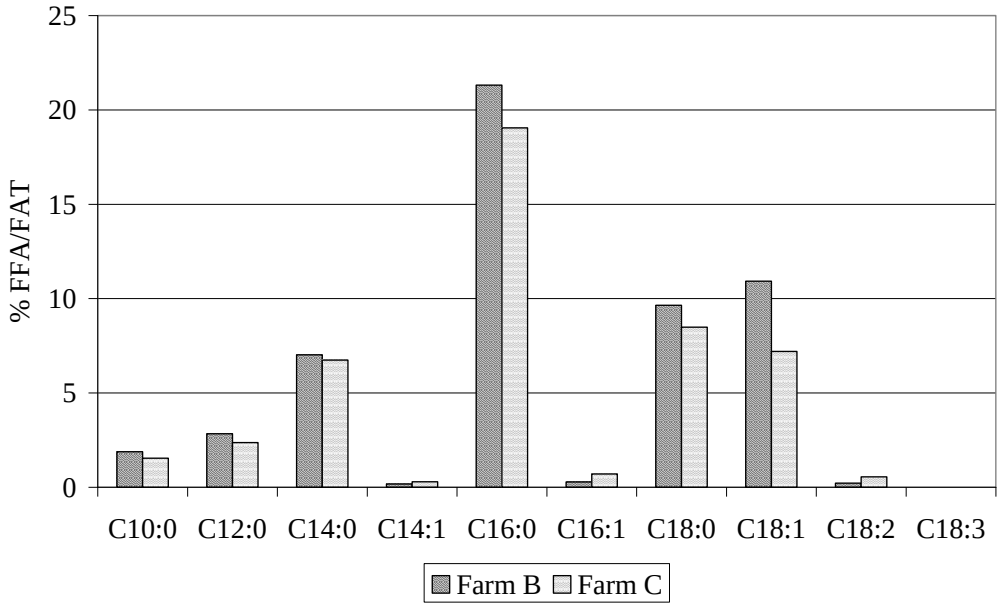
รูปที่ 4.11 อิทธิพลของอาหารสัตว์ที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

4.6.4 อิทธิผลของสภาวะแวดล้อมโรงเรือนที่มีผลต่อกรดไขมันในน้ำนม

ผลการศึกษาความแตกต่างของสภาพโรงเรือนที่มีผลต่อกรดไขมันแสดงให้เห็นดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ชนิดและปริมาณ (หน่วย ppm)ของกรดไขมันในน้ำนมที่ศึกษาจากแม่โคที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value)

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	สภาพโรงเรือน		p-value
	พื้นซีเมนต์	พื้นดิน	
C14:0	7.02	6.74	0.7749
C14:1	0.17	0.29	0.5661
C16:0	21.31	19.05	0.5178
C16:1	0.28	0.70	0.2841
C18:0	9.64	8.48	0.4742
C18:1	10.92	7.20	0.2308
C18:2	0.22	0.55	0.2904
C18:3	0.00	0.00	-



รูปที่ 4.12 อิทธิพลของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำนม

จากการศึกษาความแตกต่างของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อชนิกและปริมาณกรดไขมันในน้ำนม พบว่ากรดไขมันอิ่มตัว C14:0-C18:0 ในน้ำนมของฟาร์ม B มีค่าสูงกว่าฟาร์ม C ส่วนปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในฟาร์ม B จะมีค่าต่ำกว่าน้ำนมในฟาร์ม C ยกเว้น C18:1 แต่จากการตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติไม่พบว่ามีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำนมโคที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย โดยใช้การศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายได้แก่ อะซิโตน บิวทาโนน และกรดไขมันสายโซ่สั้น ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ และปริมาณของกรดไขมันเป็นตัวแปรของรส หรือคุณภาพของน้ำนม เป็นสารที่ช่วยในการประเมินค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อรสและกลิ่นของน้ำนมนั้น โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายใช้เทคนิคการเตรียมตัวอย่างแบบ Headspace Solid Phase Microextraction และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ที่มีเครื่องตรวจวัดชนิดเฟลมไอโอไนเซชัน ส่วนในการศึกษาชนิดและปริมาณกรดไขมันใช้วิธีการสกัดแยกไขมันออกจากน้ำนมและนำมาเตรียมอนุพันธ์ ระบุชนิดและปริมาณโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่ต่อพ่วงเครื่องตรวจวัดชนิดแมสสเปกโทรมิทรี

ตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ จำนวนครั้งการตั้งท้อง ระยะการให้นม อาหารสัตว์ และสภาวะแวดล้อมโรงเรือน จากการศึกษาจำนวนครั้งของการตั้งท้องของแม่โคที่มีผลต่อกลิ่นและรส พบว่า ปริมาณไขมันในน้ำนมมีค่าเพิ่มขึ้น และสีของน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงจากสีขาวเป็นสีขาวเหลือง เมื่อแม่โคมีจำนวนครั้งการตั้งท้องเพิ่มขึ้นจากครั้งที่หนึ่งถึงครั้งที่ห้า เช่นเดียวกับปริมาณของสารอินทรีย์ระเหยง่ายจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการตั้งท้องที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้น้ำนมที่รีดจากแม่โคที่ตั้งท้องเป็นครั้งที่ห้าพบว่ามีปริมาณกรดบิวไทริกและกรดลอริกสูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับ ซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำนมมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ส่วนปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว น้ำนมที่ได้จากแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้องสูงพบว่ากรดไขมันที่ได้เป็นกรดไขมัน C14:0 มากกว่า ส่วนแม่โคที่มีอายุน้อยหรือจำนวนครั้งการตั้งท้องต่ำจะมีปริมาณกรดไขมัน C18:0 มากกว่า และยังพบปริมาณกรดไขมันชนิด polyunsaturated (C18:3) เพิ่มมากขึ้นในแม่โคที่มีจำนวนครั้งการตั้งท้อง 5 ครั้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำนมโคที่ได้จากแม่โคที่มีอายุน้อยหรือจำนวนครั้งการตั้งท้องต่ำจะมีคุณภาพของน้ำนมดี มีกลิ่นและรสที่ดีกว่า ส่วนแม่โคที่มีอายุมากน้ำนมที่ได้มีแนวโน้มที่จะมีกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์มากขึ้นและจะได้กรดไขมันที่มีคุณประโยชน์ร่วมด้วย

ตัวแปรด้านระยะการให้นมพบว่า ไขมันนมมีค่าเพิ่มขึ้น และสีของน้ำนมมีการเปลี่ยนแปลงจากสีขาวเป็นสีขาวเหลืองเมื่อแม่โคมีระยะการให้นมนานขึ้น และในการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณไขมันนมลดลงในช่วงระยะกลางของการให้นม แต่เป็นผลที่เนื่องมาจากระยะเวลาของการเก็บน้ำนมระยะกลางจะตรงกับช่วงฤดูร้อน ซึ่งอากาศค่อนข้างร้อนมาก ทำให้น้ำนมโคมีปริมาณไขมันลดลงหรือคุณภาพต่ำลง ในระยะความต่างของการให้นมจากการศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลง

ของกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณของกรดไขมันสายโซ่สั้นจะมีปริมาณสูงสุดในระยะปลายของการให้นม และต่ำสุดในระยะกลาง ส่วนกรดไขมันอิ่มตัวมีแนวโน้มคล้ายคลึงกันกับกรณีกรดไขมันสายโซ่สั้น ปริมาณของกรมไขมันไม่อิ่มตัว (C14:1 และ C16:1) เพิ่มขึ้นในช่วงระยะปลายของการให้นม และ polyunsaturated fatty acid จะเพิ่มขึ้นในระยะกลางและระยะปลายของการให้นม

ตัวแปรด้านอาหารสัตว์ พบว่าแม่โคที่กินหญ้าสดและหญ้าแห้งเป็นอาหาร จะได้น้ำนมที่มีสีขาว ส่วนแม่โคที่กินข้าวโพดหมักน้ำนมจะมีสีเข้มกว่า กลิ่นของนมที่ได้จากแม่โคที่กินข้าวโพดหมักจะมีกลิ่นมันเนยมากกว่าวัวที่กินหญ้า และสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นสาเหตุของกลิ่นจะพบในวัวที่กินข้าวโพดหมักมากกว่าเช่นกัน นอกจากนี้ยังตรวจพบปริมาณสารบิวทาริกในน้ำนมโคที่กินข้าวโพดหมักมีค่าสูงเกินระดับการควบคุมกลิ่น จากการศึกษาพบว่าอาหารสัตว์จัดว่าเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีและกลิ่นของน้ำนมมากกว่าตัวแปรอื่น ๆ สามารถตรวจความต่างของกลิ่นน้ำนมได้อย่างชัดเจน

จากการศึกษาตัวแปรด้านสภาวะแวดล้อม โรงเรือน พบว่าน้ำนมโคที่เลี้ยงในโรงเรือนพื้นปูนจะมีปริมาณสารกลุ่มคีโตนน้อยกว่าน้ำนมที่ได้จากแม่โคที่เลี้ยงในโรงเรือนพื้นดิน และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีปริมาณน้อยกว่าด้วย คาดว่าเป็นผลเนื่องจากกระบวนการ biohydrogenation ในกระเพาะวัวที่เลี้ยงในโรงเรือนพื้นปูนจะเกิดขึ้นได้ดีกว่าที่เลี้ยงในโรงเรือนพื้นดิน ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันอ่มตัวจะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม แต่ในการศึกษาปัจจัยนี้จะเห็นผลได้ไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากฟาร์มที่เลือกเป็นตัวแทนในการศึกษาใช้อาหารเลี้ยงสัตว์ชนิดเดียวกันคือข้าวโพดหมัก อิทธิพลของอาหารจะส่งผลมากกว่าอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม อีกทั้งแม่โคของทั้งสองฟาร์มมีจำนวนการตั้งท้องแตกต่างกัน

งานการวิจัยมีทำการเก็บตัวอย่างในช่วงระยะเวลานาน ทำให้มีระยะการเก็บตัวอย่างในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่ามีผลต่อคุณภาพของน้ำนม และข้อมูลที่ได้ เช่นพบว่าระยะการให้นมในช่วงกลางมีปริมาณไขมันลดลง ซึ่งพบว่าไม่ได้เป็นผลมาจากตัวแปรที่ทำการศึกษา แต่เป็นผลจากฤดูกาล เพราะตรงกับช่วงฤดูร้อนที่ทำให้ได้น้ำนมที่มีคุณภาพต่ำลง ปริมาณไขมันน้อย และมีกลิ่นผิดไปจากที่เคยเก็บตัวอย่าง ดังนั้นตัวแปรด้านฤดูกาลเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลที่สำคัญต่อคุณภาพของน้ำนม

ผลจากการศึกษาพบว่าการที่จะได้น้ำนมที่มีคุณภาพกลิ่นและรสที่ดีนั้นจะได้จากน้ำนมวัวของแม่โคที่เลี้ยงในทุ่งหญ้าเปิดโล่ง ระบายอากาศได้ดี และมีหญ้าที่มีคุณภาพเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ จะได้น้ำนมที่มีกรดไขมันโซ่สั้นและเมทิลคีโตนน้อยและมีปริมาณสาร polyunsaturated medium chain fatty acid สูง ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์ และพบว่ามีปริมาณสูงในแม่โคที่ตั้ง

ท้องเป็นครั้งที่สองและอยู่ในระยะกลางของการให้นม จะจัดเป็นน้ำนมโคที่มีคุณภาพดี และมีกลิ่นรสเป็นที่พึงใจของผู้บริโภค หลังการรีดนมการที่จะเก็บน้ำนมให้มีคุณภาพที่ดีควรเก็บรักษาน้ำนมไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อให้รักษากลิ่นและรสที่ดีไว้ อากาศที่ร้อนจะทำให้กลิ่นและรสของน้ำนมเปลี่ยนแปลงไปได้ แต่ในระบบสหกรณ์โคนมของบ้านเราจะไม่ยอมให้เกษตรกรเก็บนมไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ ($4^{\circ}C$) เพราะต้องการให้เกษตรกรนำน้ำนมส่งสู่ศูนย์รับน้ำนมทันทีที่รีดนมเสร็จไม่เก็บนมค้างไว้นั่นคือต้องส่งนมสู่ศูนย์รวมน้ำนมในสภาพนมอุ่น แต่ในทางปฏิบัติระยะเวลานับจากการรีดนมรวบรวมนมในฟาร์มจนถึงการส่งนมที่ศูนย์รับ บางครั้งจะใช้เวลานานมาก (จากตีห้าถึงสิบโมงเช้า) หากเป็นช่วงฤดูร้อนน้ำนมมีโอกาสที่จะมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย หรือสูญเสียสภาพความสดและกลิ่นที่ดีไป ในทางที่ดีแล้วควรเก็บนมแช่เย็นทันทีที่รีดนมได้จะได้น้ำนมที่มีคุณภาพดีมากขึ้น

งานวิจัยครั้งนี้ยังไม่สามารถควบคุมตัวแปรให้ถูกต้องตามที่ต้องการได้ เนื่องจากตัวแปรที่สำคัญคือแม่โคและฟาร์มโคนม บางครั้งแม่โคที่เลือกทำการศึกษาและติดตามปริมาณน้ำนมมีอาการเจ็บป่วย การให้ยา และอาหารขณะทำการรักษาจะมีผลต่อข้อมูลที่ต้องการในการทำวิจัย อีกทั้งในช่วงที่ทำวิจัยเกิดปัญหาโครปากเท้าเปื่อยระบาด ทำให้ข้อมูลบางช่วงไม่สมบูรณ์ อีกทั้งแม่โคหลายตัวที่ตามผลวิจัยตายลงก่อน ทั้งด้วยโรค หรือด้วยอุบัติเหตุ เช่นถูกงูกัดเป็นต้น

การที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำงานประสานกันทั้งเกษตรกร สัตว์แพทย์ และนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้การพัฒนาคุณภาพของน้ำนมโคที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Gordon, D.T. and Morgan, M.E.. Principal Volatile Compounds in Feed Flavored Milk. **J. Dairy Sci.**. 55 (1972): 905-911.
2. Bendall, J.G.. Aroma Compounds of Fresh milk from New Zealand Cows Fed Different Diets. **J. Agric Food Chem.**. 49 (2001): 4825-4832.
3. Bendall, J.G., and Olney, S.D.. Hept-cis-4-enal: Analysis and Flavour Contribution to Fresh Milk. **Int. Dairy Journal**. 11 (2001): 855-864.
4. Contarini, G., Povolo, M., Leardi, R., and Toppino, P.M.. Influence of Heat Treatment on the Volatile Compounds of Milk. **J. Agric. Food Chem.**. 45 (1997): 3171-3177.
5. Valero, E., Sanz, J., Castro, and I.M.. Volatile Components in Microwave- and Conventionally-Heated Milk. **Food Chemistry**. 66 **(**1999): 333-338.
6. Valero, E., Villamiel, M., Miralles, B., Sanz, J., and Castro, I.M.. Changes in Flavour and Volatile Compononts During Storage of Whole and Skimmed UHT Milk. **Food Chemistry.** 72 (2001): 51-58.
7. Kim, V.D. and Morr, C.V.. Dynamic Headspace Analysis of Light Activated Flavor in Milk. **Int. Dairy Journal.** 6 (1996): 185-193.
8. Whited, L.J. Hammond, B.H., Chapman, K.W., and Boor, K.J.. Vitamin A Degradation and Light-Oxidized Flavor Defects in Milk. **J. Dairy Sci.**. 85 (2002): 351-354.
9. Marsili, R.T.. SPME – MS – MVA as an Electronic Nose for the Study of Off-Flavors in Milks. **J. Agric. Food Chem.**. 47 (1999): 648-654.
10. Urbach, G.. Dynamic Headspace Gas Chromatography of Volatile Compounds in Milk. **J. Chromatogr.**. 404 (1984): 163-174.
11. Imhof, R. and Bosset, J.O.. Quantitative GC-MS Analysis of Volatile Flavour Compounds in Pasteurized Milk and Fermented Milk Products Applying a Standard Addition Method. **Lebensm.-Wiss. U-Technolo.**. 27 **(**1994): 264-269.

12. Marsili, R.T., Miller, N.. Determination of the Cause of Off-Flavors in Milk by Dynamic Headspace GC/MS and Multivariate Data Analysis. **In Food Flavor Formation, Analysis and Packaging Influences**. Elsevier Science Publishers: Amsterdum, the Netherland 1998: 159
13. Friedrich, J.E., and Acree, T.E.. Gas Chromatography of Ofactometry (GC/0) of Dairy Products. **Int. Dairy Journal**. 8 (1998): 235-241.
14. Capone, S., Epifani, M., Quaranta, F., Siciliano, P., Taurino, A., and Vasanelli, L.. Monitoring of Rancidity of Milk by means of an Electronic Nose and a Dynamic PCA Analysis. **Sensors and Actuators B**. 78 (2001): 174-179.
15. Contarini, G. and Povolo, M.. Volatile Fraction of Milk: Comparison between Purge and Trap and Solid Phase Microextraction Techniques. **J. Agric. Food Chem.**. 50 (2002): 7350-7355.
16. Kennelly, J.J.. The Fatty Acid Composition of Milk Fat as Influenced by Feeding Oilseeds. **Animal Feed Sci. Technol.**. 60 (1996): 137-152.
17. Chilliard, Y., Ferlay, A., and Doreau, M.. Review: Effect of Different Types of Forages, Animal Fat on Marine Oils in Cow's Diet on Milk Fat Secretion and Composition, Especially Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Polyunsaturated Fatty Acids.. **Livestock Prod. Sci.**. 70 (2001): 31-48.
18. Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jean gros, B., and Bosset, J.O.. Correlation between Fatty Acids in Cows' Milk Fat Produced in the Lowland, Mountains and Highlands of Switzerland and Botanical Composion of the Fodder.. **Int. Dairy Journal..** 12 (2002): 661-666.
19. Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jean gros, B., and Bosset, J.O.. Correlation of Fatty Acids in Cows' Milk Fat Produced in the Lowland, Mountains and Highlands of Switzerland using High-Resolution Gaschromatography. **Int. Dairy Journal**, 12, (2002): 649-659.
20. Secchiari, P., Antongiovanni, M., Mele, M., Serra, A., Buccioni, A., Ferruzzi, G., Paoletti, F., and Petacchi, F.. Effect of Kind of Dietary Fat on the Quality of Milk Fat from Italian Friesian Cows. **Live stock Prod. Sci.**. 83 (2003): 43-52.

21. Wiking, L., Bjö rck, L., and Nielsen, J.H.. Influence of Feed Composition on Stability of Fat Globules During Pumping of Raw Milk. **Int. Dairy Journal**. 13 (2003): 797-803.
22. Collomb, M., Sollberger, H., Butikofer, U., Sieber, R., Stoll, W., and Schaeren, W.. Impact of a Basal Diet of Hay and Fodder Beet Supplemented with Rapeseed, Linseed and Sunflower Seed on the Fatty Acid Composition of Milk Fat. **Int. Dairy. Journal**. 14 (2004): 549-559.
23. Elgersm, A., Ellen, G., Van der Horst, H., Boer, H., Dekker, P.R., and Tamminga, S.. Quick Changes in Milk Fat Composition from Cows After Transition from Fresh Grass to a Silage Diet, **An. Feed Sci. Techn.**. 117 (2004): 13-27.
24. Schmidt, A., Gabisch, C.S., and Bilitewski, U.. Microbial Biosensor for Free Fatty Acids using an Oxygen Electrode Base on Thick Film Technology. **Biosensor and Bioelectronics.** 11 (1996): 1139-1145.
25. Gonzalez-Cordova, A.F., and Vallejo-Cordoba, B.. Quantitative Determination of Short-Chain Free Fatty Acids in Milk Using Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography. **J. Agric. Food Chem.**. 49 **(**2001): 4603-4608.
26. Komorowski, E.S., and Early, R.. **Liquid milk and Cream. In Technology of Dairy Products**; Early, R., Ed.; VCH Publishers, Inc. USA, 1992: pp 1-3.
27. Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., Van Boekel, M.A.J.S.. Part I Milk. **In Dairy Technology**. Marcel Dekker, Inc.. 1999: 3-170.
28. Bading, H.T.. Flavors and Off-Flavors. **In Dairy Chemistry and Physics**; Walstra, P., Jenness, R., Eds., John Willey and Sons. Inc. USA, 1984: pp. 336-357.
29. Pawliszyn, J.. **Solid Phase Microextraction: theory and practice**. Willey VCH, Inc. 1997.
30. Gregory, C.S., Nicholus, H.S., Dawen, K.. Extraction of Volatile Organic Compounds from Solids and Liquids. **In Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry**. Mitra, S., Eds., John Willey

and Sons. Inc. USA, 2003: pp. 183-223.

31. AOAC-IUPAC Method**, Methyl ester of fatty acid in oil and fats**, 1984, pp. 514-515.

ภาคผนวก

ภาคผนวก A

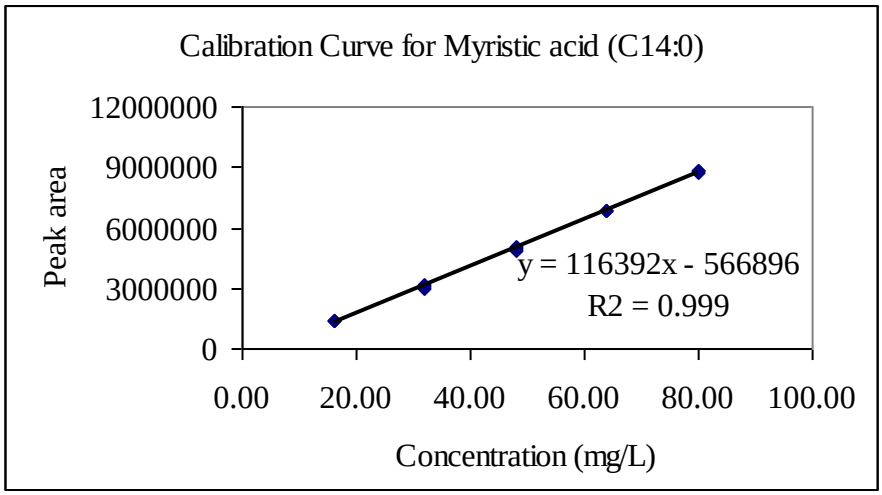


Figure A-1 The calibration curve of Myristic acid by condition in Table 3.4.

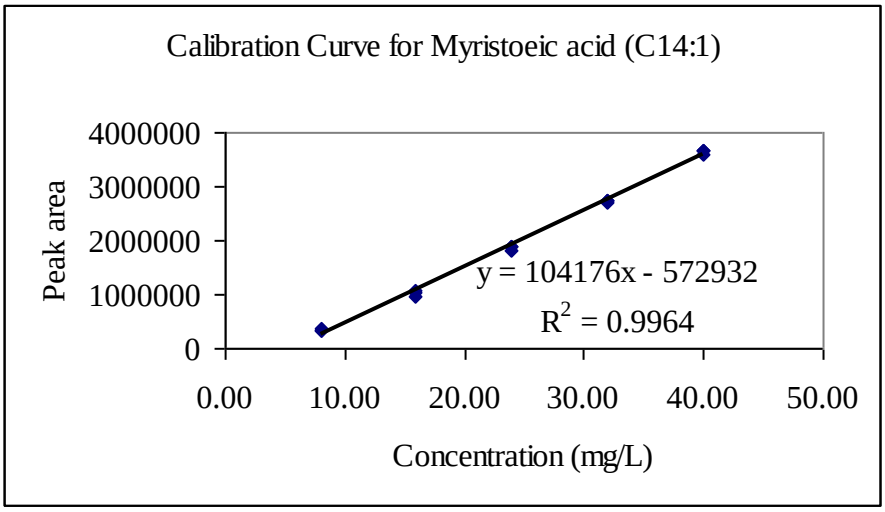


Figure A-2 The calibration curve of Myristoeic acid by condition in Table 3.4.

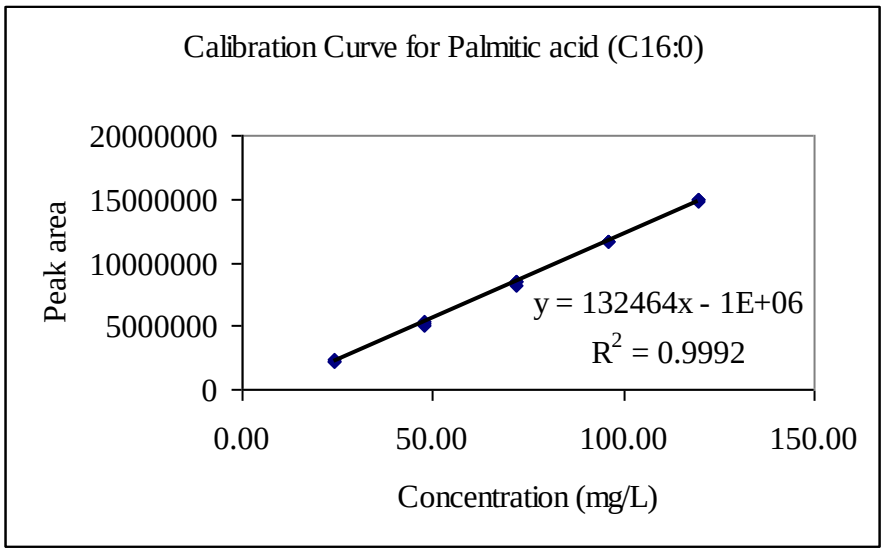


Figure A-3 The calibration curve of Palmitic acid by condition in Table 3.4.

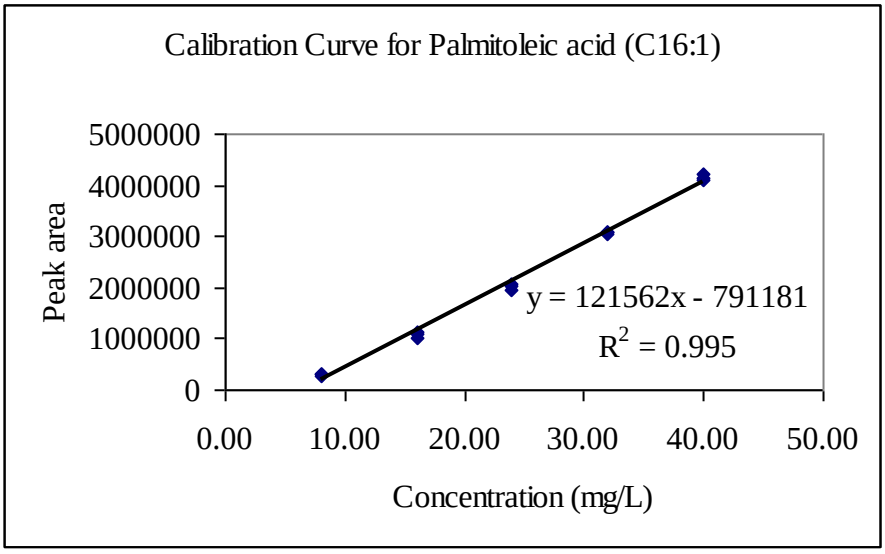


Figure A-4 The calibration curve of Palmitoleic acid by condition in Table 3.4.

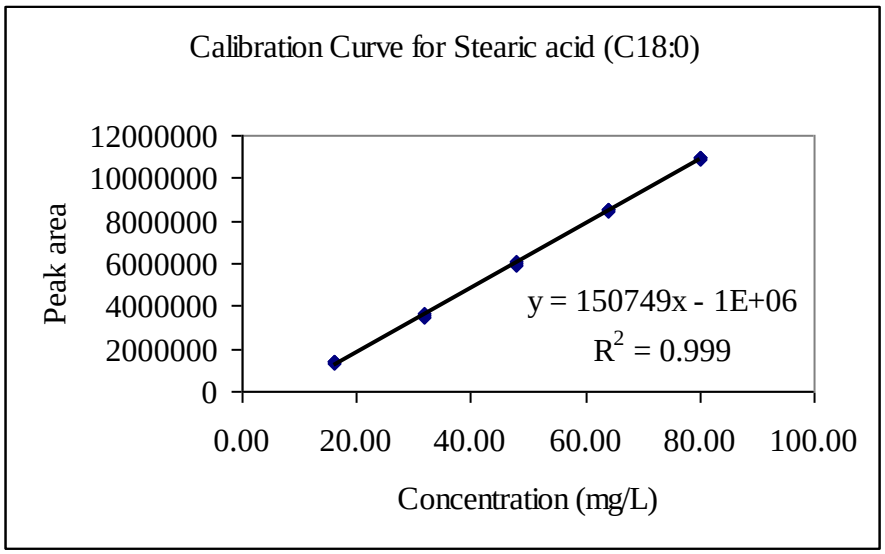


Figure A-5 The calibration curve of Stearic acid by condition in Table 3.4.

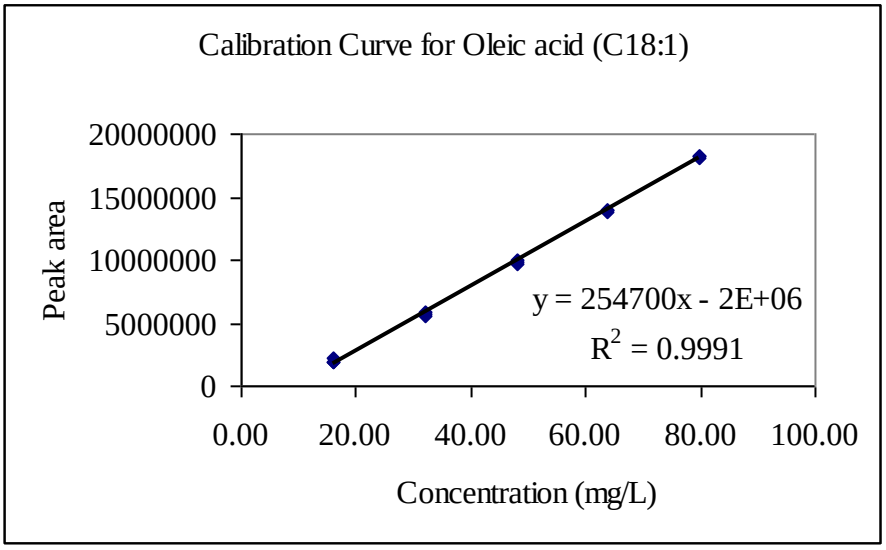


Figure A-6 The calibration curve of Oleic acid by condition in Table 3.4.

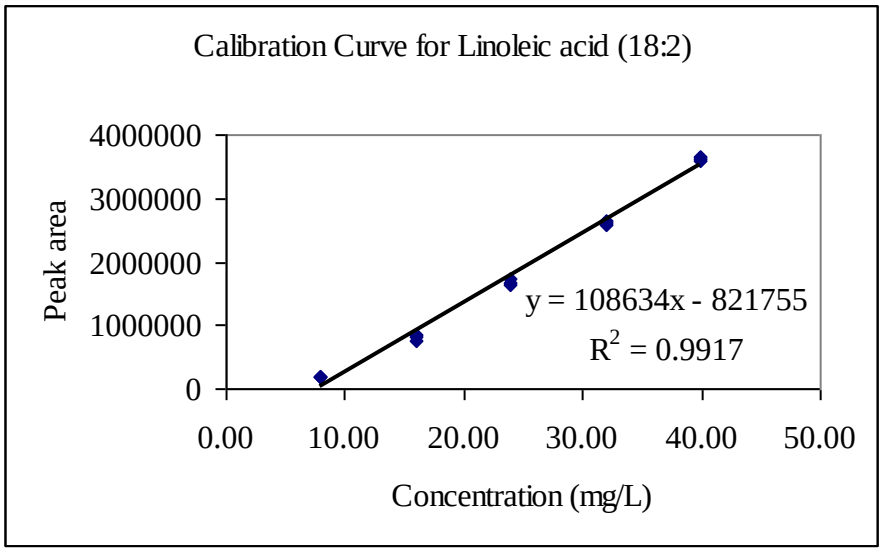


Figure A-7 The calibration curve of Linoleic acid by condition in Table 3.4.

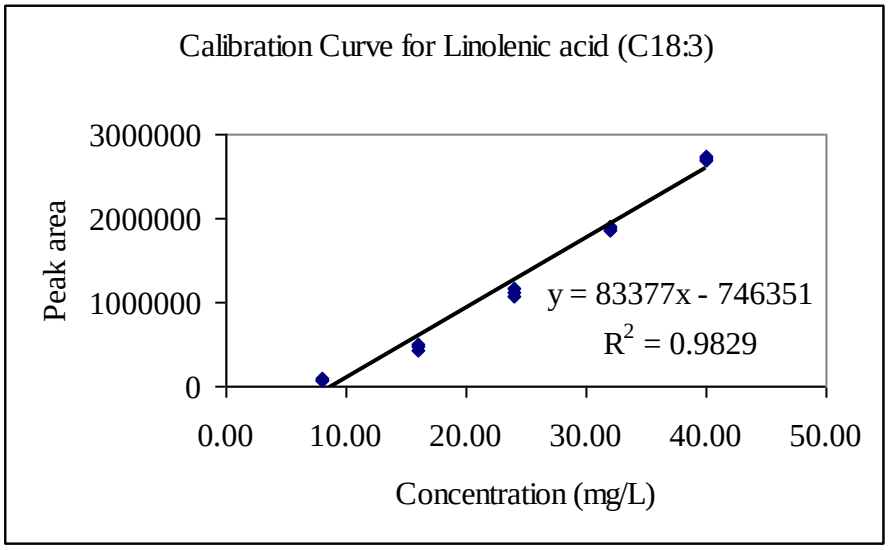


Figure A-8 The calibration curve of Linolenic acid by condition in Table 3.4.

ภาคผนวก B

Table B-1 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from early lactation.

Name of Cows	Lactation Number	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
			Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 107	2	JULY	16.279	0.999	13.899	3.937	1.764	3.204	5.467
			19.573	1.235	30.603	7.773	3.579	5.315	6.702
			18.032	0.539	25.264	6.696	3.798	6.638	8.720
		AUG.	10.378	0.612	27.465	7.155	3.202	6.332	8.852
SJ 088	2	JULY	18.293	1.075	18.165	4.747	2.429	6.054	9.091
		AUG.	13.213	1.189	22.883	7.679	3.870	6.288	6.327
			16.465	1.301	18.013	4.889	2.560	6.165	10.507
		SEP.	11.585	0.677	20.417	6.651	3.366	6.704	9.297
SJ 100	2	AUG.	8.391	0.543	16.364	4.699	2.208	4.492	5.921
			10.216	0.643	19.334	5.555	2.805	5.257	8.899
		SEP.	7.912	0.282	16.931	5.811	2.606	6.075	8.023
			11.467	0.828	8.548	2.761	0.942	1.991	5.880
SJ 095	4	AUG.	15.416	0.746	36.991	8.500	3.055	5.521	7.955
			23.304	1.152	21.560	5.674	2.653	5.441	9.068
		SEP.	16.696	0.860	7.809	2.129	2.367	2.484	4.997

Table B-2 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from mid lactation.

Name of Cows	Lactation Number	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
			Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 107	2	SEP.	13.139	0.663	15.042	5.141	2.215	1.910	7.524
		OCT.	12.825	0.504	12.678	3.598	1.483	4.288	4.937
			11.377	0.296	11.097	3.097	1.416	1.864	1.734
		NOV.	14.886	0.480	17.922	5.148	2.342	4.828	4.110
SJ 088	2	OCT.	14.553	0.496	13.409	5.155	0.487	2.276	2.506
		NOV.	12.003	0.930	11.233	1.578	1.339	0.603	1.225
		DEC.	10.912	0.319	9.431	1.546	1.163	0.622	1.760
			11.363	0.391	8.429	3.080	1.640	3.581	3.075
SJ 100	2	NOV.	13.57	0.144	9.30	0.96	0.37	0.57	1.12
			6.683	0.182	9.146	2.240	0.343	0.866	2.415
		DEC.	5.776	0.202	8.735	1.863	0.799	3.209	3.709
			7.705	0.273	17.027	3.554	0.354	6.172	3.841
SJ 095	4	NOV.	12.253	0.576	6.085	0.849	0.579	1.430	1.738
			9.509	0.252	5.204	0.741	0.485	0.688	1.827
		DEC.	14.704	0.363	6.388	1.340	0.461	2.435	2.268

Table B-3 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from late lactation.

Name of Cows	Lactation Number	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
			Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 107	2	DEC.	8.257	0.253	17.131	4.004	1.836	3.055	2.542
			8.859	0.182	12.133	3.194	2.165	7.232	21.408
		JAN.	9.362	0.152	38.914	13.540	9.658	17.159	33.982
		FEB.	10.412	0.345	95.541	24.949	13.040	17.895	46.835
SJ 088	2	JAN.	17.253	0.585	29.361	12.248	8.974	13.900	20.514
			14.653	0.454	54.437	16.610	6.886	15.261	28.944
		FEB.	8.580	0.272	148.134	40.142	14.387	18.151	31.606
			6.943	0.325	207.097	69.434	34.915	27.445	32.219
SJ 100	2	JAN.	4.489	0.278	28.956	11.081	5.381	9.721	17.138
		FEB.	5.658	0.098	50.445	19.770	10.377	14.527	24.814
			5.504	0.218	87.885	22.543	10.498	9.420	19.457
			3.305	0.100	93.473	23.682	12.532	9.058	12.501
SJ 095	4	JAN.	13.584	0.285	40.201	7.536	2.220	3.717	36.852
			11.944	0.264	78.721	10.463	6.502	12.965	34.214
		FEB.	10.346	0.317	97.780	20.315	8.341	14.208	27.931

Table B-4 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from lactation 1.

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 141	A	Early	JULY	15.485	0.360	8.283	1.706	1.095	1.586	3.072
				12.529	0.739	6.760	2.205	1.260	2.721	5.381
			AUG.	10.210	0.610	19.033	4.824	2.755	3.559	5.019
				12.649	0.740	16.806	5.121	2.441	4.297	6.172
SJ 141	A	Mid	NOV.	13.479	0.317	9.174	1.416	0.531	1.090	1.770
				13.862	0.325	8.160	1.838	0.675	1.604	2.850
			DEC.	9.593	0.423	4.134	1.925	0.351	0.440	1.289
				8.642	0.110	6.871	1.619	0.485	2.185	0.788
CAN	B	Early	JAN.	20.015	1.966	32.985	9.165	4.493	9.092	22.807
			FEB.	11.438	0.796	43.404	11.259	6.450	11.268	21.298
				10.260	2.974	72.071	16.185	7.424	10.301	19.234
				9.363	2.722	23.971	5.773	19.452	20.010	25.790

Table B-4 (continued).

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
019	B	Mid	NOV.	15.587	2.096	5.136	1.279	0.451	0.931	1.859
				12.101	6.893	9.279	2.336	1.309	1.294	0.780
			DEC.	20.099	9.840	23.694	6.222	2.183	3.126	3.956
				15.929	6.276	12.703	3.279	1.314	1.784	2.198
MALEE	C	Early	NOV.	30.639	4.860	10.785	1.788	0.824	1.193	2.741
				53.382	10.205	6.225	0.794	0.335	0.359	2.327
			DEC.	31.852	0.777	8.202	1.299	0.906	1.305	1.797
				43.309	7.378	17.938	3.235	1.507	1.924	5.135

Table B-5 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from lactation 2.

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 088	A	Early	JULY	18.293	1.075	18.165	4.747	2.429	6.054	9.091
			AUG.	13.213	1.189	22.883	7.679	3.870	6.288	6.327
				16.465	1.301	18.013	4.889	2.560	6.165	10.507
			SEP.	11.585	0.677	20.417	6.651	3.366	6.704	9.297
SJ 099	A	Mid	JULY	16.373	1.351	14.230	0.710	2.764	7.136	10.251
			AUG	12.955	1.185	24.071	7.062	3.726	8.395	12.115
				11.846	0.920	17.037	5.758	3.015	6.791	11.454
			SEP	9.438	0.640	23.241	8.032	4.151	9.079	12.436
POO	B	Early	JULY	45.116	2.979	20.390	6.577	3.170	5.212	6.592
				23.379	1.637	20.352	6.548	3.417	6.049	7.895
			AUG.	16.416	1.473	14.182	5.212	2.473	4.614	5.940
				12.801	0.306	15.273	5.411	2.463	5.315	8.838

Table B-5 (continued).

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SAENG	B	Mid	JULY	32.176	4.585	18.343	7.330	4.201	8.579	10.274
				48.834	11.490	23.670	7.165	3.559	5.452	7.749
			AUG.	33.210	3.965	20.643	5.093	2.371	3.812	5.988
				12.015	0.220	19.207	5.812	2.927	4.233	6.065
PAENG	C	Early	AUG.	12.624	13.782	21.328	5.489	2.910	5.516	7.727
				13.564	7.446	24.951	8.685	3.510	6.173	11.670
			SEP.	9.032	3.834	10.793	2.241	1.289	2.221	1.892
				16.252	18.025	26.682	5.157	2.630	4.379	8.098

Table B-6 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from lactation 3.

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
NO 572	A	Early	JULY	8.849	0.057	23.694	6.543	2.712	5.219	6.765
			AUG.	9.835	0.291	32.466	7.373	3.072	5.166	6.935
				9.388	0.120	25.200	6.599	2.688	5.196	8.328
				7.557	0.157	19.286	5.182	2.497	5.466	9.237
SJ 075	A	Mid	AUG.	13.133	1.062	23.778	7.086	3.266	6.997	10.021
				15.001	1.079	14.969	4.793	3.241	6.017	9.888
			SEP.	10.427	0.613	19.439	6.047	3.396	7.354	12.291
				11.529	0.830	7.984	2.302	0.798	1.472	6.331
Nate	B	Early	JUN.	14.140	1.120	38.718	8.503	3.018	3.843	4.264
			JUL.	21.986	3.774	16.134	4.293	1.996	4.071	6.462
			AUG.	11.099	4.467	12.201	3.756	2.280	3.802	9.165
				13.087	0.724	16.044	3.700	1.838	2.626	5.131

Table B-6 (continued).

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Nate	B	Mid	SEP.	12.520	0.302	10.757	3.841	1.912	3.165	3.531
			OCT.	14.186	1.210	4.711	0.949	0.347	0.758	1.879
				13.476	2.196	6.670	0.771	0.465	0.710	1.109
				11.209	2.373	3.638	0.993	0.424	0.790	1.565
Reang	C	Early	AUG.	45.296	5.787	63.472	19.639	10.231	10.887	9.058
			SEP.	20.611	8.626	58.924	20.966	12.038	15.037	14.020
				41.202	8.606	27.385	8.100	4.024	7.065	9.197
				35.703	7.673	49.927	16.235	8.764	10.996	10.758

Table B-7 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from lactation 4.

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 093	A	Early	NOV.	28.916	1.220	8.215	1.299	0.370	0.710	1.463
				19.349	0.923	6.031	3.089	0.339	0.491	0.885
				21.208	1.834	7.450	1.016	1.388	1.683	2.047
			DEC.	11.312	0.449	5.879	0.766	0.386	1.353	0.843
SJ 095	A	Mid	NOV.	23.114	0.804	6.085	0.849	0.579	1.430	1.738
				11.516	0.292	5.024	0.741	0.430	0.688	1.827
				12.253	0.576	8.245	3.319	0.870	2.435	2.268
			DEC.	9.509	0.252	5.204	0.928	0.485	0.743	1.126
Bum	B	Early	JULY	18.875	2.092	15.662	5.574	3.337	6.045	9.208
				35.113	5.011	16.987	5.112	2.360	3.987	5.543
			AUG.	20.827	5.570	16.349	4.906	5.224	4.651	6.073
				8.934	0.083	26.507	6.636	3.458	5.227	6.021

Table B-7 (continued).

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Dee	B	Mid	SEP.	23.503	7.853	9.107	1.492	0.944	1.780	1.487
			OCT.	16.944	1.124	9.988	3.052	1.632	3.219	11.638
				21.992	3.213	6.006	1.180	0.895	1.169	1.786
				15.813	0.808	6.715	1.211	0.501	0.930	1.922
Diana	C	Early	DEC.	24.295	0.896	12.892	5.856	15.967	35.090	21.280
			JAN.	21.893	1.354	33.242	10.534	5.996	29.034	33.380
				10.356	0.466	213.658	52.704	19.122	24.263	24.552
				9.911	1.432	201.138	63.784	32.157	32.958	33.907

Table B-8 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from lactation 5.

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
581	A	Early	OCT.	18.405	0.521	6.838	0.987	0.467	1.332	1.521
			NOV.	18.495	1.309	14.412	3.524	1.603	4.276	4.726
			DEC.	17.978	0.813	14.194	2.916	1.595	2.184	2.285
				14.994	0.597	9.233	2.404	1.719	2.970	6.985
581	B	Mid	JAN.	11.540	0.308	28.022	12.026	5.322	13.532	38.606
			FEB.	11.486	0.377	96.517	24.275	9.710	17.169	34.196
				8.275	0.275	153.779	40.809	15.021	20.902	32.703
				7.096	0.228	153.535	40.459	21.256	13.360	16.923
Fang	C	Early	JULY	43.407	2.540	27.678	7.408	4.504	7.581	8.519
				39.156	3.751	20.593	6.132	4.930	6.543	6.661
			AUG.	31.738	2.582	23.962	5.983	2.131	5.437	7.425
				27.487	3.793	16.876	4.708	2.557	4.399	5.567

Table B-8 (continued).

Name of Cows	Farm	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Reang	B	Mid	NOV.	16.898	2.287	6.261	1.110	0.389	1.182	1.784
				11.413	1.074	4.715	0.756	0.325	0.348	1.227
			DEC.	14.241	1.465	6.280	0.813	0.299	0.857	1.407
				12.207	2.900	5.214	1.518	2.167	1.095	2.412
Sugar	C	Early	AUG.	84.694	15.137	46.899	13.132	7.457	9.213	12.404
			SEP.	70.792	18.943	22.180	6.309	3.493	4.833	6.595
				31.148	19.352	21.946	5.481	2.647	2.743	1.968
			OCT.	35.656	1.550	23.444	7.107	4.057	5.486	12.558

Table B-9 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from cow fed grass and hay as roughage.

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 141	1	Early	JUL.	15.485	0.360	8.283	1.706	1.095	1.586	3.072
				12.529	0.739	6.760	2.205	1.260	3.559	5.019
			AUG.	12.649	0.610	16.806	5.121	2.441	4.297	6.172
			SEP.	9.432	0.740	19.626	5.565	2.705	5.351	7.572
SJ 137	1	Early	SEP.	17.185	0.301	10.013	2.855	0.757	1.778	4.692
			OCT.	9.057	0.155	10.008	3.112	1.522	2.975	9.939
				25.551	0.200	8.891	1.335	0.711	0.725	1.614
			NOV.	15.719	0.778	4.447	1.980	0.591	1.320	1.264
SJ 120	1	Late	JULY	20.471	1.402	17.295	6.047	2.164	4.816	7.031
				22.985	1.074	19.717	5.379	2.663	5.295	6.324
				18.856	0.944	18.761	5.422	2.917	4.334	5.775
				19.242	0.648	19.995	5.658	2.625	5.251	9.361

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 088	2	Early	JULY	18.293	1.075	18.165	4.747	2.429	6.054	9.091
			AUG.	13.213	1.189	22.883	7.679	3.870	6.288	6.327
				16.465	1.301	18.013	4.889	2.560	6.165	10.507
			SEP.	11.585	0.677	20.417	6.651	3.366	6.704	9.297
SJ 104	2	Early	SEP.	26.765	0.625	5.604	1.436	0.424	0.935	5.424
			OCT.	16.971	0.609	19.053	7.297	2.832	4.634	10.437
				15.732	0.196	10.133	1.478	0.644	1.201	2.742
			NOV.	16.049	0.380	4.366	1.448	0.375	0.542	1.935
SJ 124	2	Early	OCT.	13.626	0.229	6.580	1.010	0.387	0.493	0.957
			NOV.	10.825	0.424	7.772	1.281	0.713	0.578	0.913
				7.306	0.138	6.283	1.519	0.470	1.516	1.315
			DEC.	9.786	0.239	8.246	1.362	0.445	0.736	1.381

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 116	2	Early	OCT.	27.41	0.54	7.07	0.89	0.44	0.52	1.93
			NOV.	26.24	1.134	6.69	0.96	0.42	0.34	2.43
				15.931	1.574	4.812	0.887	0.751	3.648	4.150
			DEC.	14.014	0.487	9.375	0.898	1.140	4.613	3.113
SJ 088	2	Mid	OCT.	14.553	0.496	13.409	5.155	0.487	2.276	2.506
			NOV.	12.003	0.930	11.233	1.578	1.339	0.603	1.225
			DEC.	10.912	0.319	9.431	1.546	1.163	0.622	1.760
				11.363	0.391	8.429	3.080	1.640	3.581	3.075
SJ 104	2	Mid	NOV.	14.140	0.488	4.432	2.705	1.399	2.824	4.117
				17.212	0.477	7.325	9.343	3.022	3.307	3.608
			FEB.	9.035	0.356	52.767	20.482	10.911	14.528	29.239
				7.659	0.138	80.291	21.809	11.054	16.850	34.015

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
SJ 099	2	Mid	JULY	16.373	1.351	14.230	0.710	2.764	7.136	10.251
			AUG	12.955	1.185	24.071	7.062	3.726	8.395	12.115
			SEP	11.846	0.920	17.037	5.758	3.015	6.791	11.454
				9.438	0.640	23.241	8.032	4.151	9.079	12.436
SJ 077	2	Mid	AUG	17.270	1.090	15.837	5.371	2.773	6.244	8.641
			SEP.	12.899	0.956	22.787	8.446	1.063	6.996	9.974
				13.063	0.762	13.630	6.030	2.492	5.620	8.392
			OCT.	8.979	0.349	8.454	2.519	1.131	2.028	3.523
SJ 107	2	Late	DEC.	8.257	0.253	17.131	4.004	1.836	3.055	2.542
				8.859	0.182	12.133	3.194	2.165	7.232	21.408
			JAN.	9.362	0.207	38.914	13.540	9.658	17.159	33.295
			FEB.	10.412	0.345	95.541	24.949	13.040	17.895	46.835

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
NO 572	3	Early	JULY	8.849	0.057	23.694	6.543	2.712	5.219	6.765
			AUG.	9.835	0.291	32.466	7.373	3.072	5.166	6.935
				9.388	0.120	25.200	6.599	2.688	5.196	8.328
				7.557	0.157	19.286	5.182	2.497	5.466	9.237
NO 662	3	Early	OCT.	45.141	0.356	4.091	0.240	0.402	0.638	0.808
			NOV.	37.951	0.308	5.441	0.917	0.380	0.336	1.945
			DEC.	17.202	0.373	9.812	0.840	0.435	0.306	1.513
				14.803	0.586	10.100	2.303	0.538	2.163	2.763
SJ 075	3	Mid	AUG.	13.133	1.062	23.778	7.086	3.266	6.997	10.021
				15.001	1.079	14.969	4.793	3.241	6.017	9.888
			SEP.	10.427	0.613	19.439	6.047	3.396	7.354	12.291
				11.529	0.830	7.984	2.302	0.798	1.472	6.331

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
NO 662	3	Mid	JAN.	15.186	0.503	55.238	18.358	15.408	15.983	17.363
				14.510	0.448	34.272	12.360	5.144	13.771	30.152
			FEB.	11.245	0.323	65.081	19.425	8.310	16.222	28.496
				7.717	0.350	102.064	25.943	9.774	15.413	24.912
SJ 093	4	Early	NOV.	28.916	1.220	8.215	1.299	0.370	0.710	1.463
				19.349	0.923	6.031	3.089	0.339	0.491	0.885
			DEC.	21.208	0.449	7.450	1.016	1.388	1.683	2.047
				15.469	0.986	5.879	0.766	0.386	1.353	0.843
SJ 095	4	Mid	NOV.	11.516	0.804	6.085	0.849	0.579	1.430	1.738
				12.253	0.576	5.024	0.741	0.430	0.688	1.827
			DEC.	9.509	0.252	5.204	0.928	0.485	2.435	2.268
				14.704	0.363	6.388	1.340	0.461	4.344	4.149

Table B-9 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
NO 581	5	Mid	JAN.	11.540	0.308	28.022	12.026	5.322	13.532	38.606
			FEB.	8.275	0.377	96.517	24.275	9.710	17.169	34.196
				6.960	0.275	153.779	40.809	15.021	20.902	21.813
				7.096	0.228	153.535	40.459	21.256	20.521	16.923
SJ 030	6		OCT.	10.800	0.126	7.185	0.865	0.388	0.473	0.797
			NOV.	6.938	0.101	6.033	1.696	0.423	0.733	0.838
				7.417	0.329	7.027	1.405	0.637	0.377	0.872
			DEC.	7.766	0.278	7.082	1.186	0.685	0.337	1.693

Table B-10 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from cow fed corn silage as roughage.

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Can	1	Early	JAN.	11.438	1.966	32.985	9.165	4.493	9.092	22.807
			FEB.	7.636	0.796	43.404	11.259	6.450	11.268	21.298
				10.260	2.974	89.753	16.512	6.280	8.825	19.234
				9.363	2.722	72.071	16.185	7.424	10.301	25.790
Coffee	1	Early	JAN.	18.307	2.445	18.700	8.386	3.917	8.370	26.985
			FEB.	15.841	3.705	74.763	15.406	8.025	14.832	28.137
				12.255	1.932	94.924	19.218	7.798	11.787	20.635
				10.022	1.634	63.057	14.419	6.487	17.693	25.845
331	1	Late	AUG.	20.056	1.226	11.289	4.695	2.398	4.131	7.426
				16.520	0.905	19.281	4.283	1.718	2.322	6.374
			SEP.	10.625	0.418	4.647	0.852	0.384	0.905	1.917
				17.815	4.852	16.520	4.684	2.264	3.391	16.553

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Orange	2	Early	JUNE	15.524	0.664	36.337	6.007	1.979	2.322	3.239
			JULY	22.313	1.876	14.573	3.070	1.527	2.408	4.287
				38.902	7.571	25.641	5.676	2.889	4.522	7.216
			AUG.	31.276	4.504	18.264	4.459	1.855	3.205	5.803
Poo	2	Early	JULY	45.116	2.979	20.390	6.577	3.170	5.212	6.592
				23.379	1.637	20.352	6.548	3.417	6.049	7.895
			AUG.	16.416	1.473	14.182	5.212	2.473	4.614	5.940
				12.801	0.306	15.273	5.411	2.463	5.315	8.838
Friday	2	Early	NOV.	6.005	0.243	3.604	2.157	1.080	1.065	1.845
				14.411	1.872	6.050	0.797	0.394	0.484	1.263
			DEC.	14.871	7.632	14.158	5.797	0.377	1.061	1.600
				16.020	9.685	36.170	8.309	1.564	2.707	2.327

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Paeng	2	Early	NOV.	78.868	11.669	13.734	5.663	0.772	1.794	3.181
			DEC.	39.274	7.041	19.442	4.740	2.122	1.728	3.453
			JAN.	30.136	4.180	6.518	2.791	1.153	2.043	3.695
			FEB.	17.537	1.481	3.703	1.665	1.230	2.106	3.562
Orange	2	Mid	SEP.	10.522	0.954	9.103	1.204	0.644	1.124	2.034
				10.555	0.259	12.077	3.326	1.013	2.945	11.432
			OCT.	25.084	2.191	7.767	1.307	0.493	0.960	1.399
				13.183	1.249	6.492	1.334	0.446	1.056	1.101
Poo	2	Mid	OCT.	16.80	1.72	5.17	1.57	0.98	1.40	1.70
				12.55	0.61	7.187	3.00	0.968	1.261	2.293
			NOV.	14.513	0.379	7.433	0.849	0.517	1.542	1.721
			DEC.	22.374	1.592	5.914	0.875	0.394	0.546	2.149

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Maam	2	Mid	DEC.	20.035	0.682	19.842	3.789	1.095	3.455	1.671
			JAN.	9.555	0.404	11.412	3.201	1.730	1.394	1.299
			FEB.	8.117	0.642	36.743	15.297	8.363	14.261	27.995
				5.743	0.266	46.063	18.057	11.685	11.841	23.311
Saeng	2	Mid	JULY	32.176	4.585	18.343	7.330	4.201	8.579	10.274
				48.834	11.490	23.670	7.165	3.559	5.452	7.749
			AUG.	33.210	3.965	20.643	5.093	2.371	3.812	5.988
				12.015	0.220	19.207	5.812	2.927	4.233	6.065
Poo	2	Late	DEC.	18.829	3.592	6.216	0.733	0.392	0.535	0.858
			JAN.	26.527	1.215	32.195	9.236	1.083	8.441	16.029
			FEB.	10.337	0.213	103.027	28.600	13.883	26.115	40.133
				4.984	0.097	106.082	29.969	12.524	19.164	31.070

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Nate	3	Early	JUNE	14.140	1.120	38.718	8.503	3.018	3.843	4.264
			JULY	21.986	3.774	16.134	4.293	1.996	4.071	6.462
			AUG.	11.099	4.467	12.201	3.756	2.280	3.802	9.165
				13.087	0.724	16.044	3.700	1.838	2.626	5.131
Dream	3	Early	NOV.	12.316	2.766	5.102	0.818	0.353	0.633	1.398
				23.654	9.558	6.979	1.341	0.360	1.147	2.529
			DEC.	16.286	1.921	14.528	2.453	0.890	1.816	1.840
			JAN.	22.158	7.406	7.002	2.479	1.646	2.321	2.444
Nate	3	Mid	SEP.	12.520	0.302	10.757	3.841	1.912	3.165	3.531
			OCT.	14.186	1.210	10.610	3.474	1.175	2.485	1.879
				13.476	2.196	6.670	0.771	0.465	0.710	1.109
			NOV.	11.209	2.373	3.638	0.993	0.424	0.790	1.565

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Dream	3	Mid	FEB.	22.175	0.463	113.346	35.096	16.506	32.478	51.545
				8.291	0.169	125.992	35.750	14.960	22.301	27.440
				12.973	0.861	74.435	25.928	15.877	19.261	26.979
				12.219	0.515	527.957	141.760	41.771	45.981	44.738
Aom	4	Early	NOV.	24.557	10.028	6.041	1.245	0.501	1.022	1.236
				25.091	0.427	5.788	1.021	0.356	0.341	1.060
				27.970	4.887	4.372	0.900	1.056	0.967	1.702
			DEC.	31.821	8.459	12.587	1.967	0.827	1.513	2.810
Dee	4	Mid	SEP.	23.503	7.853	9.107	1.492	0.944	1.780	1.487
			OCT.	16.944	1.124	9.988	3.052	1.632	3.219	11.638
				21.992	3.213	6.006	1.180	0.895	1.169	1.786
				15.813	0.808	6.715	1.211	0.501	0.930	1.922

Table B-10 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Reang	5	Mid	NOV.	14.589	1.331	6.403	1.098	0.452	1.132	1.608
				6.025	0.118	4.857	0.744	0.388	1.069	1.051
			DEC.	11.932	0.509	5.051	1.096	0.543	0.807	1.231
				9.897	1.944	5.355	0.801	0.362	1.045	2.236
Aoy	6	Mid	SEP.	21.608	5.196	4.424	0.874	0.367	0.573	0.843
			OCT.	13.703	0.579	4.822	0.931	0.533	1.216	1.432
			NOV.	21.647	13.297	8.808	0.838	0.974	1.054	1.345
				15.689	2.445	7.586	2.332	1.164	0.771	1.992

Table B-11 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from cow in Farm B.

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Can	1	Early	JAN.	20.015	1.966	32.985	9.165	4.493	9.092	22.807
			FEB.	11.438	0.796	43.404	11.259	6.450	11.268	21.298
				10.260	2.974	72.071	16.512	6.280	8.825	19.234
				9.363	2.722	23.971	16.185	7.424	10.301	25.790
Coffee	1	Early	JAN.	18.307	2.445	18.700	8.386	3.917	8.370	26.985
			FEB.	15.841	3.705	74.763	15.406	8.025	14.832	28.137
				12.255	1.932	94.924	19.218	7.798	11.787	20.635
				10.022	1.634	63.057	14.419	6.487	10.120	25.845
Poo	2	Early	JULY	45.116	2.979	20.390	6.577	3.170	5.212	6.592
				23.379	1.637	20.352	6.548	3.417	6.049	7.895
			AUG.	16.416	1.473	14.182	5.212	2.473	4.614	5.940
				12.801	0.306	15.273	5.411	2.463	5.315	8.838

Table B-11 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Friday	2	Early	NOV.	6.005	0.243	3.604	2.157	1.080	1.065	1.845
				14.411	1.872	6.050	0.797	0.394	0.484	1.263
			DEC.	14.871	7.632	14.158	5.797	0.377	1.061	1.600
				16.020	9.685	36.170	8.309	1.564	2.707	2.327
Paeng	2	Early	NOV.	39.274	11.669	13.734	5.663	0.772	1.794	3.181
			DEC.	12.499	7.041	19.442	4.740	2.122	1.728	3.453
			JAN.	30.136	4.180	6.518	2.791	1.153	2.043	3.695
			FEB.	17.537	1.481	3.703	1.665	1.230	2.106	3.562
Orange	2	Early	JUNE	15.524	0.664	36.337	6.007	1.979	2.322	3.239
			JULY	22.313	1.876	14.573	3.070	1.527	2.408	4.287
				38.902	7.571	25.641	5.676	2.889	4.522	7.216
			AUG.	31.276	4.504	18.264	4.459	1.855	3.205	5.803

Table B-11 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Poo	2	Mid	OCT.	16.80	1.72	5.17	1.57	0.98	1.40	1.70
			NOV.	12.55	0.61	7.187	3.00	0.968	1.261	2.293
				14.513	0.379	7.433	0.849	0.517	1.542	1.721
			DEC.	22.374	1.592	5.914	0.875	0.394	0.546	2.149
Orange	2	Mid	SEP.	10.522	0.954	9.103	1.204	0.644	1.124	2.034
				10.555	0.259	12.077	3.326	1.013	2.945	11.432
			OCT.	25.084	2.191	7.767	1.307	0.493	0.960	1.399
				13.183	1.249	6.492	1.334	0.446	1.056	1.101
Nate	3	Mid	SEP.	12.520	0.302	10.757	3.841	1.912	3.165	3.531
			OCT.	14.186	1.210	10.610	3.474	1.175	2.485	1.879
				13.476	2.196	6.670	0.771	0.465	0.710	1.109
			NOV.	11.209	2.373	3.638	0.993	0.424	0.790	1.565

Table B-11 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Reang	5	Mid	NOV.	14.589	1.331	6.403	1.098	0.452	1.132	1.608
				6.025	0.118	4.857	0.744	0.388	1.069	1.051
				11.932	0.509	5.051	1.096	0.543	0.807	1.231
			DEC.	9.897	1.944	5.355	1.507	0.362	1.045	2.236
Aoy	6	Mid	SEP.	21.608	5.196	4.424	0.874	0.367	0.573	0.843
			OCT.	13.703	0.579	4.822	0.931	0.533	1.216	1.432
			NOV.	21.647	13.297	8.808	0.838	0.974	1.054	1.345
				15.689	2.445	7.586	2.332	1.164	0.771	1.992

Table B-12 The concentrations of volatile components (ppm) in cow's milk from cow in Farm C.

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Linda	1	Early	SEP.	9.945	11.410	9.398	2.061	1.574	2.594	2.170
			OCT.	67.171	3.814	23.978	7.404	2.829	5.200	19.324
				33.293	4.169	6.227	1.883	0.456	0.962	2.037
			NOV.	30.746	0.541	8.591	1.788	0.794	1.722	2.751
Malee	1	Early	NOV.	30.639	4.860	10.785	1.788	0.335	1.193	2.741
				31.852	10.205	6.225	0.794	0.906	1.305	2.327
			DEC.	43.309	7.378	17.938	1.299	1.507	1.924	1.797
				19.701	2.699	24.387	3.235	2.980	2.724	2.891
Milo	2	Early	SEP.	26.346	12.434	6.608	1.650	0.671	1.632	1.871
			OCT.	25.997	0.569	15.451	4.570	2.357	4.007	10.781
				37.474	2.776	8.264	1.433	0.602	1.231	1.794
			NOV.	35.110	0.489	4.928	0.969	1.058	1.642	1.772

Table B-12 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Meji	2	Early	SEP.	28.344	1.639	12.518	3.019	1.831	2.894	3.134
			OCT.	18.845	0.485	16.269	4.678	2.208	3.544	12.430
				24.325	0.944	6.211	1.598	0.412	0.651	2.117
			NOV.	30.010	0.456	7.475	1.260	0.521	1.396	1.195
Joy	2	Early	NOV.	20.799	1.935	8.347	0.993	0.383	0.773	1.192
				18.269	4.319	5.482	1.002	0.359	0.302	2.580
				19.098	3.783	7.104	1.151	0.486	1.303	1.704
			DEC.	17.124	5.839	6.407	1.495	0.814	0.950	2.978
Paeng	2	Early	AUG.	12.624	13.782	21.328	5.489	2.910	5.516	7.727
				13.564	7.446	24.951	8.685	3.510	6.173	11.670
			SEP.	9.032	3.834	10.793	2.241	1.289	2.221	1.892
				16.252	18.025	26.682	5.157	2.630	4.379	8.098

Table B-12 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Milo	2	Early	DEC.	29.759	3.365	7.179	1.165	0.602	2.641	2.718
				27.809	0.377	8.319	1.452	0.535	1.810	16.013
			FEB.	20.485	0.604	47.012	11.847	6.322	13.623	17.885
				14.696	15.069	23.269	16.745	12.919	11.461	18.629
Paeng	2	Early	NOV.	11.051	0.141	7.187	1.164	0.435	1.564	1.563
				20.452	10.706	4.300	0.863	0.367	0.401	0.819
				12.896	1.777	9.354	1.169	0.624	1.542	1.240
			DEC.	16.335	2.966	36.968	11.924	7.606	10.007	7.235
Reang	3	Mid	OCT.	24.181	4.139	16.706	4.174	2.227	2.181	2.626
			NOV.	32.517	1.093	12.986	2.208	1.064	1.383	1.424
				28.817	3.904	6.709	2.083	0.381	0.359	1.173
				14.133	1.931	48.411	14.878	6.251	7.093	4.070

Table B-12 (continued).

Name of Cows	Lactation Number	Lactation stage	Month of Sampling	Concentration of Volatile Components (ppm)						
				Acetone	2- Butanone	Butyric acid	Caproic acid	Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid
Sugar	5	Mid	NOV.	47.979	6.456	12.782	3.307	1.619	2.140	1.432
				32.834	8.533	5.067	1.135	0.437	0.334	1.007
				22.546	5.804	58.384	17.849	8.673	8.645	5.538
			DEC.	19.278	8.717	22.209	7.693	3.686	5.098	3.517
Kaew	6	Mid	SEP.	15.663	7.590	31.978	10.691	5.942	10.934	13.393
			OCT.	16.029	6.763	35.436	11.138	6.925	8.418	5.530
				14.891	0.814	31.932	3.423	2.082	3.420	4.570
			NOV.	12.420	0.854	17.515	3.325	2.241	1.896	1.413