



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ นมแพะภาคใต้ : การลดกลิ่นสาบนมแพะ

โดย พัชรินทร์ ภัคดีฉนวน และคณะ

กันยายน 2552

สัญญาเลขที่ RDG5050087

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ นมแพะภาคใต้ : การลดกลิ่นสาบนมแพะ

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ดร.พัชรินทร์ ภักดีฉนวน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. นางเนตรนภิส อ่องสุวรรณ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การสำรวจของกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ (2549) รายงานว่ามีการเลี้ยงแพะในพื้นที่สำนัก
สุขาสดร์สัตว์และสุขอนามัยที่ 9 ซึ่งเป็นเขตจังหวัด ปัตตานี ยะลา นราธิวาส สงขลา ตรัง พัทลุงและสตูล
ร้อยละ 67.24 ของจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ ในเขตนี้มีจำนวนแพะ 110,101 ตัว มีทั้งแพะ
เนื้อและแพะนม โดยมีการเลี้ยงแพะนมเพิ่มมากขึ้นจากการสนับสนุนของโครงการ 1 ฟาร์ม 1 ตำบล ของ
รัฐบาล ทีมผู้วิจัยได้สำรวจวิธีการผลิตนํ้านมแพะในพื้นที่ พบว่ามีการผลิตนมแพะพาสเจอร์ไรส์ด้วย
ระบบ Tubular heat exchange 4 แห่ง และพยายามสร้างเครือข่ายการรับซื้อนํ้านมดิบแพะ แต่มีปัญหาเรื่อง
คุณภาพของนํ้านมดิบในพื้นที่

ผลการสำรวจการบริโภคนํ้านมแพะของผู้บริโภคในจังหวัดปัตตานีจำนวนทั้งหมด 203 คน ของ
ทีมผู้วิจัยในปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีจำนวนร้อยละ 52.71 ที่ไม่เคยรับประทานนํ้านมแพะโดยเหตุผลคือ
หาซื้อผลิตภัณฑ์จากนํ้านมแพะยาก ไม่ทราบว่านํ้านมแพะมีโภชนาการสูง และไม่ชอบกลิ่นรสของนํ้านม
แพะ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการลดกลิ่นสาบนม 2 วิธี คือ

1. การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับกลิ่นชนิดถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เปรียบเทียบ
ขนาดของถ่านกัมมันต์ 2 ขนาด ที่ถูกบรรจุในคอลัมน์แก้ว คือ ขนาด >P8 (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย
 3.98 ± 1.27 มิลลิเมตร) และ P8/R20 (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.63 ± 0.43 มิลลิเมตร) ปริมาตร 1 และ 2 ลิตร
ผลการวิจัยพบว่า นมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์มีกลิ่นสาบที่ลดลง แต่ปริมาณสารอาหารในนม
ถูกลดลงไปด้วย โดยนมที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาดเล็กมีการลดลงของสารอาหารมากกว่า ผล
การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ประเมินยอมรับชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด
P8/R20 ปริมาตร 1 ลิตร มากที่สุด เนื่องจากกลิ่นสาบลดลงชัดเจนและผู้ประเมินคิดว่ามีความเข้มข้นของ
นมใกล้เคียงกับชุดควบคุม ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและไขมันพบว่าลดลงจากชุดควบคุมร้อยละ
12.01 และ 11.82 ข้อเสียของเทคนิคนี้คือมีอัตราการผลิตต่ำ 4 ลิตร/ชั่วโมง และมีฝุ่นถ่านกัมมันต์ปนลงใน
นํ้านมเล็กน้อย จึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้

2. การลดกลิ่นสาบด้วยวิธีการใช้ปั๊มสุญญากาศดึงอากาศออก โดยออกแบบชุดอุปกรณ์
ระบบต่อเนื่อง ให้นํ้านมไหลเข้าหัวฟันท่อยที่มีรูเปิดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และถูกฟั่นออกมา
เป็นหยดขนาดเล็ก ในท่อทรงกระบอกที่มีการเจาะรูด้านข้างเพื่อให้อากาศเข้า และเจาะรูด้านบน เพื่อดึง
อากาศออก ควบคุมอัตราการไหลของนํ้านม 30 ลิตร/ชั่วโมง เท่ากับอัตราการไหลของนํ้านมในการ
พาสเจอร์ไรส์ของผู้ประกอบการในพื้นที่ อัตราการไหลของอากาศที่ออกจากปั๊มสุญญากาศคือ 330 ลิตร/
ชั่วโมง นํ้านมแพะที่ใช้ในการทดลองถูกกระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 60, 65
และ 70°C ประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส และผลทางเคมีโดยศึกษาเปอร์เซ็นต์การลดลงของ
สารประกอบกลิ่น Ethyl octanoic acid ด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME/GC)
ผลการวิจัยพบว่า ชุดเครื่องมือลดกลิ่นที่ใช้เทคนิคการดูดอากาศออกสามารถลดกลิ่นสาบและเพิ่มคะแนน

ความชอบโดยรวมได้ แตกต่างจากนมที่ไม่ได้ผ่านการลดกลั่น ($p<0.05$) การยอมรับอยู่ที่ปานกลางถึงค่อนข้างมาก การกระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยที่อุณหภูมิ 70°C ให้ผลดีที่สุด มีการลดลงของสารให้กลิ่น Ethyl octanoic acid 65-68% ในตัวอย่างน้ำมันแพะจากบริษัทใหญ่ และ 85-88% ในตัวอย่างน้ำมันแพะจากฟาร์มในพื้นที่ จ.ปัตตานี ชุดเครื่องมือลดกลั่นเทคนิคนี้สามารถติดตั้งประยุกต์ใช้กับเครื่องพาสเจอร์ไรส์นระบบท่อ (Tubular heat exchanger) ได้ โดยเพิ่มชุดให้ความร้อนเบื้องต้น (Pre-heat) ระบบท่อ เพื่อให้น้ำมันมีอุณหภูมิ 70°C ก่อนเข้าสู่ชุดลดกลั่น แล้วจึงปั๊มเข้าเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า น้ำมันแพะที่ผ่านชุดเครื่องมือดังกล่าว มีกลิ่นสาบลดลงแตกต่างจากชุดควบคุม ($p<0.05$) และทำให้มีคะแนนประเมินด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุม ($p<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “นมแพะภาคใต้: การลดกลิ่นสาบนมแพะ” ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนทดลองศึกษาวิธีต่างๆ เพื่อแก้ปัญหากลิ่นของผลิตภัณฑ์นมแพะซึ่งจะปรากฏในผลิตภัณฑ์หลายประเภทเช่นนมพาสเจอร์ไรส์ นมสเตอริไลส์ ไอศกรีมและเต้าฮวย โจทย์วิจัยดังกล่าวเป็นปัญหาที่ถูกพูดถึงระหว่างผู้ประกอบการนมแพะและผู้บริโภคในพื้นที่ และเป็นโจทย์ที่ ผศ.ดร.บัณฑิต อินดวงศ์ ผู้ประสานงานสกว.ต้องการทีมทำงานศึกษาปัญหาดังกล่าว การแก้ปัญหากลิ่นสาบของนมนมแพะอาจใช้วิธีการได้หลายวิธีตั้งแต่ระบบการจัดการฟาร์ม การควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ไลเปส และการใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์ งานวิจัยนี้เลือกศึกษาวิธีการลดปัญหาที่นมนมแพะเพื่อรองรับการรับซื้อนมนมแพะดิบจากแหล่งต่างๆ ที่มีวิธีการจัดการฟาร์มที่แตกต่างกัน ควบคุมคุณภาพยาก โดยเฉพาะฟาร์มขนาดเล็ก การศึกษาเลือกใช้สารดูดซับกลิ่นและวิธีการกระตุ้นให้กลิ่นระเหยและดึงอากาศออก งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีเพราะการสนับสนุนจากบุคลากร และนักศึกษาภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี บุคลากรในสถานีทดลองและบำรุงพันธุ์สัตว์ปัตตานี และผู้ประกอบการนมนมแพะในพื้นที่

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยและผู้ประสานงานกองทุน ที่ให้ความสนับสนุนการทำวิจัยเรื่องนี้ ขอขอบคุณคุณธำรง ทองจำรูญ หัวหน้าสถานีทดลองและบำรุงพันธุ์สัตว์ปัตตานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้นมนมแพะดิบและขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์ ที่ช่วยให้ความเห็นและพิจารณาโครงการวิจัย

พัชรินทร์ ภักดีฉนวน

กันยายน 2552

บทคัดย่อ

กลิ่นสาบในน้ำมันแพะเป็นกลิ่นเฉพาะจากสารประกอบชนิด Ethyl/methyl octanoic acid การศึกษาวิธีการลดกลิ่นสาบในงานวิจัยนี้มี 2 วิธี คือ [1] การใช้ถ่านกัมมันต์ ขนาด >P8 mesh (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.98 ± 1.27 มิลลิเมตร) และ P8/R20 mesh (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.63 ± 0.43 มิลลิเมตร) ปริมาตร 1 และ 2 ลิตร และ [2] การดูดอากาศออกด้วยปั๊มสุญญากาศหลังจากน้ำมันผ่านการให้ความร้อนที่ 65, 70 และ 75°C วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่า น้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์มีกลิ่นสาบลดลงแต่มีการสูญเสียสารอาหารบางส่วน โดยการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก P8/R20 มีการสูญเสียโปรตีนและไขมันมากกว่าขนาด >P8 mesh น้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ปริมาตร 1 ลิตร มีการสูญเสียโปรตีนและไขมันร้อยละ 12.01 และ 11.82 ตามลำดับ ได้รับคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากกลิ่นสาบลดลงชัดเจนและผู้ประเมินรู้สึกว่ามีกลิ่นที่เข้มข้นของน้ำมันใกล้เคียงกับชุดควบคุม แต่วิธีนี้อาจไม่เหมาะสมเนื่องจากพบการปนเปื้อนของผงถ่านกัมมันต์ในน้ำมัน การใช้ชุดเครื่องมือลดกลิ่นที่ใช้เทคนิคการดูดอากาศออกควบคุมอัตราการไหลของนม 30 ลิตร/ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านปั๊มสุญญากาศ 330 ลิตร/ชั่วโมง กระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยที่อุณหภูมิ 70°C สามารถลดกลิ่นสาบและผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) มีการลดลงของสารให้กลิ่น Ethyl octanoic acid ระดับร้อยละ 65-88 ในการทดสอบด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME)

ABSTRACT

Off-flavor in goat's milk is a unique flavor of ethyl octanoic acid. This research was conducted to reduce off-flavor in goat's milk by 2 methods, [1] using of activated carbon size >P8 mesh and P8/R20 mesh (average diameter 3.98 ± 1.27 and 1.63 ± 0.43 mm, respectively) for 1 and 2 L and [2] evacuating the headspace air by vacuum pump after pre-heated the milk at 65, 70 and 75°C. The samples were analyzed for chemical qualities and acceptability. Result showed that activated carbon reduced the off-flavor and some nutrients in goat's milk. The small size of activated carbon, P8/R20, 1 L reduced protein and fat in goat's milk 12.01 and 11.82%, respectively, which greater than the big size (P>8 mesh) activated carbon did. This treatment had the highest acceptance score due to clearly reduced off-flavor and panels felt similar milk concentration as untreated milk. However, it might not be a suitable technique because of contamination of activated carbon dust in the treated milk. Using of off-flavor apparatus by air evacuating was carried out by controlling milk flow rate at 30 L/h, air flow rate 330 L/h and accelerated volatility of off-flavor at 70°C. The treated milk was significantly reduced off-flavor and had the highest acceptance score different from the untreated milk ($p < 0.05$). The off-flavor ethyl octanoic acid was reduced by 65-88% when analyzed by solid phase microextraction (SPME) technique.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	i
กิตติกรรมประกาศ	iii
บทคัดย่อ	iv
Abstract	v
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	viii
สารบัญภาพ	x
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สารอาหารในนํ้านมแพะ	4
2.2 กลิ่นรสในนํ้านมแพะ	11
2.3 สารดูดซับ	15
2.4 การวิเคราะห์สารประกอบกลิ่นในนํ้านม	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับกลิ่น	22
3.1.1 การบรรจุถ่านกัมมันต์ในคอแลมน์	22
3.1.2 การคัดเลือกผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	23
3.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพนํ้านมแพะ	23
3.2 การลดกลิ่นสาบโดยวิธีดูดอากาศ	24
3.2.1 ชุดอุปกรณ์ลดกลิ่นโดยวิธีดูดอากาศ	24
3.2.2 วิธีการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพนํ้านมแพะ	26
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	
4.1 การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับ	28
4.1.1 ผลการทดสอบครั้งที่ 1	28
4.1.2 การวิเคราะห์สารประกอบที่ให้กลิ่นสาบในนํ้านมแพะ	31
4.1.3 ผลการทดสอบครั้งที่ 2	32
4.1.4 สรุปผลการทดลองการใช้สารดูดซับ	34

	หน้า
4.2 การลดกลิ่นสาบโดยวิธีดูดอากาศ	35
4.2.1 การวิเคราะห์การลดลงสารประกอบ Ethyl octanoic acid	35
ก. Chromatogram ของสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid	35
ข. ผลการทำกราฟมาตรฐานสาร Ethyl octanoic acid	36
ค. การลดลงของสาร Ethyl octanoic acid ในตัวอย่างนม	37
4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	39
4.2.3 การติดตั้งชุดเครื่องมือลดกลิ่นกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์	41
4.2.4 ต้นทุนชุดเครื่องมือ	43
4.2.5 สรุปผลการทดลองการลดกลิ่นโดยใช้วิธีดูดอากาศ	43
4.2.6 การถ่ายทอดเทคโนโลยี	43
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวกที่ 1 ผลการประเมินความสามารถของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในงานวิจัย	49
ภาคผนวกที่ 2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สำหรับตอนที่ 1)	50
ภาคผนวกที่ 3 ผลการจำแนกสารประกอบกลิ่นรสในนมแพะ	51
ภาคผนวกที่ 4 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สำหรับตอนที่ 2)	55
ภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลการสำรวจวิถีการผลิตนมแพะของเกษตรกร	56
คู่มือการใช้เครื่องลดกลิ่นสาบนมแพะ	65

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลการเลี้ยงแพะในประเทศไทย	3
ตารางที่ 2 จำนวนแพะที่เลี้ยงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้	4
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนโปรตีนชนิดต่างๆในน้ำมันโคและน้ำมันแพะ	5
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันแพะและน้ำมันโค	7
ตารางที่ 5 การกระจายของกรดไขมันในน้ำมันแพะและน้ำมันโค	9
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบแร่ธาตุแต่ละชนิดในน้ำมันแพะ น้ำมันแกะและน้ำมันโค	10
ตารางที่ 7 จุดหลอมเหลวและค่า Oder Threshold ของกรดไขมันชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 8 ชนิดของสาร polymer ที่เคลือบบน silica fiber	17
ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ขนาด P8/R20	28
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ขนาด >P8	28
ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันแพะชุดควบคุมและชุดที่ ผ่านการกรอง	29
ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส (mg/100g)* ของน้ำมันแพะ ชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง	30
ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (mg/g oil) ของน้ำมันแพะชุดควบคุมและ ชุดที่ผ่านการกรอง	30
ตารางที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ขนาด P8/R20	32
ตารางที่ 15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ขนาด >P8	33
ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันแพะชุดควบคุมและชุดที่ ผ่านการกรอง	33
ตารางที่ 17 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันของน้ำมันแพะชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง	34
ตารางที่ 18 ร้อยละการลดลงของสารประกอบ Ethyl octanoic acid วิเคราะห์ โดยเทคนิค SPME	38

	หน้า
ตารางที่ 19 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันแพะ SE-1	39
ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันแพะ LE	40
ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันแพะ SE-2 ที่มีการ spike กลิ่น Ethyl octanoic acid ระดับ 0.05%	40
ตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันแพะ LE	41
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันแพะ ที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น	42

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 SDS-PAGE ของน้ำนมโค (C1-C5), standard milk protein (Std) และน้ำนมแพะ (G1-G6)	5
รูปที่ 2 ผลของการย่อยโปรตีนในน้ำนมโคและน้ำนมแพะ	6
รูปที่ 3 ประเภทและส่วนประกอบของ SPME	16
รูปที่ 4 ขั้นตอนการดูดซับสารประกอบที่เป็นสารระเหย	18
รูปที่ 5 ขั้นตอนการ Desorption	19
รูปที่ 6 โครมาโทแกรมสารประกอบกลิ่นรสในน้ำนม	20
รูปที่ 7 การบรรจุถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์	22
รูปที่ 8 (A) หัวฟันท่อน้ำนม (B) คอลัมน์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำนม (C) ลักษณะของท่อทรงกระบอกภายในติดตั้ง Minispringer	25
รูปที่ 9 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากปั๊มสุญญากาศ	26
รูปที่ 10 (A) การดูดซับกลิ่นบนไฟเบอร์ของ SPME ควบคุมอุณหภูมิที่ 55°C (B) การ Desorption สารประกอบกลิ่นออกจากไฟเบอร์เข้าสู่คอลัมน์ของ GC	27
รูปที่ 11 โครมาโทแกรมของสารประกอบจากนมแพะที่ถูกดูดซับด้วย Fiber ชนิด Carboxen/PDMS	32
รูปที่ 12 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำนมแพะ SE-2 ที่เติมสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ความเข้มข้น 0.05%	36
รูปที่ 13 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำนมแพะ SE-2 ที่เติมสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ความเข้มข้น 0.05% ที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบ	36
รูปที่ 14 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ethyl octanoic acid ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME	37
รูปที่ 15 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำนมแพะจากผู้ประกอบการฟาร์ม SE-1 ที่ยังไม่ได้ผ่านการลดกลิ่น (ชุด control)	37
รูปที่ 16 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำนมแพะจากผู้ประกอบการฟาร์ม SE-1 ที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบ	38
รูปที่ 17 (A) ชุดเครื่องมือลดกลิ่น (B) การติดตั้งชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์ระบบท่อ	41
รูปที่ 18 การอบรมปฏิบัติการแปรรูปนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสาธิตการใช้ชุดเครื่องมือลดกลิ่น	44

บทที่ 1

บทนำ

ข้อมูลการขึ้นทะเบียนผู้เลี้ยงสัตว์ ดำเนินการโดยกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ระบุว่า ประเทศไทยมีเกษตรกรที่เลี้ยงแพะจำนวน 36,772 ราย มีการเลี้ยงแพะมากที่สุดในพื้นที่ของสำนัก สุนัขศาสตร์สัตว์และสุนัขนามัยที่ 9 ซึ่งเป็นเขตจังหวัด ปัตตานี ยะลา นราธิวาส สงขลา ตรัง พัทลุงและสตูล จำนวน 24,726 ราย หรือร้อยละ 67.24 ของจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ ในเขตนี้มีจำนวนแพะ 110,101 ตัว คิดเป็นร้อยละ 36.92 ของจำนวนแพะที่ขึ้นทะเบียนผู้เลี้ยงสัตว์ โดยจังหวัดยะลามีจำนวน เกษตรกรที่เลี้ยงแพะมาขึ้นทะเบียนมากที่สุด คือ จำนวน 7,412 ราย หรือร้อยละ 20.16 ของจำนวน เกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ มีจำนวนแพะทั้งหมด 30,600 ตัว หรือร้อยละ 10.26 รองลงมาคือ จังหวัด ปัตตานีมีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะขึ้นทะเบียนทั้งหมด 6,508 ราย หรือร้อยละ 17.70 ของจำนวน เกษตรกรที่เลี้ยงแพะทั่วประเทศ มีจำนวนแพะ 24,373 ตัว ส่วนจังหวัดนราธิวาสมีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยง แพะขึ้นทะเบียนทั้งหมด 4,287 ราย มีจำนวนแพะ 16,470 ตัว (กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์, 2548) ซึ่ง จำนวนแพะในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสนับสนุนการเลี้ยงแพะในภาคใต้ตอนล่างของ รัฐบาล ผ่านโครงการ 1 ฟาร์ม 1 ตำบล หลังจากวิกฤตใช้หัวदनกในสัตว์ปีกในปี พ.ศ.2547 และต่อเนื่อง กับยุทธศาสตร์อาหารปลอดภัยและ นโยบายการสร้างนิคมอุตสาหกรรม

น้ำนมแพะเป็นอาหารที่มีโภชนาการหลักสูงกว่าน้ำนมโค ผลการวิจัยพบว่า น้ำนมแพะจากฟาร์ม ในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ซึ่งเป็นแพะพันธุ์ผสมชาแนลกับพันธุ์พื้นเมือง มีโปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 3.08 ± 0.22 , 4.01 ± 0.10 และ 0.82 ± 0.07 ตามลำดับ สูงกว่าน้ำนมโคพร้อมดื่มบรรจุกล่องที่มีโปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 2.90 ± 0.07 , 3.83 ± 0.06 และ 0.61 ± 0.07 ตามลำดับ นอกจากนี้จากน้ำนมแพะจะมีคุณค่าทาง โภชนาการสูงกว่าน้ำนมโคแล้ว การแพทย์ทางเลือกถือว่าน้ำนมแพะมีคุณสมบัติเป็นยา (Nutraceutical food) มีสารอาหารบางชนิดที่มีสมบัติพิเศษ (functional food) เช่น กรดไขมันชนิดคาโปรอิก (Caproic) คาพริลลิก (Caprylic) และคาพริก (Capric) ที่มีผลดีต่อการรักษาโรคภาวะเมตาบอลิซึมและโรคภาวะการ ดูดซึมสารอาหารบกพร่อง (Mal-absorption syndrome) มีเอนไซม์ ชนิด Platelet-activating factor acetylhydrolases (PAFase) ซึ่งมีผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน สามารถสลายสารก่อภูมิแพ้เช่นเดียวกับน้ำนมแม่ ในขณะที่มีปริมาณโปรตีนชนิด Alpha s1-casein น้อยกว่านมโค โปรตีนชนิดนี้เป็นสาเหตุของการแพ้ นมโคในเด็กเพราะเป็นโปรตีนที่ย่อยและดูดซึมยาก (Remeauf and Lenoir (1986) อ้างโดย Park *et al.* (2006)) นอกจากนี้ยังมีโปรตีนชนิด Lactalbumin ที่กระตุ้นอาการภูมิแพ้ในปริมาณที่ต่ำกว่าด้วย

บริษัท มาตรฐานครอง แครี่ โกทส์ จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายนมแพะพาสเจอร์ไรส์รายใหญ่ที่สุดของประเทศไทยในนาม "ศิริชัย นมแพะ" ได้เห็นความสำคัญของนมแพะและดำเนินธุรกิจลักษณะให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ มีการนำเข้าแพะพันธุ์นมจากประเทศ ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และจีน จำนวน 30,000 ตัว กำหนดแผนการลงทุนจำนวน 400 ล้านบาท ผลิตนมแพะพาสเจอร์ไรส์ประมาณ 200,000 ขวด/วัน (สุรวุฒิ, 2549) เป็นการยืนยันถึงโอกาสทางการตลาดในอาหารประเภทนี้

ผลการสำรวจการบริโภคนมแพะของประชาชนในจังหวัดปัตตานีจำนวน 203 คน ของทีมผู้วิจัยในเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2550 พบว่ามีจำนวนร้อยละ 52.71 ที่ไม่เคยรับประทานนมแพะ โดยเหตุผลคือหาซื้อยาก ไม่ทราบว่ามีนมแพะมีโภชนาการสูง และไม่ชอบกลิ่นรสของนมแพะ กลิ่นรสในน้ำนมเป็นสารประกอบกลุ่มไขมันนม โดยกลิ่นรสที่เป็นสารระเหยดังกล่าวเกิดจากสาเหตุหลายประการ คือ ชนิดของสัตว์ การกินอาหารของสัตว์ การเกิดปฏิกิริยาไลโปไลซิส (Lipolysis) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้น้ำนมมีคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป นิยมวิเคราะห์สารระเหยด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction หรือ SPME ซึ่งเป็นเทคนิคที่ง่าย ประหยัดตัวทำละลาย และใช้เวลาในการสกัดและวิเคราะห์ไม่มาก โดยใช้ไฟเบอร์หนา 50/30 μm ชนิด Divinylbenzene/Polydimethylsiloxane Carboxan (DVB-PDMS Carboxane) สามารถวิเคราะห์สารระเหยประเภท อัลดีไฮด์ คีโตน และอัลเฟอร์ได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการในการลดกลิ่นสาบนมเพื่อให้มีการยอมรับและมีทัศนคติที่ดีเพื่อสนับสนุนการบริโภคน้ำนมแพะให้แพร่หลายมากขึ้น และกระตุ้นเศรษฐกิจภาคประชาชน

การวิจัยเรื่องการลดกลิ่นสาบแบ่งเป็น 2 ตอน ศึกษาวิธีการในการลดกลิ่นสาบ 2 วิธี คือ

ตอนที่ 1 การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับกลิ่น โดยใช้ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ในระดับที่เหมาะสมที่จะลดกลิ่นสาบให้เป็นที่ยอมรับมากขึ้นในขณะที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ไว้ได้

ตอนที่ 2 การลดกลิ่นสาบด้วยวิธีการใช้ปั๊มสุญญากาศดึงอากาศออก โดยออกแบบชุดเครื่องมือให้น้ำนมไหลผ่านแบบต่อเนื่องในอัตราเร็วไม่ต่ำกว่า 30 ลิตร/ชั่วโมง และดึงกลิ่นสาบที่ถูกกระตุ้นให้ระเหยด้วยความร้อนออก ทำให้น้ำนมที่ไหลผ่านชุดเครื่องมือนี้มีกลิ่นสาบที่ลดลง

นอกจากนี้ ส่วนหนึ่งของงานวิจัยยังได้เพิ่มเติมข้อมูลการสำรวจวิธีการผลิตนมของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส รวม 19 แห่งในภาคผนวก

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันพะมิสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูง การเลี้ยงพะมิในประเทศไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี การสำรวจโดยกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์รายงานว่า การเลี้ยงพะมิมีแนวโน้มที่มากขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 จนถึงปี 2548 ในทุกภาคของประเทศไทย (ตารางที่ 1) เนื่องจากประชาชนมีความต้องการผลผลิตจากพะมิ ทั้งพะมิเนื้อและพะมินม

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเลี้ยงพะมิในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	จำนวนพะมิ (ตัว)			
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง	ใต้	เหนือ
2544	12,295	37,789	114,279	24,134
2545	4,537	37,356	106,436	29,579
2546	5,021	52,967	112,519	43,410
2547	12,354	62,950	135,043	39,729
2548	13,974	109,681	159,390	55,310

ที่มา: คัดแปลงจากกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ (2548)

สำหรับพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้จากข้อมูลสถิติในปี พ.ศ. 2547 พบว่า จังหวัดยะลา มีจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงพะมิขึ้นทะเบียนกับกรมปศุสัตว์มากที่สุด จำนวน 7,412 ราย หรือร้อยละ 20.16 จากจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงพะมิทั่วประเทศซึ่งมีจำนวนพะมิทั้งหมด 30,600 ตัว (ตารางที่ 2) รองลงมาคือ จังหวัดปัตตานีมีจำนวนเกษตรกรผู้เลี้ยงผู้เลี้ยงพะมิขึ้นทะเบียนทั้งหมด 6,508 ราย หรือร้อยละ 17.70 ของจำนวนเกษตรกรที่เลี้ยงพะมิทั่วประเทศ มีจำนวนพะมิ 24,373 ตัว และจังหวัดนราธิวาสมีจำนวนพะมิทั้งหมด 16,470 ตัว

ตารางที่ 2 จำนวนแพะที่เลี้ยงในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

จังหวัด	แพะเพศผู้ (ตัว)	แพะเพศเมีย (ตัว)	รวม (ตัว)
ยะลา	11,800	18,800	30,600
ปัตตานี	8,496	15,877	24,373
นราธิวาส	5,265	11,205	16,470

ที่มา: คัดแปลงจากกลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ (2548)

2.1 สารอาหารในน้ำนมแพะ

น้ำนมแพะมีปริมาณสารอาหารหลักคือโปรตีนและไขมันสูงกว่าน้ำนมโค น้ำนมแพะมีค่า พีเอชอยู่ในระดับ 6.4-6.7 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสมในการปรับสภาพกระเพาะอาหารให้มีความเป็นกลาง มีปริมาณโคเลสเตอรอลประมาณ 11 มิลลิกรัม/100 กรัม ของน้ำหนักน้ำนม อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเมื่อเทียบกับน้ำนมชนิดอื่น มีเม็ดไขมันและโปรตีนขนาดเล็กและกระจายตัวได้ดี จึงไม่ต้องไปตีให้แตกเป็นอนุขนาดเล็ก (โฮโมจิไนซ์)

2.1.1. โปรตีนในน้ำนมแพะ

ปริมาณโปรตีนในน้ำนมแพะมีปริมาณแปรเปลี่ยนตามสายพันธุ์ อาหาร ภูมิอากาศ ระยะเวลาให้นม ฤดูกาล และสุขภาพ โดยมีโปรตีนประมาณร้อยละ 4.6 (Park *et al.*, 2006) สูงกว่าน้ำนมโคประมาณร้อยละ 1 แพะที่ให้อาหารเสริมน้ำมันเมล็ดฝ้ายและน้ำมันลินสีดทำให้น้ำนมมีปริมาณโปรตีนแปรเปลี่ยนตั้งแต่ 4.1-4.4% Nudda *et al.* (2008)

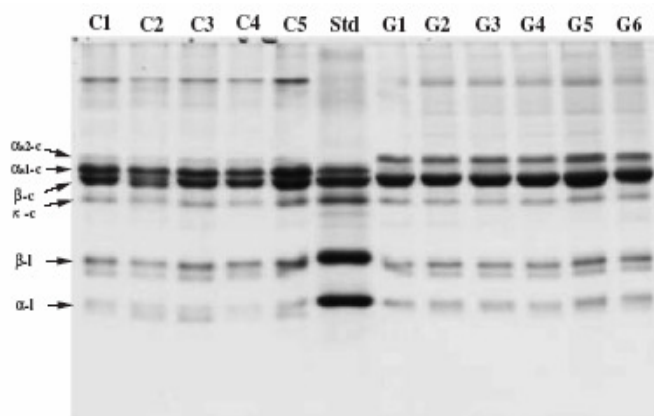
โปรตีนในน้ำนมแพะมีชนิดของโปรตีนหลักเหมือนกับน้ำนมโค คือ α , β , k-casein, α -lactalbumin และ β -lactoglobulin (Martin, 1993; Grosclaude, 1995) และมีโปรตีนชนิดรองที่สำคัญ เช่น Immunoglobulins, Proteose peptone, Lactoferrin, Calmodulin (calcium binding protein), Tranferrin, Protolactin และ Folate-binding protein (Park *et al.*, 2006) แต่สัดส่วนปริมาณของโปรตีนแต่ละชนิดต่างจากน้ำนมโค โดยเฉพาะโปรตีนเคซีน Remeauf and Lenoir (1986) รายงานว่าน้ำนมแพะมีปริมาณโปรตีนเคซีนชนิด α s-casein ต่ำกว่าน้ำนมโค และมีปริมาณ β และ k-casein สูงกว่าน้ำนมโค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Park *et al.* (2006) ที่พบว่าน้ำนมแพะมีปริมาณโปรตีนเคซีนชนิด α s 1-casein ร้อยละ 4-26 ต่ำกว่าน้ำนมโคซึ่งมีปริมาณ α s 1-casein ร้อยละ 36-40 โปรตีนชนิดนี้เป็นสาเหตุของการแพ้ในเด็ก น้ำนมแพะมีปริมาณ β -casein สูงกว่าน้ำนมโคคือร้อยละ 42-64 ในขณะที่น้ำนมโคมีปริมาณ β -casein ร้อยละ 34-41 ส่วนปริมาณโปรตีนชนิด α s 2-casein และ k-casein มีใกล้เคียงกันคือร้อยละ 5-19 และ 10-24 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนโปรตีนชนิดต่างๆในน้ำนมโคและน้ำนมแพะ

ชนิดของโปรตีนเคซีน	สัดส่วนโปรตีน (%)	
	น้ำนมโค	น้ำนมแพะ
α s1-casein	36-40	4-26
α s2-casein	5-19	5-19
β -casein	34-41	42-64
k-casein	10-24	10-24

ที่มา : ดัดแปลงจาก Park *et al.* (2006)

การศึกษาของ Tomotake *et al.* (2006) พบว่า แลป α s1-casein ของน้ำนมแพะมีขนาดเล็กกว่า แลป α s1-casein ของน้ำนมโค แต่แลปของ α s2-casein ของน้ำนมแพะมีขนาดใหญ่กว่าน้ำนมโค ซึ่งจำนวนของ α s1-และ α s2-casein ของน้ำนมแพะ มีปริมาณร้อยละ 3.90 ± 0.4 และ 13.6 ± 0.5 ตามลำดับ ขณะที่น้ำนมโคมีปริมาณของ α s1-และ α s2-casein ร้อยละ 33.7 ± 0.6 และ 3.5 ± 0.3 ตามลำดับ ส่วนปริมาณ β -lactoglobulin และ α -lactalbumin ของน้ำนมแพะมีปริมาณ 12.5 ± 0.5 และ 5.9 ± 0.3 ในน้ำนมวัว มีปริมาณ β -lactoglobulin และ α -lactalbumin ร้อยละ 15.0 ± 0.8 และ 4.7 ± 0.6 ตามลำดับ



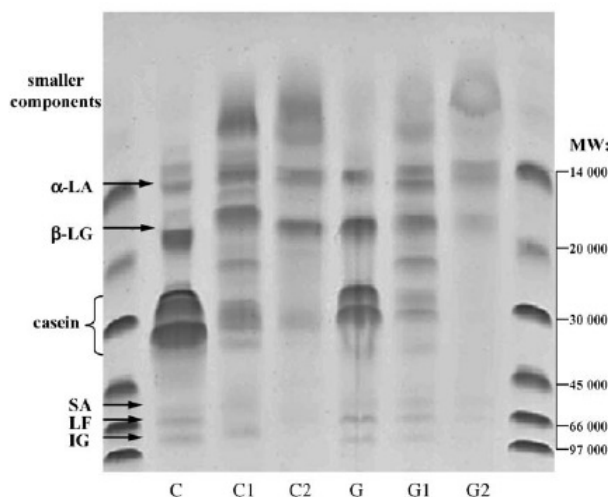
รูปที่ 1 SDS-PAGE ของน้ำนมโค (C1-C5), standard milk protein (Std) และ น้ำนมแพะ (G1-G6)

ที่มา: Tomotake *et al.* (2006)

ลักษณะของโปรตีนไมเซลล์ (Protein micelle characteristic) ของน้ำนมแพะยังแตกต่างจากน้ำนมโค น้ำนมแพะมีโปรตีนไมเซลล์ที่อยู่ในรูป mineralization สูงกว่าน้ำนมโค ทำให้โปรตีนไมเซลล์ของน้ำนมแพะมีปริมาณ calcium และ inorganic phosphorus สูงกว่า (Park *et al.*, 2006)

Almass *et al.* (2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยระหว่างน้ำนมโคและน้ำนมแพะจากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ โดยนำตัวอย่างน้ำนมซึ่งผ่านขั้นตอนการย่อยโดย

น้ำย่อยจาก 2 แหล่งดังกล่าว มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในน้ำนม โดยเทคนิค Gel electrophoresis ด้วย SDS-PAGE พบว่าโปรตีนเคซีนในน้ำนมแพะและน้ำนมโคถูกน้ำย่อยจากกระเพาะและลำไส้เล็กย่อยได้ดี โดยน้ำนมแพะถูกย่อยได้มากกว่าน้ำนมโค และพบว่าโปรตีนชนิด β -lactoglobulin ในตัวอย่างน้ำนมโคหลังการย่อยยังคงหลงเหลือสูงถึงร้อยละ 83 ในขณะที่โปรตีน β -lactoglobulin ในน้ำนมแพะมีเหลือเพียงร้อยละ 23 (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผลของการย่อยโปรตีนในน้ำนมโค (C) และน้ำนมแพะ (G) โดย C1, G1 เป็นตัวอย่างน้ำนมที่ผ่านการย่อยด้วยน้ำย่อยจากกระเพาะอาหาร และ C2, G2 คือตัวอย่างน้ำนมที่ผ่านการย่อยด้วยน้ำย่อยจากลำไส้เล็ก

ที่มา : Almaas *et al.* (2006)

การแพ้น้ำนม

การแพ้น้ำนมเป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายต่อโปรตีนที่ทำให้เกิดการสร้างแอนติบอดีชนิดอิมมูโนโกลบูลิน อี (Ig E) Lara-Villoslada *et al.* (2005) รายงานว่า โปรตีนชนิดเคซีนเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดโรคแพ้น้ำนม โดยโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำนมโคคือ α s1-casein แต่ในน้ำนมแพะจะมีโปรตีนชนิดนี้น้อยกว่าในน้ำนมโค ทำให้การบริโภคน้ำนมแพะไม่ทำให้เกิดโรคแพ้โปรตีนในน้ำนม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Bevilacqua *et al.* (2006) ที่ได้ทำการศึกษาให้หนูทดลองได้รับน้ำนมแพะและน้ำนมโคเป็นอาหาร แล้วทำการเปรียบเทียบการเกิดอาการแพ้น้ำนม ผลปรากฏว่า หนูทดลองเกิดปฏิกิริยาการแพ้โปรตีนที่ชื่อว่า α s1-casein ที่มีมากในน้ำนมโค โดยในน้ำนมแพะจะไม่มีโครงสร้างของโปรตีนชนิดนี้ที่เป็นต้นเหตุของการเกิดอาการแพ้ขึ้นแต่จะมี α s2-casein แทน ทำให้หนูทดลองที่ได้รับน้ำนมแพะมีอาการแพ้เพียงร้อยละ 40 โปรตีนชนิด β -lactoglobulin เป็นโปรตีนอีกตัวหนึ่งที่เป็นสาเหตุของการแพ้น้ำนม เนื่องจากเป็นโปรตีนที่ย่อยยาก ถึงแม้ว่าจะเป็นโปรตีนที่มีอยู่ทั้งในน้ำนมโค และน้ำนมแพะ แต่ปัญหานี้มักจะพบในกรณีของ

น้ำมันโคมากกว่าน้ำมันแพะ นอกจากนี้ น้ำมันแพะยังมีเอนไซม์ Platelet Activating Acetyl Hydrolase ซึ่งสามารถสลายสารก่อภูมิแพ้ก่อนให้เกิดการแพ้ได้ (อนุวัตร, www.thaihealth.or.th [08/05/08])

2.1.2 ไขมันและกรดไขมัน

น้ำมันแพะมีปริมาณไขมันสูงกว่าน้ำมันโคเล็กน้อย แปรเปลี่ยนตามปัจจัยหลายประการ โดยปัจจัยที่สำคัญคืออาหารและสายพันธุ์ Lefrileux *et al.* (2008) รายงานปริมาณไขมันในน้ำมันแพะจากการวิจัยในประเทศฝรั่งเศสว่ามีปริมาณไขมันร้อยละ 3.34 ในขณะที่ผลสำรวจเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า น้ำมันแพะใน ต. ตาเกาะ จังหวัดปัตตานี มีปริมาณไขมันร้อยละ 4.01 กรดไขมันส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในน้ำมันแพะเป็นพวงสายโซ่ยาวปานกลาง (Medium Chain Triglycerides; MCT) ได้แก่ Butyric (C4:0), Caproic (C6:0), Caprylic (C8:0), Capric (C10:0), Lauric (C12:0) และ Myristic (C14:0) ซึ่งมีปริมาณที่สูงมากว่าในน้ำมันโค (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันแพะและน้ำมันโค (g/100 g)

กรดไขมัน	น้ำมันแพะ	น้ำมันโค
Butyric (C _{4:0})	0.13	0.11
Caproic (C _{6:0})	0.09	0.06
Caprylic (C _{8:0})	0.10	0.04
Capric (C _{10:0})	0.26	0.08
Lauric (C _{12:0})	0.12	0.09
Myristic (C _{14:0})	0.32	0.34
Palmitic (C _{16:0})	0.91	0.88
Stearic (C _{18:0})	0.44	0.40
Total medium chain triglycerides (C ₆ -C ₁₄)	0.89	0.61
Total Saturated fatty acids (C ₄ -C ₁₈)	2.67	2.08
Palmitoleic (C _{16:1})	0.08	0.08
Oleic (C _{18:1})	0.98	0.84
Total Monounsaturated fatty acids (C _{16:1} -C _{22:1})	1.11	0.96
Linoleic (C _{18:2})	0.11	0.08
Linolenic (C _{18:3})	0.04	0.05
Total Polyunsaturated fatty acids (C _{18:2} -C _{18:3})	0.15	0.12

ที่มา : Haenlein (2004)

รูปแบบของกรดไขมันในน้ำมันสามารถเปลี่ยนแปลงเนื่องจากชนิดของอาหารที่สัตว์กิน Vesta *et al.* (2008) รายงานว่าอาหารที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเช่นไลโนเลอิก และไลโนเลนิกปริมาณสูงจะส่งผลกระทบต่อรูปแบบของกรดไขมันในน้ำมันทำให้มีปริมาณกรดไขมันชนิดไลโนเลอิกและไลโนเลนิกในน้ำมันเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 40

กรดไขมันชนิด MCT ในน้ำมันแพะ และการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ธรรมชาติของไขมันในน้ำมันแพะทำให้เอนไซม์ย่อยสลายไขมัน (lipase) ที่อยู่ในเซลล์ สามารถย่อยได้ง่ายกว่าในน้ำมันโค (Haenlein, 1992 อ้างโดย Almass *et al.*, 2006) เอนไซม์จะย่อยไขมันได้กรดไขมันและกลีเซอไรด์ กรดไขมันที่เกิดขึ้นจะออกจากเซลล์ของลำไส้เล็ก โดยไม่ต้องอาศัยโคไลไมครอน และจะถูกขนส่งทางหลอดเลือดไปสู่ตับ โดยเกาะไปกับโปรตีนอัลบูมิน เพื่อส่งเข้าสู่ตับในรูปของกรดไขมันแล้วย่อยสลายเป็นพลังงานต่อไป น้ำมันแพะจึงมีประโยชน์ต่อร่างกายในการใช้รักษาผู้ที่มิมีปัญหาทางสุขภาพ เช่นในผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับหัวใจหรือหลอดเลือดหัวใจ มีภาวะการดูดซึมสารอาหารบกพร่อง ภาวะการย่อยสารอาหารที่ลำไส้เล็กมีปัญหา เนื่องจากกลไกการเกิด metabolism ของไขมัน น้ำมันแพะมีลักษณะพิเศษสามารถให้พลังงานโดยตรงแทนที่จะไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ (Haenlein, 2004) Hachlaf *et al.* (1993) ทำการศึกษาการดูดซึมไขมันในน้ำมันแพะโดยศึกษากับเด็กทารกที่มีภาวะการดูดซึมบกพร่อง จำนวน 64 คน ซึ่งโดยปกติแล้วเด็กเหล่านี้จะดื่มน้ำมันโคแต่ในการทดลองนี้จะให้เด็กดื่มน้ำมันแพะแทน ผลการศึกษาพบว่าเด็กทารกจะมีการดูดซึมของไขมันได้ดีขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้ น้ำมันแพะยังมี DHA, EPA (โอเมก้า 3) และโอเมก้า 6 (ไลโนลิคและไลโนเลอิก) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นในการพัฒนาสมองของมนุษย์โดยเฉพาะเด็กๆ และ เป็นกรดไขมันที่มีอยู่เช่นเดียวกันในน้ำมันแม่

Razafindrakoto *et al.* (1993) ได้ศึกษาการดูดซึมไขมันของเด็กที่มีอายุระหว่าง 1-5 ขวบ ซึ่งมีภาวะการดูดซึมอาหารบกพร่อง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเด็กที่ดื่มน้ำมันโคกับเด็กที่ดื่มน้ำมันแพะ พบว่า เด็กที่ดื่มน้ำมันโคไม่สามารถได้รับสารอาหารได้อย่างเพียงพอ ขณะเดียวกันเด็กที่ดื่มน้ำมันแพะจะได้รับสารอาหารได้อย่างครบถ้วนมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า โดยดูจากน้ำหนักตัวของเด็กที่ดื่มน้ำมันแพะจะมากกว่าประมาณร้อยละ 9 ต่อวัน ($8.53 \text{ g/kg ต่อวัน} \pm 1.37$) หลังจากทดลองผ่านไป 2 สัปดาห์ ส่วนการทดลองใช้น้ำมันแพะเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย พบรายงานของ สมชัยและนิษารัตน์ (2550) ได้เลี้ยงลูกสุกรด้วยน้ำมันแพะเป็นเวลา 52 วัน พบว่าลูกสุกรมีการสะสมไขมันตามส่วนต่างๆของร่างกายน้อยมากอย่างเห็นได้ชัดและมีความแข็งแรงของกระดูกเพิ่มขึ้นเพราะไขมันจากนมแพะย่อยง่ายจึงไม่สะสมในร่างกาย อีกทั้งน้ำมันแพะยังมีปริมาณแคลเซียมสูงจึงทำให้เนื้อกระดูกแน่นขึ้น

น้ำมันแพะมีขนาดของเม็ดไขมันเล็กกว่าน้ำมันโค (Haenlein, 1992) ทำให้ย่อยได้ง่ายกว่าและการเกิดภูมิแพ้มีน้อยกว่า เหตุผลที่ทำให้ไขมันแพะย่อยได้ง่ายอีกประการหนึ่งคือ เม็ดไขมัน (fat globules) ในน้ำมันแพะ เป็นอนุภาคเล็กๆ ไม่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน ทำให้มีพื้นที่ในการสัมผัสกับเอนไซม์ lipase ที่อยู่ในเซลล์ทำให้การทำงานของเอนไซม์ lipase เป็นไปได้อย่างง่ายที่สามารถที่จะทำลายพันธะ ester linkage ได้ทั่วถึงทำให้การย่อยกรดไขมันสามารถที่ย่อยได้ง่ายขึ้น กรดไขมันในน้ำมันแพะสามารถถูกดูดซึมให้

หมดได้ภายในเวลา 20 นาที เปรียบเทียบกับน้ำมันโคที่ใช้เวลานานกว่า 2 ชั่วโมงหรือบางครั้งนานเป็นหลายชั่วโมง ข้อดีของการที่น้ำมันแพะมีเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กและกระจายตัวได้ดีคือไม่จำเป็นต้องนำน้ำมันแพะไปตีให้แตกเป็นอนุขนาดเล็ก (โฮโมจีไนซ์) ซึ่งการโฮโมจีไนซ์จะทำให้เกิดเอนไซม์ที่เรียกว่าแซนธิน ออกซิเดส (Xanthine oxidase) เป็นสาเหตุให้โคเลสเตอรอลตกตะกอนที่หลอดเลือดแดง ทำให้หลอดเลือดแคบ ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดโรคหัวใจที่เป็นอันตรายได้ การเปรียบเทียบขนาดของเม็ดไขมันระหว่างน้ำมันแพะและน้ำมันโคแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกระจายของเม็ดไขมันในน้ำมันแพะและน้ำมันโค

ขนาดของเม็ดไขมัน (ไมครอน)	สัดส่วนต่อเม็ดไขมันทั้งหมด (%)	
	น้ำมันแพะ	น้ำมันโค
1.5	28	11
3.0	35	33
4.5	20	22
6.0	12	18
> 6.0	5	16
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	3.5	4.5

ที่มา : Park *et al.* (2006)

2.1.3 วิตามินและแร่ธาตุ (Vitamin and Mineral)

น้ำมันแพะเป็นแหล่งของวิตามินที่สำคัญ วิตามินที่ละลายได้ในไขมันในน้ำมันแพะชนิดวิตามินเอและวิตามินอีมีปริมาณ 0.013 และ 0.121 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (Lefrileux *et al.*, 2008) ในขณะที่ Kondyli *et al.* (2007) รายงานว่าวิตามินเอและวิตามินอีในน้ำมันแพะมีปริมาณ 0.50-0.61 และ 0.64-0.94 มิลลิกรัม/100 กรัม และวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ชนิด วิตามินบี 1 บี 2 และวิตามินซี มีปริมาณ 0.26 0.112 และ 5.48 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร วิตามินเอน้ำมันแพะต่างจากน้ำมันโค เพราะอยู่ในรูปของวิตามินเอโดยตรงไม่ใช่ในรูปเบต้าแคโรทีน ช่วยเพิ่มการทำงานของเซลล์ที่ดักจับเชื้อโรคที่เข้าสู่ร่างกายและยังทำหน้าที่เป็นด่านป้องกันเชื้อโรคในส่วนเยื่อเมือกปาก ลำไส้ และปอด

น้ำมันแพะเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่สำคัญสำหรับกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส 132 และ 97.7 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักน้ำมัน มีประโยชน์ คือเป็นองค์ประกอบของกระดูก โดยแคลเซียม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเม็ดเลือดขาวกับลิพิดไลด์ ในการจับเกาะสิ่งแปลกปลอม เพิ่มการหลั่งสารในตัวกลาง ปฏิกริยาการสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยยับยั้งและสลายการสะสมคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด ช่วยป้องกันโรคกระดูกอ่อนในเด็ก แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของกระดูก ลดการคลายตัวของกล้ามเนื้อ ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ของกระบวนการ

สร้างโปรตีน ควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Kondyli *et al.*, 2007) นํ้านมแพะมีปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก และสังกะสีปริมาณ 59.4, 152, 15.87, 0.08, 0.06 และ 0.37 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักนํ้านม และแมงกานีส 6.53 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักนํ้านม โดยปริมาณของแคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ทองแดงและสังกะสีในนํ้านมแพะจะแปรเปลี่ยนตามฤดูกาลของการเลี้ยง (Kondyli *et al.*, 2007)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบแร่ธาตุแต่ละชนิดในนํ้านมแพะ นํ้านมแกะและนํ้านมโค (ต่อกิโลกรัม)

แร่ธาตุ	นมแพะ	นมแกะ	นมโค
Calcium (mg)	1260	1950-2000	1200
Phosphorus (mg)	970	1240-1580	920
Potassium (mg)	1900	1360-1400	1500
Sodium (mg)	380	440-580	450
Chloride (mg)	1600	1100-1120	1100
Magnesium (mg)	130	180-210	110
Zinc (µg)	3400	5200-7470	3800
Iron (µg)	550	720-1222	460
Copper (µg)	300	400-680	220
Manganese (µg)	80	53-90	60
Iodine (µg)	80	104	70
Selenium (µg)	20	31	30

ที่มา : Ljutovac *et al.* (2008)

María *et al.* (2006) รายงานว่าองค์ประกอบของเคซีนในนํ้านมแพะมีการละลายได้ดีกว่าในนํ้านมโค ทำให้การดูดซึมธาตุเหล็กในนํ้านมแพะมีประสิทธิภาพดีกว่าในนํ้านมโค เพราะเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนในนํ้านมจะมีกรดอะมิโนที่ช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็ก รวมทั้งมีกรดอะมิโนชนิด Cysteine ช่วยดูดซึมธาตุเหล็กให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และมี Lysine ที่สามารถย่อยสลาย Ferric หรือ Ferrous โดยกระบวนการ Formation ของ Tridentate chelates

2.2 กลิ่นรสในน้ำมัน

กลิ่นรสในน้ำมันเป็นกลิ่นจากสารประกอบกลุ่มกรดไขมัน คีโตน เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ แลคโตน ซัลเฟอร์ และสารประกอบไนโตรเจน Vazques-Landaverde *et al.* (2005) รายงานว่า น้ำมันมีสารประกอบที่ให้กลิ่นรสชนิดอัลดีไฮด์ คีโตน ซัลเฟอร์ และ เอทิลอะซิเตท โดยน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนสูงเช่น UHT (Ultra high temperature) จะมีปริมาณของสารประกอบเหล่านี้สูงกว่าน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ นอกจากสารประกอบกลุ่มนี้น้ำมันแพะจะมีกลิ่นรสอื่นที่แตกต่างจากน้ำมันโค ผู้บริโภคจะเรียก “กลิ่นสาบ” จากสารประกอบชนิด methyl octanoic acid และ ethyl octanoic acid (Chillard *et al.*, 2003)

สารประกอบที่ก่อให้เกิดกลิ่นรสในน้ำมัน มี 8 ชนิด คือ

1. กรดไขมัน

ไขมันนมถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของ rough endoplasmic reticulum ของเซลล์สร้างน้ำนม (alveolus) โดยสารตั้งต้นที่สำคัญในการสังเคราะห์ไขมันนม คือ acetate (ร้อยละ 40) และ hydroxybutyrate (ร้อยละ 10) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนประมาณร้อยละ 50 ส่วนอีกร้อยละ 50 ได้จากไตรกลีเซอไรด์ในเลือดโดยมาจากการย่อยและดูดซึมกรดไขมันในลำไส้เล็กประมาณร้อยละ 40-45 และจากการย่อยสลายเนื้อเยื่อไขมันภายในตัวสัตว์ประมาณร้อยละ 5-10 (เทอดชัย, 2532)

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของนม เป็นแหล่งของกรดไขมัน เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และเป็นตัวทำลายที่ดีของวิตามินเอ ดี อี และเค ไขมันนมเป็นส่วนสำคัญในการเสริมคุณค่าของนมและใช้เป็นเกณฑ์ในการตีราคานม ไขมันนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 97.5 ของไขมันนมทั้งหมด (Christie, 1995) และมีฟอสโฟลิปิด (phospholipid) เพียงร้อยละ 0.6 ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีขั้วเป็นตัวทำลายที่ดีของสารประกอบไม่มีขั้วอื่นๆในนม รวมทั้งสเตอรอล (sterol) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ส่วนฟอสโฟลิปิดอยู่บนเปลือกหุ้มเม็ดไขมันนม (milk fat globule membrane, MFGM) ฟอสโฟลิปิดที่พบมาก ได้แก่ ฟอสฟาติดีลโคลีน (phosphatidyl choline) ฟอสฟาติดีล เอทานอลามีน (phosphatidyl ethanolamine) และสฟิงโกมายอีลิน (sphingomyelin) สเตอรอลในนมอยู่ในรูปคอเลสเตอรอล (cholesterol) มากกว่าร้อยละ 95 ของ สเตอรอลทั้งหมด แต่เมื่อเทียบกับอาหารอื่นๆจัดว่ามีปริมาณต่ำ

กรดไขมันในนมมีทั้งกรดคีโต (keto) และไฮดรอกซีแอซิด (hydroxy acid) ประมาณร้อยละ 0.3 ของกรดไขมันทั้งหมด กรดคีโตมีหมู่คาร์บอนิลที่ตำแหน่งต่างๆกันและเปลี่ยนแปลงไปได้เนื่องจากความร้อนกลายเป็นเมทิลคีโตน (methylketone) หรือสารประกอบแลคโตน (lactones) ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นแรงปกติพบในนมสดน้อยแต่จะพบมากในนมผงและเนยที่เก็บเป็นเวลานานๆ กรดไขมันในนมมีทั้งกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมีประมาณร้อยละ 64-70 ชนิดไม่อิ่มตัวประมาณร้อยละ 30-36 กรดไขมันอิ่มตัวที่พบในไขมันนมได้แก่ ไมริสติก (myristic) ปาล์มมิติก (palmitic) และ

สเตียริก (stearic) โดยปาล์มมิตกมีประมาณร้อยละ 20-25 ของกรดไขมันทั้งหมด ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือ กรดโอเลอิก (oleic) มีประมาณร้อยละ 30-38 ของกรดไขมัน

กรดไขมันเป็นผลจากการสลายของไตรกลีเซอไรด์ในนมที่ให้ความร้อนมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบความเข้มข้นของ acetic, butyric, hexanoic, octanoic acid และ decanoic acid ที่สูง ส่วนในหางนม (Skim milk) จะพบ free fatty acid ชนิด butyric และ hexanoic acid เป็นหลัก

เอนไซม์ไลเปสในน้ำนมดิบมีผลต่อกลิ่นรสของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม กรดไขมันที่มีผลทำให้เกิดกลิ่นในไขมันนม คือกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอน 4-5 อะตอมเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย เช่น กรดบิวทิริก จึงทำให้เกิดกลิ่นหืน การเกิดกลิ่นหืนเกิดจากปฏิกิริยาไลโปไลซิสไขมัน ทำให้สลายตัวได้เป็น กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ตารางที่ 7 แสดงจุดหลอมเหลวและความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรับรู้กลิ่นได้ของกรดไขมันชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งเมื่อให้ความร้อนและอุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งจะระเหยได้สารให้เกิดกลิ่นขึ้น และจากค่าในตารางพบว่า กรดไขมันเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดหลอมเหลวเพิ่ม ส่งผลให้ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถรับรู้กลิ่นได้เพิ่มขึ้นด้วย คือ กรดบิวทิริกมีความเข้มข้นแค่ 0.5 ppm ก็สามารถรับรู้กลิ่นได้ กรดคาโปรลิกและกรดคาไพริกมีความเข้มข้น 3.0 ppm จึงสามารถรับรู้กลิ่นได้ กรดคาพริกและกรดลอริก มีความเข้มข้น 10.0 ppm จึงรับรู้กลิ่นได้ ส่วนกรดไมริสติกและกรดปาล์มมิตกไม่สามารถแสดงค่า Odor Threshold ได้

ตารางที่ 7 จุดหลอมเหลวและค่า Odor Threshold ของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	จุดหลอมเหลว(°C)	ค่า Odor Threshold (ppm)
Butyric acid	-7.9	0.5
Caproic acid	-3.4	3.0
Caprylic acid	16.7	3.0
Capric acid	31.3-31.6	10.0
Lauric acid	44.0	10.0
Myristic acid	53.9-54.4	-
Palmitic acid	62.7-63.1	-

ที่มา: Coultate (1999)

2. Ketone

Ketone เกิดจากการออกซิเดชันของกรดไขมันกลายเป็น β -ketoacid และปฏิกิริยา decarboxylation เป็น methyl ketone (Moio *et al.*, 1993) ซึ่ง ketone ที่พบส่วนใหญ่ในน้ำนม เป็น 2-methyl ketone โดยความเข้มข้นของ methyl ketone ขึ้นอยู่กับระดับของความร้อนและระยะเวลาในการ

เก็บ ดังนั้นในนม UHT จะมีความเข้มข้นของ methyl ketone มากกว่าในนมดิบ และนมที่เก็บในไว้นานจะมีปริมาณคีโตนมากกว่านมสด (Badings *et al.*, 1981) สอดคล้องกับรายงานของ Bassetted and Fung (1986) อ้างโดย Vazques-Landaverde *et al.*, (2005) ที่พบว่า การเก็บนํ้านมเป็นเวลานานจะเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บนม กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดสายยาว (Polyunsaturated fatty acid) เกิดออกซิไดส์ พบการเพิ่มขึ้นของสารระเหยชนิดคีโตน คือ 2-pentanone (C_5), 2-hexanone (C_6), 2-heptanone (C_7) (มีกลิ่นเหม็นอับ), 2-octanone (C_8), 2-nonanone (C_9) (กลิ่น floral fruity), 2-decanone (C_{10}) และ 2-undecanone

Vazques-Landaverde *et al.* (2005) รายงานว่า นํ้านมที่ผ่านการให้ความร้อนแบบ UHT มีปริมาณของสารประกอบกลิ่นรสชนิดอัลดีไฮด์ คีโตน ซัลเฟอร์ และ เอทิลอะซิเตท ในปริมาณที่สูงกว่านมพาสเจอร์ไรส์และนํ้านมดิบ ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Avalli (2004) ที่ได้ทำการศึกษาสารระเหยในนํ้านมแพะ โดยพบปริมาณของ 2-heptanone ในนม UHT มากกว่าในนมพาสเจอร์ไรส์

3. Ester

ในนํ้านมดิบจะพบ Ester ประมาณครึ่งหนึ่งของสารระเหยในธรรมชาติ โดยเฉพาะพวก short-chain และ medium-chain fatty acid ethyl ester ของ butyric, hexanoic, octanoic และ decanoic acid เช่น ethyl butanoate (กลิ่นแอปเปิ้ล), ethyl hexanoate และ ethyl decanoate (กลิ่นมะนาว) ในนมพาสเจอร์ไรส์และนมโฮโมจิไนส์จะมีความเข้มข้นของ Ester อยู่่น้อยเนื่องจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนมากกว่า 100 องศาเซลเซียสทำให้เกิดการสลายตัวของสารดังกล่าว โดยในนม UHT จะพบมากกว่าในนมพาสเจอร์ไรส์และนมดิบ (Vazques-Landaverde *et al.*, 2005)

4. Aldehyde

Aldehyde ที่พบส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเอสเทอร์ โดยกระบวนการ Autoxidation ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนเข้าไปที่หมู่เมทิลใกล้พันธะคู่ ทำให้เกิดเป็น Hydroperoxide และจะถูกสลายเป็น Aldehyde ซึ่ง Aldehyde ที่พบในนมส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง C_5 - C_{11} เช่น 2-methylpropanal, 3-methylpropanal, pentanal, hexanal, heptanal, octanal, nonanal, decanal และ 2-furaldehyde ซึ่งในนม UHT จะพบมากกว่าในนมพาสเจอร์ไรส์และนมดิบ (Vazques-Landaverde *et al.*, 2005) ในนมพาสเจอร์ไรส์จะพบ Aldehyde จาก non-lipid เช่น 3-methylbutanal และ benzaldehyde การเก็บนํ้านมเป็นระยะเวลานานจะพบอัลดีไฮด์ชนิดอิ่มตัว คือ pentanal, hexanal, heptanal, octanal, nonanal และ decanal

5. Alcohol

Alcohol ปฐมภูมิ ได้จากปฏิกิริยา reduction ของ Aldehyde ซึ่ง Alcohol ที่พบในนมคือ ethanol, 1-pentanol, 1-octen-3-ol, 1-octanol, dodecanol, tetradecanol, และ pentanol จะพบในปริมาณต่ำ

6. Lactone

Lactone จะเกิดขึ้นระหว่างการทำให้ความร้อน มีการ breakdown สารประกอบ γ -hydroxyacid และ δ -hydroxyacid (Forss, 1979) Lactone ที่พบในนม คือ δ -decalactone, γ -decalactone, 5-methyl-2-furanone และ 2-butenic acid

7. Sulfer

สารประกอบ Sulfer เกิดจากกระบวนการให้ความร้อน ซึ่ง Sulfer ที่พบในน้ำนมมี hydrogen sulfide, methanethiol, carbondioxide, dimethyl disulfide, methyl trisulfide, dimethyl sulfoxide และ dimethyl sulfone โดยจะพบสารประกอบซัลเฟอร์ในนม UHT มากกว่าในนมพาสเจอร์ไรส์และนมดิบ (Vazques-Landaverde *et al.*, 2005)

8. Nitrogen compound

สารประกอบไนโตรเจนที่พบในนมพาสเจอร์ไรส์ คือ N-formylpiperidine, enothiazole และ diphynylamine ซึ่งจะพบในความเข้มข้นที่น้อยกว่าสารประกอบตัวอื่นๆ (Moio *et al.*, 1993)

ผลของสิ่งแวดล้อมต่อกลิ่นรสในน้ำนม

สิ่งแวดล้อมที่สัตว์อาศัยอยู่เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกลิ่นรสในนมเนื่องจากสัตว์แต่ละตัวอาศัยอยู่ในที่ต่างๆ ไม่เหมือนกัน สัตว์บางตัวอาศัยอยู่ใกล้ทุ่งหญ้าทำให้นมมีกลิ่นหญ้ามากขึ้น สัตว์บางตัวอยู่ใกล้ชุมชนทำให้นมมีกลิ่นหญ้าหมักน้อยกว่าสัตว์ที่อาศัยใกล้ทุ่งหญ้า เป็นต้น และอาจเกิดจากอาหารที่สัตว์เหล่านั้นกินเข้าไป จากการศึกษาของ Pillecer (2007) โดยนำโคที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 3 ที่ พบว่า ชนิดและปริมาณของสารประกอบกลิ่นแตกต่างกัน ส่วนใหญ่จะพบสารประกอบพวกอัลดีไฮด์ ซึ่งเกิดการหญ้าหมักที่โคกิน สอดคล้องกับผลของ Mounchili *et al.* (2005) สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์มากกว่าปัจจัยอื่นเพราะสภาพแวดล้อมมีผลทั้งการให้ผลผลิตการสืบพันธุ์และสุขภาพของสัตว์ สภาพแวดล้อมมีผลโดยตรงต่อขบวนการเมตาบอลิซึม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเคลื่อนที่ผ่านของอาหาร ความต้องการสารอาหารเพื่อการดำรงชีพ ระบบสืบพันธุ์การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม ส่วนผลกระทบทางอ้อมของสภาพแวดล้อมมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของอาหารหยাব (Collier, 1985) ในทางกายภาพสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวสัตว์และการระบายความร้อนออกจากตัวสัตว์ ในสภาวะดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์โดยมีผลทำให้สัตว์กินอาหารลดลง ผลผลิตน้ำนมลดลง (Johnson, 2002) และมีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม (Davison *et al.*, 1996) ความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินในสภาพการเกิด heat stress สัตว์ลดการกินอาหารลงโดยปริมาณอาหารที่กินเริ่มลดลงเมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส และปริมาณอาหารที่กินลดลงเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส (Davison *et*

al., 1996) โดยเฉพาะปริมาณอาหารหยาบที่กินเนื่องจากอาหารหยาบก่อให้เกิดความร้อนในตัวสัตว์สูง (heat increment) ในขณะที่การกินอาหารชั้นของสัตว์ยังคงกินได้ตามปกติ มีผลทำให้ผลผลิตของ acetate ลดลง แต่ propionate ไม่เปลี่ยนแปลง สัดส่วนของ acetate ต่อ propionate จึงลดลง ซึ่งมีผลต่อปริมาณไขมันนมทำให้ลดลงด้วย (Johnson, 2002)

2.3 สารดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการดึงโมเลกุล หรือคอลลอยด์ (colloid) ของสารองค์ประกอบออกจากสารละลาย หรือก๊าซ การดูดซับโมเลกุลของสารบนผิวตัวดูดซับอาจเกิดขึ้นจากแรงทางกายภาพ เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waal's force) หรือแรงทางเคมี หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

ประเภทของการดูดซับ

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) การดูดซับทางกายภาพได้แก่ การดูดซับด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waal's force) เกิดขึ้นเมื่อสารที่ถูกดูดซับเคลื่อนที่สัมผัสกับตัวดูดซับ โดยมีแรงดึงดูดมากกว่าพลังงานจลน์ของสาร แรงแวนเดอร์วาลส์เป็นแรงดึงดูดที่ไม่แข็งแรงจึงง่ายต่อการผันกลับของการดูดซับ แรงแวนเดอร์วาลส์ประกอบด้วยอันตรกิริยาระหว่างสารที่มีประจุด้วยกัน (dipole-dipole interaction) สารที่มีประจุกับสารชักนำให้เกิดประจุ (dipole-induced dipole interaction) การดูดซับด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของโมเลกุล โดยเฉพาะถ้าเพิ่มพันธะของโมเลกุลเป็นพันธะคู่ หรือพันธะสาม

2. การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) เป็นการดูดซับโดยพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลของตัวดูดซับ และตัวถูกดูดซับ การดูดซับจะมีความแข็งแรงต่อการผันกลับของปฏิกิริยา พันธะที่สำคัญได้แก่ พันธะทางไฟฟ้า (electrostatic bonding), พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding), พันธะโคออร์ดิเนชัน (coordination bonding)

การดูดซับอาจจะเป็นการดูดซับทางกายภาพ หรือทางเคมีเพียงอย่างเดียว หรืออาจเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของตัวถูกดูดซับ ความเป็นกรดด่างของระบบ

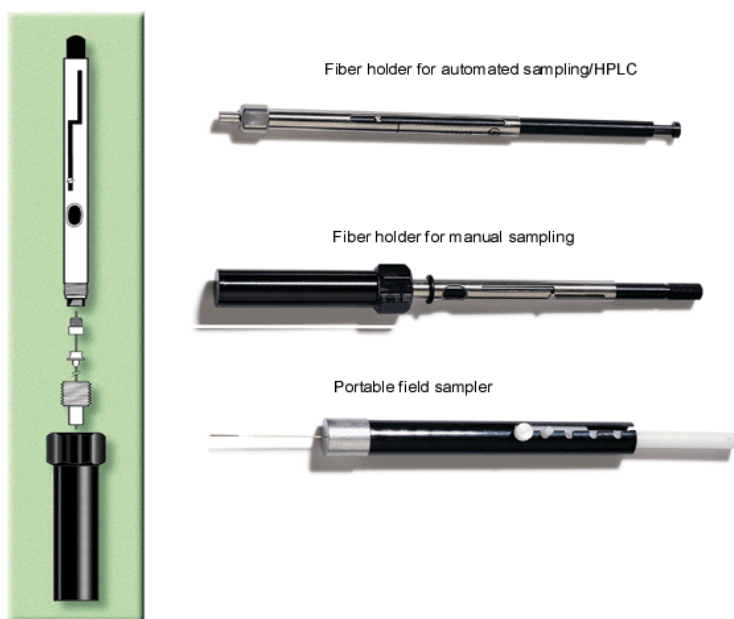
สมบัติของสารดูดซับชนิดถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon หรือ Activated Charcoal) เป็นของแข็งที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นหลัก มีความพรุน และพื้นที่ผิวสูงมาก สามารถผลิตได้จากชีวมวล เช่น กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ มักมีความเป็นขี้ดำ หรือไม่มีขี้ดำ การนำไปใช้ต้องขึ้นกับขนาดของอนุภาคด้วย ในทางปฏิบัติถูกแบ่งตามขนาดเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผง (Powder Activated Carbon, PAC) โดยถือว่ามีขนาดอนุภาคต่ำกว่า 0.8 มม. ถ้าโตกว่า 0.8 มม. จะถูกคัดให้เป็นชนิดเม็ด (Granular Activated Carbon, GAC) ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด

โดยทั่วไปพบว่าจะมีพื้นที่ผิวภายในมากโดยมีขนาดรูที่เล็ก ในขณะที่ชนิดผงจะมีความกว้างกว่าจึงทำให้มีพื้นที่ผิวภายในต่ำกว่า

2.4 การวิเคราะห์สารประกอบกลิ่นในน้ำนมด้วยเทคนิค Solid Phase Microextraction (SPME)

เทคนิค Solid Phase Microextraction เป็นเทคนิคการสกัดและเก็บสารระเหยในส่วน headspace ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ง่าย ประหยัดตัวทำละลาย และใช้เวลาในการสกัดและวิเคราะห์ไม่มาก เป็นเทคนิคที่ใช้ได้กับสารตัวอย่าง ที่มีคุณสมบัติเป็นสารที่ระเหยได้ (Volatile Compounds) ที่อยู่ในรูปของแก๊ส ของแข็งและของเหลว มีความไวในการหาสารประกอบกลิ่นรสในนมที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยไฟเบอร์ที่ใช้ในการสกัดเป็นชนิด Divinylbenzene/Polydimethylsiloxane Carboxan ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารประกอบ off-flavor ในนม ชนิดอัลดีไฮด์ คีโตน และไคเมทิล ซัลไฟด์ ได้เป็นอย่างดีโดยนิยมใช้ควบคู่กับเทคนิค GC-MS (Gas chromatography-Mass spectrometry)



รูปที่ 3 ประเภทและส่วนประกอบของ SPME

ความไวของ SPME ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ปริมาณตัวอย่าง อุณหภูมิและเวลาในการสกัด ชนิดและขนาดของไฟเบอร์ โดยไฟเบอร์ที่หนาสามารถสกัดสารประกอบได้ดีและดูดซับสารประกอบกลิ่นรสได้หลากหลาย ส่วนไฟเบอร์ที่บางจะใช้ในการดูดซับสารที่เฉพาะและต้องการเป็นพิเศษ การเลือกใช้ไฟเบอร์จะขึ้นอยู่กับความมีขี้ของสารตัวอย่าง ถ้าสารตัวอย่างมีขี้เหมือนกับไฟเบอร์

จะสามารถดูดซับได้ดีกว่า ส่วนสาร polymer ที่ coate บน fiber จะแตกต่างกันการเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับสารตัวอย่างที่เราต้องการวิเคราะห์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ชนิดของสาร polymer ที่เคลือบบน silica fiber

ชนิดของไฟเบอร์ที่ห่อหุ้ม	ความมีขี้	ความหนา (μm)	เทคนิคที่ใช้	สารประกอบที่ วิเคราะห์
Polydimethylsiloxane (PDMS)	ไม่มีขี้	100	GC/HPLC	สารระเหย
PDMS	ไม่มีขี้	7	GC/HPLC	
PDMS/Divinylbenzene(DVB)	มีขี้ปานกลาง	65	GC	สารระเหยมีขี้
PDMS/DVB	มีขี้ปานกลาง	60	HPLC	สารทั่วไป
PDMS/DVB ^a	มีขี้ปานกลาง	65	HPLC	สารระเหยมีขี้
Polyacrylate(PA)	มีขี้	85	GC/HPLC	สารระเหยที่มีขี้ ปานกลาง
Carboxen/ PDMS	มีขี้ปานกลาง	75	GC	แก๊สและสาร ระเหย
Carbowax- PDMS ^a	มีขี้ปานกลาง	85	GC	แก๊สและสาร ระเหย
Carbowax/DVB	มีขี้	65	GC	สารตัวอย่างที่มีขี้ (แอลกอฮอล์)
Carbowax/DVB ^a	มีขี้	70	GC	สารตัวอย่างที่มีขี้ (แอลกอฮอล์)
DVB-PDMS- Carboxen GC ^a	มีขี้ปานกลาง	50/30	GC	กลิ่นและกลิ่นรส

หมายเหตุ ^a คือความยาวของไฟเบอร์ 2 เซนติเมตร

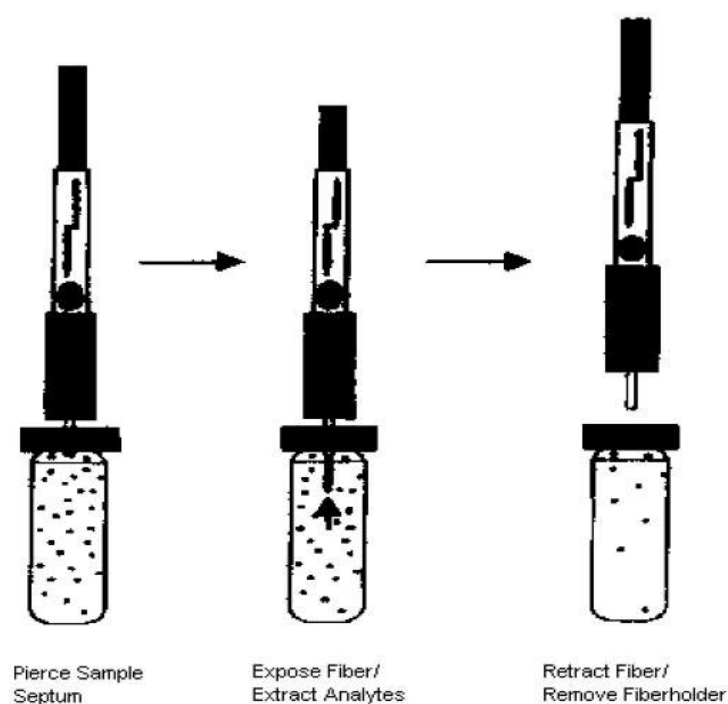
ที่มา : Vas and Vekey (2004)

ขั้นตอนการวิเคราะห์สารด้วย SPME

การใช้ SPME มี 3 ขั้นตอนคือ Absorption, Transfer และ Desorption

1. Absorption

เป็นขั้นตอนที่สารพอลิเมอร์ที่หุ้มบนไฟเบอร์จะทำหน้าที่ดูดซับสารตัวอย่างที่เป็นสารระเหยในขวดตัวอย่างที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม (รูปที่ 4) Pellicer *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารระเหยของ SPME พบว่าการให้ความร้อนกับตัวอย่างที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง สารระเหยจะถูกดูดซับได้มากที่สุด ในขณะที่ Vazques-Landaverde *et al.* (2005) ใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แต่เวลา 10 นาที ในการวิเคราะห์สารประกอบกลิ่นในนม UHT พาสเจอร์ไรส์และน้ำมันดิบ โดยใช้ไฟเบอร์ divinylbenzene/carboxen/Polydimethylsiloxane fiber ความหนา 50/30µm ยาว 2 เซนติเมตร



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดูดซับสารตัวอย่างที่เป็นสารระเหย

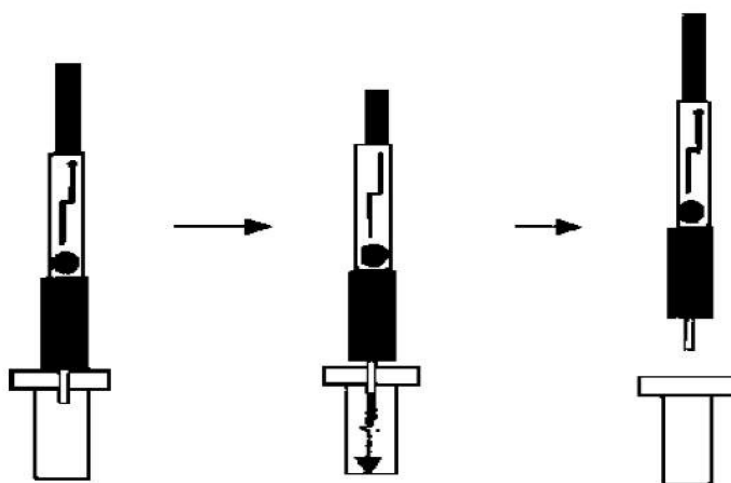
ที่มา: Stadelmann (2007)

2. Transfer

เป็นการย้าย SPME จากอุปกรณ์ดูด Absorption เข้าสู่ Injection port ของเครื่อง GC หลังจากที่สามารถตัวอย่างถูกดูดซับบนผิวของไฟเบอร์ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอน Desorption ส่วนของ Liner ที่ตำแหน่ง Injection ต้องเปลี่ยนให้เหมาะสมกับ SPME

3. Desorption

เป็นขั้นตอนการ Desorb สารตัวอย่าง เข้าเครื่อง GC/MS (รูปที่ 5) โดยการตั้งอุณหภูมิสูงให้สารตัวอย่างถูกปล่อยออกจากไฟเบอร์ และถูกแก๊สตัวพา (Carrier gas) พาเข้าไปยังคอลัมน์และดีเทคเตอร์เพื่อประมวลผลแสดงภาพเป็นโครมาโทแกรม



รูปที่ 5 ขั้นตอนการ Desorption

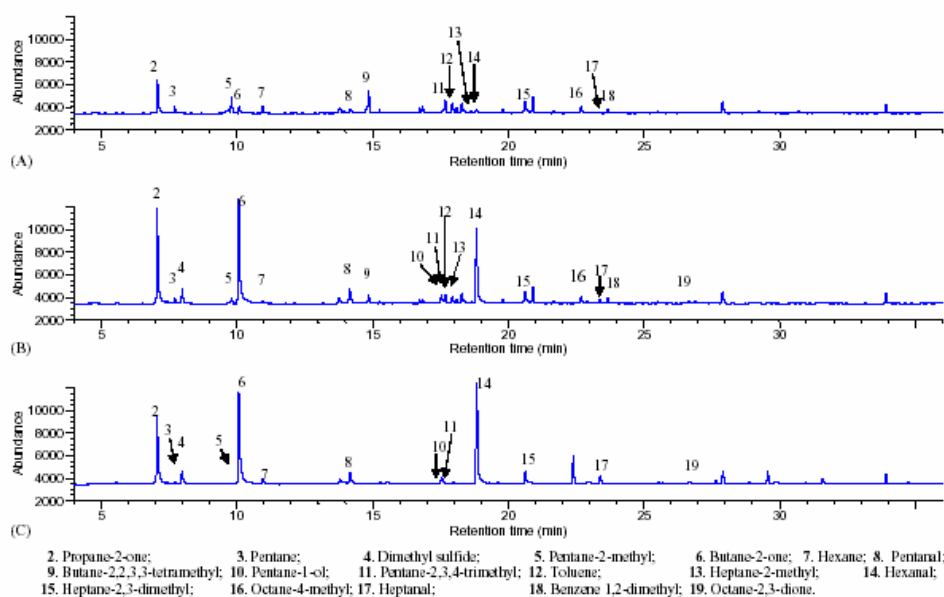
ที่มา: Stadelmann (2007)

การประยุกต์ใช้ SPME

SPME ถูกใช้วิเคราะห์สารระเหยในงานหลายประเภท เช่น

- อาหาร เช่น กลิ่นของกาแฟ เบียร์ และกลิ่นผิดปกติในน้ำมัน
- สารจากธรรมชาติ เช่น กลิ่นของยาสูบ Terpenoid ในสมุนไพร และกลิ่นหอมของดอกไม้สำหรับอุตสาหกรรมน้ำหอม
- เกษตรกรรม เช่น สารประกอบในยา และตัวทำลายในผลิตภัณฑ์ยา
- สารพิษ เช่น Anesthetics ในเลือด นิโคตินและโคเคนในปัสสาวะ
- สิ่งแปลกปลอม เช่น สารประกอบ BTEX, PCBs และสารที่ทำละลายอยู่ในน้ำ
- งานทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น สารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ที่เป็นอันตราย และสารที่เป็นอันตรายในน้ำทิ้ง

Mounchili *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาสารระเหยที่ทำให้เกิด off-flavor ในน้ำมันโคที่ได้รับอาหาร 3 แบบโดยใช้เทคนิค HP-SPME และ GC พบว่า (A) ตัวอย่างนมที่โคได้ทำการอดอาหาร มีสารระเหยหลายชนิดแต่ในปริมาณที่น้อย ส่วน (B) ตัวอย่างนมที่โคได้รับอาหารแล้ว 30 นาที และ (C) ตัวอย่างนมที่โคได้รับอาหารแล้ว 3 ชั่วโมง มีสารระเหยน้อยชนิดกว่า A แต่มีปริมาณของ Hexanal, Propane-2-one, Butene-2-one มากกว่า ดัง GC โครมาโทแกรม รูปที่ 6



รูปที่ 6 โครมาโทแกรมสารประกอบกลิ่นรสในน้ำมัน

ที่มา: Mounchili *et al.* (2005)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุ

1. น้ำมันพะจากผู้ประกอบการในจังหวัดปัตตานีรายที่ 1 (Small Enterprise-1; SE-1)
2. น้ำมันพะจากผู้ประกอบการในจังหวัดปัตตานีรายที่ 2 (Small Enterprise-2; SE-2)
3. น้ำมันพะจากผู้ประกอบการรายใหญ่ (Large Enterprise; LE)
4. ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.63 ± 0.43 มิลลิเมตร และ 3.98 ± 1.27 มิลลิเมตร
5. Ethyl octanoic acid
6. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน และกรดไขมันในน้ำมันพะ

อุปกรณ์

1. ท่อแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร
2. ท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร
3. Hot plate stirrer
4. Vacuum pump
5. Flow meter
6. Solid phase microextraction (SPME) ใช้ Fiber ชนิด 50/30 μm DVB/CAR/PDMF stableflex/ss (1 cm) ยี่ห้อ supelco รุ่น 57328-U
7. เครื่อง Gas chromatography ยี่ห้อ Agilent รุ่น N6890
8. GC fused silica capillary column ยี่ห้อ supelco ชนิด SP-2560 (100 x 0.25 mm x 0.2 μm film thickness)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการศึกษาวิธีการลดกลิ่นสาบในน้ำมันพะได้วางแผนเป็น 2 วิธีคือ การใช้ถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นสารดูดซับกลิ่นและการใช้เทคนิคการดูดอากาศออก

3.1 การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับกลิ่น

ศึกษาผลของขนาดอนุภาค และปริมาตรของถ่านกัมมันต์ต่อการดูดซับกลิ่นสาบในน้ำนมแพะ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการลดลงของสารประกอบดังกล่าว ที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับน้ำนมแพะเพิ่มขึ้น

การทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ 2 ขนาด คือ ถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 mesh (ไม่ผ่าน sieve ขนาด 8 mesh มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.98 ± 1.27 มิลลิเมตร) และ P8/R20 mesh (ผ่าน sieve ขนาด 8 mesh แต่ไม่ผ่าน sieve ขนาด 20 mesh มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.63 ± 0.43 มิลลิเมตร) บรรจุถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์แก้ว ผลจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปริมาตรสารดูดซับที่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาคือปริมาตร 1.0 และ 2.0 ลิตร ให้น้ำนมแพะอุณหภูมิ $50-60^{\circ}\text{C}$ ไหลผ่านคอลัมน์อย่างต่อเนื่อง แล้วนำน้ำนมแพะที่ผ่านคอลัมน์มาทดสอบทางด้านเคมี และประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมซึ่งผู้บริโภคยอมรับ และยังคงคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ไว้ได้

3.1.1 การบรรจุถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

ในการทดลองใช้คอลัมน์แก้วเพื่อให้สามารถสังเกตการทดลองได้ง่าย คอลัมน์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร บรรจุถ่านกัมมันต์ปริมาตรตามที่ระบุในแผนการทดลอง คือ 1 ลิตร หรือ 2 ลิตร (รูปที่ 7) ปลายคอลัมน์เรียวเป็นคอขวด และเชื่อมตรงกลางของปลายคอขวดด้วยแท่งแก้วขนาดเล็ก เพื่อให้รองรับน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ ในการทดลองจะใช้สำลีดึงด้านปลายของคอลัมน์เพื่อกรองถ่านกัมมันต์ขนาดเล็กที่อาจไหลปนมากับน้ำนม ซึ่งอาจพบในช่วงต้นของการทดลอง



รูปที่ 7 การบรรจุถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

3.1.2 การคัดเลือกผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แผนการทดลองยึดเกณฑ์ในการคัดเลือกจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นหลัก จึงให้ความสำคัญกับความถูกต้องของการประเมิน มีขั้นตอนการคัดเลือกผู้ประเมินโดยให้ทดสอบน้ำมันมะพร้าว 3 ตัวอย่าง คือ

1. ชุดควบคุม
2. นมมะพร้าวที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ปริมาตร 1 ลิตร 1 ครั้ง
3. นมมะพร้าวที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ ปริมาตร 1 ลิตร 2 ครั้ง

ผู้ประเมินเป็นนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการซึ่งมีความเข้าใจเรื่องการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 25 คน เข้าทำการทดสอบความสามารถในการแยกแยะระดับของกลิ่นสาบ และความเข้มข้นของน้ำมัน ผลการทดสอบแสดงในภาคผนวกที่ 1 ซึ่งในจำนวน 25 คน มีผู้ประเมินที่สามารถแยกแยะระดับกลิ่นสาบและความเข้มข้นของนมได้ถูกต้องเกิน 66.67% จำนวน 18 คน จึงใช้ผู้ประเมินกลุ่มนี้ในงานวิจัย

3.1.3 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันมะพร้าว

ก. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณไขมัน โดยวิธี Gerber method (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl (A.O.A.C., 2000)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)
- ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน โดยเฉพาะกรดไขมันชนิด Caproic, Caprylic และ Capric acid ด้วยเทคนิค Gas chromatography (ดัดแปลงจาก Lepage and Roy, 1986)
- ปริมาณแร่ธาตุ ศึกษาปริมาณ ฟอสฟอรัส และแคลเซียม (ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มอ.ปัตตานี) ใช้วิธีวิเคราะห์ A.O.A.C. (2000)

ข. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบการยอมรับต่อกลิ่นรสของน้ำมันมะพร้าว จัดรูปแบบการประเมินโดยวิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) (ตัวอย่างแบบประเมินแสดงในภาคผนวกที่ 2)

การวางแผนการทดลองสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในช่วงแรกของการวิจัย วางแผนการทดลองแบบ Factorial ขนาด 2x2 และมีชุดควบคุม แต่ในการศึกษาพบปัญหาในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เนื่องจากจำนวนตัวอย่างมากทำให้ผู้ประเมินสับสน จึงปรับแผนการทดลองแยกเป็น 2 ชุด

ชุดที่ 1 ขนาดของถ่านกัมมันต์ >P8 mesh ปริมาตรถ่านกัมมันต์ 1 และ 2 ลิตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ชุดที่ 2 ขนาดของถ่านกัมมันต์ P8/R20 mesh ปริมาตรถ่านกัมมันต์ 1 และ 2 ลิตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

3.2 การลดกลิ่นสาบโดยวิธีดูดอากาศ

3.2.1 ชุดอุปกรณ์ลดกลิ่นโดยวิธีดูดอากาศ

ให้น้ำนมไหลเข้าหัวพ่นฝอย (รูปที่ 8 A) ที่มีรูเปิดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และถูกพ่นออกมาเป็นหยดขนาดเล็ก ในท่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร และความยาว 45 เซนติเมตร เจาะรูด้านข้างเพื่อให้อากาศเข้ากว้าง 2 เซนติเมตร เจาะรูด้านบน 2 รู ขนาด 8 และ 19 มิลลิเมตร เพื่อให้เป็นท่อของน้ำนมเข้า และท่อของการดูดอากาศออก ในการออกแบบเครื่องมือจะตั้งเป้าหมายให้อัตราการไหลของน้ำนมใกล้เคียงกับการไหลของน้ำนมในเครื่องพาสเจอร์ไรส์ระบบท่อ ซึ่งสามารถควบคุมการไหลได้ 30-50 ลิตร/ชั่วโมง โดยการใช้อัลมันท์แก้วที่มีวาล์วควบคุมการไหล (รูปที่ 8 B) จากการทดลองน้ำนมจะไหลเข้า-ออกอย่างต่อเนื่อง ควบคุมอัตราเร็วได้ 25-40 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งอัตราเร็วของการพาสเจอร์ไรส์ระบบท่อที่ผู้ประกอบการใช้งานอยู่ปัจจุบันมีอัตราเร็วที่ประมาณ 30 ลิตร/ชั่วโมง เมื่อได้ Model ที่ให้ผลดี จึงทำเป็นกระบอกสแตนเลสดังแสดงในรูปที่ 8 (C)



(A)



(B)



(C)

รูปที่ 8 (A) หัวพ่นฝอยน้ำนม

(B) คอลัมน์ควบคุมอัตราการไหลของนม

(C) ลักษณะของท่อทรงกระบอกภายในติดตั้งหัวพ่นฝอยน้ำนม

อากาศที่ถูกดูดออกจากท่อทรงกระบอกจะผ่านปั๊มสุญญากาศและเป่าออกที่ปลายท่อด้านหนึ่งบนปั๊มสุญญากาศ จึงได้ติดตั้งเครื่องมือวัดการไหลของอากาศ (Flow meter) เพื่อวัดปริมาณอากาศที่ผ่านปั๊มสุญญากาศออกมา (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากปั๊มสุญญากาศ

3.2.2 วิธีการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมแพะ

การทดลองใช้น้ำนมแพะจาก 3 แหล่ง คือ

- น้ำนมแพะจากผู้ประกอบการจังหวัดปัตตานีรายที่ 1 (SE-1)
- น้ำนมแพะจากผู้ประกอบการรายใหญ่ (LE)
- น้ำนมแพะจากผู้ประกอบการจังหวัดปัตตานีรายที่ 2 (S/SE-2) ซึ่งมีการ Spike

สารประกอบ Ethyl octanoic acid ความเข้มข้น 0.05%

น้ำนมแพะทุกชุดจะศึกษาผลของการผ่านการใช้ความร้อน 3 ระดับ คือ อุณหภูมิ 65, 70 และ 75°C แต่ละชุดทำการทดลอง 3 ซ้ำ น้ำนมที่ไหลผ่านชุดอุปกรณ์ลดกลิ่นถูกนำมาทดสอบทางด้านเคมีและประสาทสัมผัส

1. ปริมาณสารประกอบ Ethyl octanoic acid ซึ่งเป็นสารที่ให้กลิ่นสบ (Chillard *et. al.*, 2003) โดยใช้เทคนิค Solid phase microextraction (SPME) ใช้ Fiber ชนิด 50/30 μm DVB/CAR/PDMF stableflex/ss (1 cm) รุ่น 57328-U ยี่ห้อ supelco ลักษณะการ Adsorption กลิ่นเข้าสู่ไฟเบอร์และ Desorption สารประกอบกลิ่นบนไฟเบอร์เข้าสู่เครื่อง Gas Chromatography (GC) แสดงในรูปที่ 10 A และ B

สภาวะของ Gas Chromatography : Injection temperature 240°C, Detector temperature 240°C, Column SP-2560 fused silica capillary column 100 x 0.25 mm x 0.2 μm film thickness, Temperature Program 35°C นาน 8 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 4°C/min จนถึง 150°C และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 20°C/min จนถึง 230°C และคงที่อุณหภูมินี้ นาน 20 นาที



(A)



(B)

รูปที่ 10 (A) การดูดซับกลั่นบนไฟเบอร์ของ SPME ควบคุมอุณหภูมิที่ 55°C

(B) การ Desorption สารประกอบกลั่นออกจากไฟเบอร์เข้าสู่คอลัมน์ของ GC

2. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบการยอมรับต่อกลิ่นรสของน้ำนมแพะ โดยผู้ประเมิน 18 คน จัดรูปแบบการประเมินโดยวิธีให้คะแนน และการประเมินความชอบ (ตัวอย่างแบบประเมินแสดงในภาคผนวกที่ 3) วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้ ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยได้ศึกษาเทคนิคในการลดกลิ่นสาบในน้ำมัน 2 เทคนิค คือ การใช้สารดูดซับ และการใช้ความร้อนกระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยแล้วดึงอากาศออก

4.1 การลดกลิ่นสาบด้วยสารดูดซับ

ได้แยกผลการทดสอบเป็นครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เพื่อแสดงแนวโน้มของข้อมูล

4.1.1 ผลการทดสอบครั้งที่ 1

การทดสอบลดกลิ่นสาบในน้ำมันแพะโดยใช้ถ่านกัมมันต์ 2 ขนาด คือ >P8 และ P8/R20 ปริมาตร 1 และ 2 ลิตร เดิมวางแผนการทดลองเป็น Factorial 2x2 และชุดควบคุม รวมเป็น 5 ชุดการทดลอง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่สามารถระบุแนวโน้มได้ชัดเจน เพราะถึงแม้จะมี 5 ชุดการทดลองที่โดยทั่วไปตามหลักการจะจัดได้ถึง 6 ชุดการทดลอง แต่ผู้ประเมินสับสนเนื่องจากการประเมินกลิ่นรสที่ละเอียดอ่อน จึงได้ทำการทดลองใหม่ โดยจัดเปรียบเทียบแยกชุดเป็น 2 ชุด คือ เปรียบเทียบการใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ในตารางที่ 9 และขนาด >P8 ในตารางที่ 10 ใช้แบบประเมิน QDA สเกล 15 เซนติเมตร รายละเอียดของแบบประเมินแสดงในภาคผนวกที่ 2

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสบนแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20

ชุดการทดลอง	สี	กลิ่นสาบ	ความเข้มข้น	กลิ่นคาวนม	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	4.03 + 1.56 ^c	7.82 + 2.14 ^a	9.52 + 2.55 ^a	8.75 + 2.33 ^a	6.91 + 2.56 ^b
P8/R20 ปริมาตร 1 L	8.85 + 2.15 ^b	5.55 + 2.08 ^{ab}	7.18 + 2.60 ^b	5.54 + 2.05 ^b	9.59 + 2.45 ^a
P8/R20 ปริมาตร 2 L	11.45 + 1.87 ^a	3.75 + 1.43 ^b	5.35 + 2.88 ^b	3.80 + 1.91 ^b	9.10 + 2.23 ^{ab}

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสบนแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด >P8

ชุดการทดลอง	สี	กลิ่นสาบ	ความเข้มข้น	กลิ่นคาวนม	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	4.97 ± 2.09 ^b	7.01 ± 2.43 ^a	8.95 ± 2.76 ^a	7.24 ± 2.82 ^a	7.95 ± 2.41 ^a
>P8 ปริมาตร 1 L	8.30 ± 1.93 ^a	6.20 ± 2.33 ^a	8.33 ± 2.27 ^a	8.66 ± 1.60 ^a	7.53 ± 2.04 ^a
>P8 ปริมาตร 2 L	10.12 ± 2.69 ^a	6.48 ± 2.06 ^a	7.22 ± 2.50 ^a	7.60 ± 2.36 ^a	6.55 ± 2.14 ^a

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ทั้งปริมาตร 1 และ 2 ลิตร มีการยอมรับที่ดีกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยการใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาตร 1 ลิตร มีการยอมรับที่ดีกว่าชุดควบคุมอย่างแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ปัจจัยที่ทำให้มีการยอมรับมากขึ้นคือน้ำมันมีสีขาวมากขึ้นและกลิ่นสาบลดลง ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ได้ดูดซับสารอาหารในน้ำมันบางส่วนทำให้ผู้ประเมินรู้สึกถึงการลดลงของความเข้มข้นของน้ำมัน โดยจากตารางที่ 11 จะแสดงอย่างชัดเจนว่านมแพะที่ผ่านการกรองมีปริมาณไขมัน โปรตีน และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ลดลงโดยน้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ปริมาตร 1 L ซึ่งมีการยอมรับรวมสูงที่สุดนั้นมีการลดลงของไขมันจาก 3.83 เป็น 3.37% และโปรตีนลดลงจาก 2.93 เป็น 2.58% และมีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสลดลงเช่นกันดังแสดงในตารางที่ 12

น้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 มีความสามารถในการดูดซับได้น้อยกว่าขนาด P8/R20 เนื่องจากมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่ามีพื้นที่ผิวน้อยกว่า ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างชุดควบคุมกับชุดที่มีการกรองจึงมีการยอมรับที่ไม่แตกต่างกันมากนักโดยเฉพาะชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด 1 ลิตร ซึ่งสอดคล้องกับผลองค์ประกอบทางเคมีที่มีการลดลงของปริมาณไขมันและโปรตีนที่น้อยกว่า

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของนมแพะชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง

ชุดการทดลอง	ปริมาณไขมัน (%)	ปริมาณโปรตีน (%)	Total solid
ชุดควบคุม	3.83 $\pm$ 0.15 ^a	2.93 $\pm$ 0.03 ^a	12.26 $\pm$ 0.21 ^a
P8/R20 ปริมาตร 1 L	3.37 $\pm$ 0.06 ^b	2.58 $\pm$ 0.02 ^c	9.83 $\pm$ 0.42 ^c
P8/R20 ปริมาตร 2 L	2.83 $\pm$ 0.15 ^c	2.54 $\pm$ 0.01 ^c	9.68 $\pm$ 0.71 ^d
>P8 ปริมาตร 1 L	3.63 $\pm$ 0.12 ^a	2.80 $\pm$ 0.02 ^b	11.59 $\pm$ 0.01 ^b
>P8 ปริมาตร 2 L	3.33 $\pm$ 0.06 ^b	2.79 $\pm$ 0.11 ^b	9.84 $\pm$ 0.13 ^c

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส (mg/100g)* ของน้ำมันพะสดควบคุม และชุดที่ผ่านการกรอง

ชุดการทดลอง	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
ชุดควบคุม	219.80	139.00
P8/R20 ปริมาตร 1 L	178.40	116.20
P8/R20 ปริมาตร 2 L	173.40	115.30
>P8 ปริมาตร 1 L	180.30	124.90
>P8 ปริมาตร 2 L	174.30	119.40

* วิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดในน้ำมันพะสด น้ำมันพะสดที่ผ่านการกรองด้วย ถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์จะดูดซับกรดไขมันบางส่วนทำให้มีปริมาณของกรดไขมันน้อยกว่าชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 จะมีการลดลงของปริมาณกรดไขมันมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 และปริมาตรของถ่านกัมมันต์ที่มากขึ้นทำให้ปริมาณกรดไขมันลดลงมากขึ้นแต่ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างทางสถิติ น้ำมันพะสดควบคุมมีกรดไขมันชนิด C6:0, C8:0 และ C10:0 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ข้อยและดูดซึมง่าย ปริมาณ 9.16, 32.42 และ 17.78 mg/g oil ก็มีปริมาณลดลง ($p<0.05$) เมื่อผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์โดยเฉพาะถ่านกัมมันต์ที่อนุภาคขนาดเล็ก

ตารางที่ 13 ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน (mg/g oil) ของน้ำมันพะสดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง

ชนิด กรดไขมัน	ชุดควบคุม	P8/R20 ปริมาตร 1 L	P8/R20 ปริมาตร 2 L	>P8 ปริมาตร 1 L	>P8 ปริมาตร 2 L
C6:0	8.85±4.06 ^{ab}	8.12±0.84 ^{ab}	3.07±3.58 ^a	8.61±2.31 ^b	8.38±1.19 ^b
C8:0	9.16±2.82 ^a	9.61±1.12 ^a	6.16±2.09 ^a	10.07±2.82 ^a	9.71±1.53 ^a
C10:0	32.42±4.89 ^a	30.04±3.67 ^a	24.61±2.86 ^a	32.02±4.98 ^a	30.87±4.70 ^a
C12:0	17.78±2.17 ^a	16.73±2.14 ^a	13.71±1.24 ^a	17.41±4.91 ^a	16.71±2.59 ^a
C14:0	42.40±6.86 ^a	39.12±4.62 ^a	31.89±3.89 ^a	42.17±11.98 ^a	40.62±6.14 ^a
C15:0	4.05±0.66 ^a	3.85±0.33 ^a	3.34±0.88 ^a	4.10±1.10 ^a	3.91±0.54 ^a
C16:0	144.16±12.81 ^a	125.25±14.18 ^a	119.76±26.69 ^a	134.58±17.91 ^a	129.49±19.66 ^a
C16:1	4.78±0.95 ^a	4.38±0.50 ^a	1.38±2.39 ^b	4.85±1.37 ^a	4.68±0.71 ^a
C18:0	79.50±12.99 ^a	66.57±7.71 ^a	81.67±17.04 ^a	80.88±4.58 ^a	67.95±10.43 ^a

ตารางที่ 13 (ต่อ)

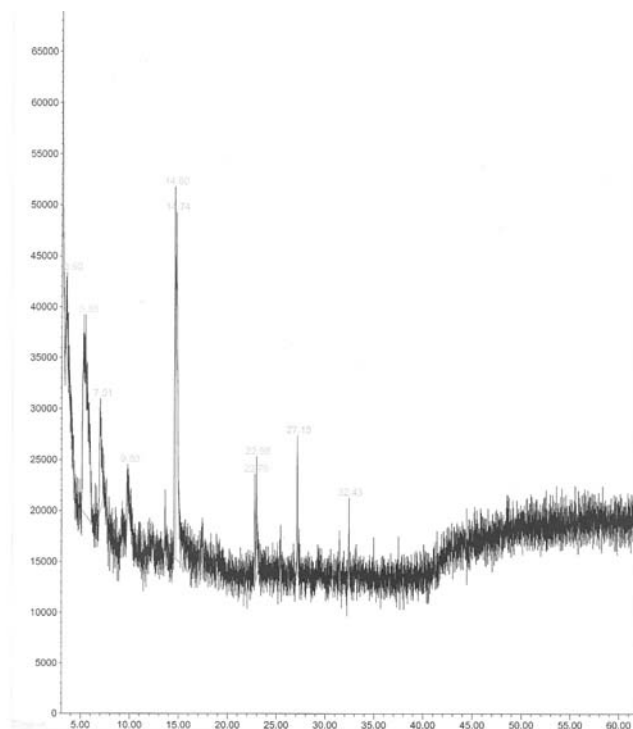
ชนิด กรดไขมัน	ชุดควบคุม	P8/R20 ปริมาตร 1 L	P8/R20 ปริมาตร 2 L	>P8 ปริมาตร 1 L	>P8 ปริมาตร 2 L
C18:1n9t	7.55±1.46 ^a	6.85±0.77 ^a	5.40±0.98 ^a	7.65±2.21 ^a	7.35±1.12 ^a
C18:1n9c	118.28±12.95 ^a	109.85±13.08 ^a	84.15±13.45 ^a	119.10±14.90 ^a	115.43±16.56 ^a
C18:2n6t	1.67±1.45 ^a	1.54±1.34 ^a	0±0 ^a	1.79±1.56 ^a	1.78±0.53 ^a
C18:2n6c	10.77±1.66 ^a	10.05±0.84 ^a	8.03±0.93 ^a	10.69±2.97 ^a	10.45±1.55 ^a
กรดไขมัน ทั้งหมด	479.37±41.23	431.96±65.19	383.17±37.83	473.92±45.56	447.33±50.93

อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.2 การวิเคราะห์สารประกอบที่ให้กลิ่นสาบในน้ำมันแพะ

การทดลองวิเคราะห์สารประกอบที่ให้กลิ่นรสในน้ำมันแพะเป็นส่วนที่เพิ่มจากโครงงานวิจัย ทำการวิเคราะห์สารประกอบกลุ่มนี้ด้วยเทคนิค SPME/GC-MS โดยใช้ fiber ชนิด Carboxen/PDMS ใช้เวลาในการสกัด 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45 °C ซึ่งเป็นวิธีที่ Pellicer (2007) ใช้ศึกษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสในน้ำมันโคที่เลี้ยงในรูปแบบต่างๆ และพบสารประกอบที่ให้กลิ่นรสในน้ำมันโค 17 ชนิด คือ 3-Methyl-butanal, Decanal, 3-Methyl-1-heptene, 1-Octene, Toluene, Propyl octanoate, Butyl caprate, Acetic acid, Hexanoic acid, Alpha thujene, 2-Undecanone, 1-Pentanol, Heptadecane, Dodecanoic acid, 1-Purin-6-amine, Octadecane และ 2-Nonanone

เมื่อใช้วิธีเดียวกันศึกษาสารประกอบกลิ่นรสในน้ำมันแพะ โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ พบสารประกอบ 10 Peaks บนโครมาโทแกรม โดยสามารถระบุ Volatile compound ได้อย่างชัดเจน 4 ชนิด คือ Butanone, Diacetyl, Hexanone, Heptanone และ Heptenal การจำแนกชนิดของสารประกอบเทียบกับ Library ของเครื่องยังไม่พบสารประกอบชนิด Methyl octanoic acid หรือ Ethyl octanoic acid ซึ่งเป็นสารที่ถูกระบุว่าให้กลิ่นสาบในน้ำมันแพะ (Chillard *et al.*, 2003) งานต่อไปจึงจำเป็นต้องจัดหาสารมาตรฐานกลุ่มนี้มาตรวจสอบ



รูปที่ 11 โครมาโทแกรมของสารประกอบจากน้ำมันแพะที่ถูกดูดซับด้วย Fiber ชนิด Carboxen/PDMS

4.1.3 ผลการทดสอบครั้งที่ 2

เป็นการทดลองซ้ำ แต่ได้แยกข้อมูลออกมาเพื่อแสดงแนวโน้มของข้อมูล ซึ่งเป็นการยืนยันว่า น้ำมันแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ปริมาตร 1 L ได้รับการยอมรับมากที่สุดและดีกว่าชุดควบคุม ($p > 0.05$) อย่างชัดเจน ในขณะที่นมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 มีผลการยอมรับรวมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ตารางที่ 14 และ 15)

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสนมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20

ชุดการทดลอง	สี	กลิ่นสาบ	ความเข้มข้น	กลิ่นคาวนม	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	$5.98 + 2.38^a$	$6.70 + 3.29^a$	$8.15 + 2.88^a$	$7.84 + 2.82^a$	$6.60 + 2.05^a$
P8/R20 ปริมาตร 1 L	$9.22 + 2.45^b$	$5.84 + 2.87^{ab}$	$7.99 + 2.74^a$	$5.76 + 2.05^b$	$8.75 + 2.33^b$
P8/R20 ปริมาตร 2 L	$11.24 + 2.03^c$	$4.09 + 2.20^b$	$5.51 + 2.03^b$	$4.02 + 2.30^b$	$6.97 + 2.97^{ab}$

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสบนนมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาด >P8

ชุดการทดลอง	สี	กลิ่นสาบ	ความเข้มข้น	กลิ่นคาวนม	การยอมรับรวม
ชุดควบคุม	8.20 ± 2.84^a	5.56 ± 2.29^a	7.47 ± 2.26^a	7.43 ± 2.34^a	7.61 ± 2.72^a
>P8 ปริมาตร 1 L	8.51 ± 3.06^{ab}	6.09 ± 2.57^a	6.48 ± 2.34^a	5.90 ± 1.96^a	7.47 ± 2.31^a
>P8 ปริมาตร 2 L	10.31 ± 2.54^b	6.08 ± 2.21^a	7.19 ± 2.25^a	7.19 ± 2.42^a	7.91 ± 2.72^a

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของนมแพะที่ผ่านการดูดซับกลิ่นด้วยถ่านกัมมันต์ 2 ขนาด (ตารางที่ 16) พบว่า ถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 มีการลดลงของไขมัน โปรตีนและปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่า การใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งที่ 1

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของนมแพะชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง

ชุดการทดลอง	ปริมาณไขมัน (%)	ปริมาณโปรตีน (%)	Total solid
ชุดควบคุม	3.83 ± 0.06^a	2.91 ± 0.06^a	11.61 ± 0.10^a
P8/R20 ปริมาตร 1 L	3.37 ± 0.15^c	2.57 ± 0.02^c	10.80 ± 0.05^d
P8/R20 ปริมาตร 2 L	3.00 ± 0.10^d	2.52 ± 0.02^c	9.07 ± 0.04^c
>P8 ปริมาตร 1 L	3.70 ± 0.10^{ab}	2.76 ± 0.02^b	11.32 ± 0.04^b
>P8 ปริมาตร 2 L	3.57 ± 0.12^b	2.71 ± 0.01^b	11.03 ± 0.05^c

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ปริมาณของกรดไขมันในนมแพะลดลงเมื่อผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์เช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก พื้นที่ผิวมาก จะดูดซับกรดไขมันไว้มากทำให้มีปริมาณน้อยกว่าชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาดใหญ่กว่า (ตารางที่ 17) ในครั้งนี้กรดไขมันชนิด caproic, caprylic และ capric acid ในนมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก P8/R20 ปริมาตร 2 ลิตร มีปริมาณน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่การใช้ถ่านกัมมันต์ขนาดเล็กนี้ในปริมาตร 1 ลิตร มีกรดไขมันกลุ่มนี้ใกล้เคียงกับชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 17 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันของนมแพะชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการกรอง

ชุดการทดสอบ	ชุดควบคุม	P8/R20	P8/R20	>P8	>P8
		ปริมาตร 1 L	ปริมาตร 2 L	ปริมาตร 1 L	ปริมาตร 2 L
C6:0	13.07±0.89 ^b	12.12±0.33 ^{ab}	11.86±0.66 ^a	12.30±0.05 ^{ab}	11.78±0.27 ^a
C8:0	15.97±1.35 ^b	14.51±0.40 ^{ab}	14.12±0.85 ^a	14.73±0.10 ^{ab}	14.96±0.65 ^{ab}
C10:0	54.70±4.61 ^b	49.32±1.50 ^{ab}	48.00±2.69 ^a	50.37±0.54 ^{ab}	50.40±3.07 ^{ab}
C12:0	28.04±2.35 ^b	25.60±0.85 ^{ab}	24.54±1.11 ^a	26.16±0.31 ^{ab}	26.03±1.59 ^{ab}
C14:0	68.43±5.66 ^b	62.55±2.04 ^{ab}	59.90±2.92 ^a	63.65±0.65 ^{ab}	63.16±3.98 ^{ab}
C15:0	6.18±0.50 ^a	6.05±0.59 ^a	5.57±0.28 ^a	5.84±0.11 ^a	6.04±0.88 ^a
C16:0	221.68±18.05 ^b	204.96±7.11 ^{ab}	194.78±8.79 ^a	207.25±2.20 ^{ab}	205.78±13.15 ^{ab}
C16:1	5.56±0.50 ^a	5.06±0.18 ^a	4.96±0.20 ^a	5.15±0.09 ^a	3.30±2.86 ^a
C18:0	102.89±8.06 ^b	96.05±3.27 ^{ab}	88.90±3.29 ^a	96.52±1.27 ^{ab}	95.48±6.77 ^{ab}
C18:1n9t	15.84±4.81 ^a	10.07±0.48 ^a	11.46±4.31 ^a	10.18±0.08 ^a	11.23±2.11 ^a
C18:1n9c	146.38±15.48 ^b	127.92±3.90 ^a	123.44±7.86 ^a	130.56±0.84 ^a	128.54±3.18 ^a
C18:2n6t	1.34±1.27 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.65±1.12 ^a
C18:2n6c	13.30±1.19 ^a	12.21±0.09 ^a	10.18±3.57 ^a	12.46±0.39 ^a	12.78±2.10 ^a
กรดไขมัน					
ทั้งหมด	693.38±66.01	626.42±20.48	597.71±34.00	635.17±17.37	630.13±25.90

อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.1.4 สรุปผลการทดลองการใช้สารดูดซับ

การลดกลิ่นสาบนมแพะโดยใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 และ P8/R20 ปริมาตร 1 และ 2 ลิตร พบว่านมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาดใหญ่ >P8 mesh จะมีปริมาณสารอาหารต่างๆ เหลือมากกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก P8/R20 แต่ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ประเมินยอมรับชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ปริมาตร 1 ลิตร มากที่สุด เนื่องจากกลิ่นสาบลดลงชัดเจนในขณะที่ยังมีความเข้มข้นของน้ำนมใกล้เคียงกับชุดควบคุม ข้อเสียของวิธีนี้คือปริมาณผลผลิตต่ำเนื่องจากต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำนมแพะไว้ที่ 5 ลิตร/ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพดังกล่าวและพบอนุภาคของถ่านกัมมันต์ปนอยู่ในน้ำนมแพะ วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้

4.2 การลดกลิ่นสาบโดยวิธีดูดอากาศ

จากแนวคิดของอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ที่มีการกำจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการออกโดยการดูดอากาศ จึงได้ทำการทดสอบเบื้องต้นในการลดกลิ่นสาบในน้ำมันโดยทดลองเป็นระบบ Batch ใช้ Aspirator ต่อกับชุด Suction flask วางบน Hot plate stirrer ใช้น้ำมันแพะอุณหภูมิ 70 °C เปรียบเทียบการใช้เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วินาที มีการกวนผสมตลอดเวลาด้วย Magnetic stirrer (ไม่มีการเปิด Heater) พบว่า การให้ Aspirator ดูดอากาศออกเป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาที มีผลให้กลิ่นสาบในน้ำมันแพะลดลง จึงจัดหาปั๊มสุญญากาศที่มีความสามารถในการดูดอากาศออก (pumping speed) 150 ลิตร/ชั่วโมง และทดลองกับ Suction flask 2 ขนาด คือ 1 และ 2 ลิตร พบว่า การใช้ Suction flask ขนาด 2 ลิตร และการให้ความร้อน (Pre-heat) น้ำมันแพะอุณหภูมิ 70 °C เปรียบเทียบการใช้เวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 วินาที มีการกวนด้วย Magnetic stirrer ตลอดเวลา และใช้เวลาในการดูดอากาศ 15 วินาที มีผลให้กลิ่นสาบในน้ำมันแพะลดลง จึงศึกษาผลของการดึงอากาศออกด้วยปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) ในระบบต่อเนื่อง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการลดลงของสารประกอบดังกล่าว โดยใช้ Ethyl octanoic acid เป็นตัวชี้วัดการลดลงของกลิ่นสาบ คัดแปลงเครื่องมือให้มีปริมาตรของอากาศประมาณ 2 และ 4.5 ลิตร โดยเริ่มทำ Model ด้วยท่อพลาสติก และออกแบบให้มีการไหลเข้า-ออกของน้ำมันอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดอุปกรณ์หลายลักษณะ ชุดอุปกรณ์ที่ได้ผลคือ ให้อัตราการไหลของน้ำมันในการทดลองเฉลี่ย 30 ลิตร/ชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านออกมาจากปั๊มสุญญากาศเฉลี่ย 330 ลิตร/ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงรายงานตามหัวข้อย่อต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์การลดลงสารประกอบ Ethyl octanoic acid

ก. Chromatogram ของสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid

ข. ผลการทำกราฟมาตรฐานสาร Ethyl octanoic acid

ค. การลดลงของสาร Ethyl octanoic acid ในตัวอย่างน้ำมันแพะจาก

ผู้ประกอบการในพื้นที่รายที่ 1 (SE-1) น้ำมันแพะจากผู้ประกอบการรายใหญ่ (LE) และน้ำมันแพะจาก

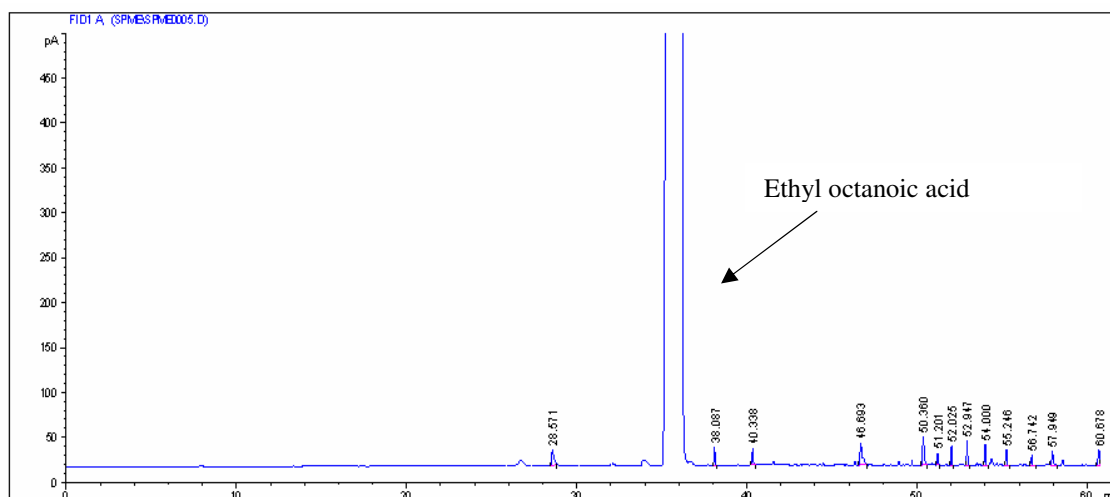
ผู้ประกอบการในพื้นที่รายที่ 1 (SE-2) ที่ spike สาร Ethyl octanoic acid ปริมาณ 0.05%

4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

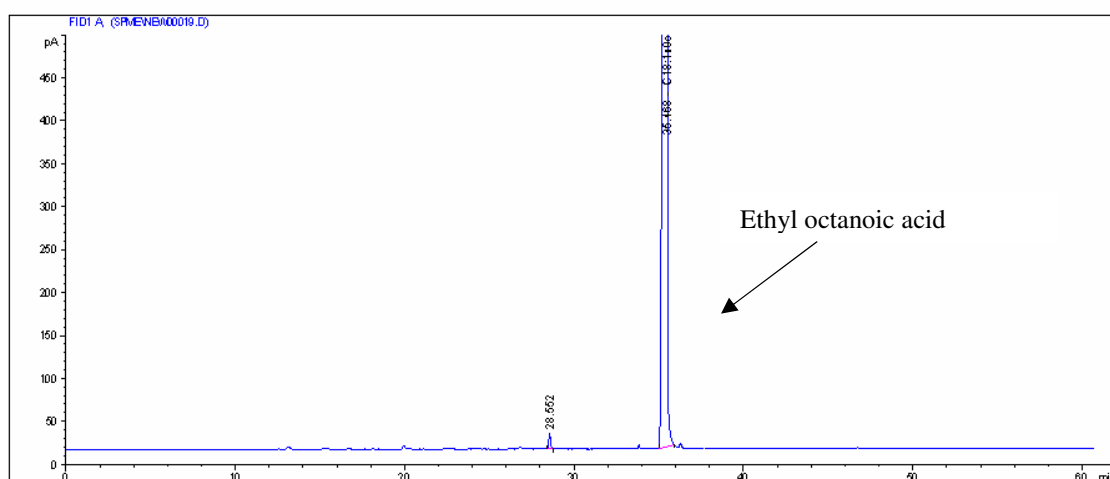
4.2.1 การวิเคราะห์การลดลงสารประกอบ Ethyl octanoic acid

ก. Chromatogram ของสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid

ตัวอย่างน้ำมันแพะ SE-2 ที่มีการเติมสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ที่ความเข้มข้น 0.05% พบ Peak ที่นาทีที่ 35.1 (รูปที่ 12) และเมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวไปผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น พบว่า Area peak ลดลงอย่างชัดเจน (รูปที่ 13) เหตุผลที่สารประกอบดังกล่าวมี Retention time ถึง 35 นาที เนื่องจากการตั้ง temperature program ให้มีอุณหภูมิไม่สูงนัก และเพราะ GC column ที่ใช้มีความยาวของคอลัมน์ 100 เมตร จึงทำให้ใช้เวลาภายในคอลัมน์นาน



รูปที่ 12 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำมันแพะ SE-2 ที่เติมสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ความเข้มข้น 0.05%

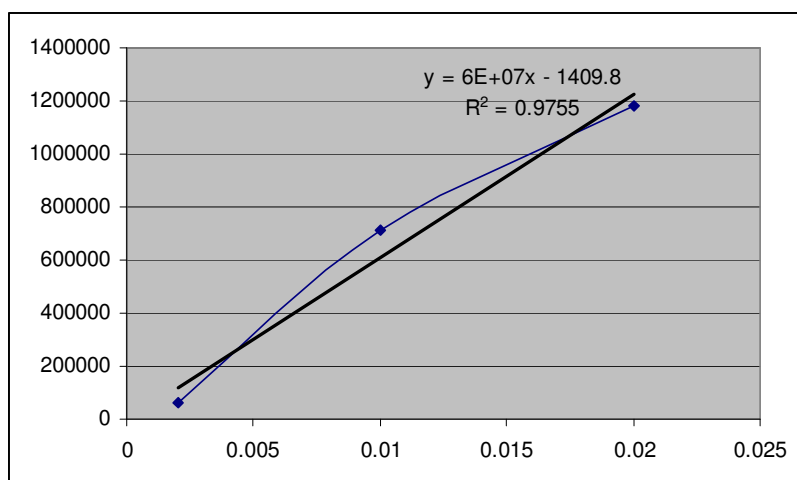


รูปที่ 13 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำมันแพะ SE-2 ที่เติมสารมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ความเข้มข้น 0.05% ที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบ

ข. ผลการทำกราฟมาตรฐานสาร Ethyl octanoic acid

เทคนิค SPME ถูกใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพมากกว่าเชิงปริมาณ เนื่องจากมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการ Adsorb สารประกอบกลิ่นในไฟเบอร์ งานวิจัยที่แสดงผลเชิงปริมาณจะเป็นการรายงานความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบกลิ่นที่พบ (% relative) สำหรับงานวิจัยนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าสามารถใช้ SPME ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อประเมินการลดลงของปริมาณสารประกอบ Ethyl octanoic acid จึงได้ทำกราฟมาตรฐาน โดยเตรียมสารละลายสารมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 0.002, 0.01 และ 0.02% ได้ความสัมพันธ์ของ Area peak กับความเข้มข้นของสารละลายดังรูปที่

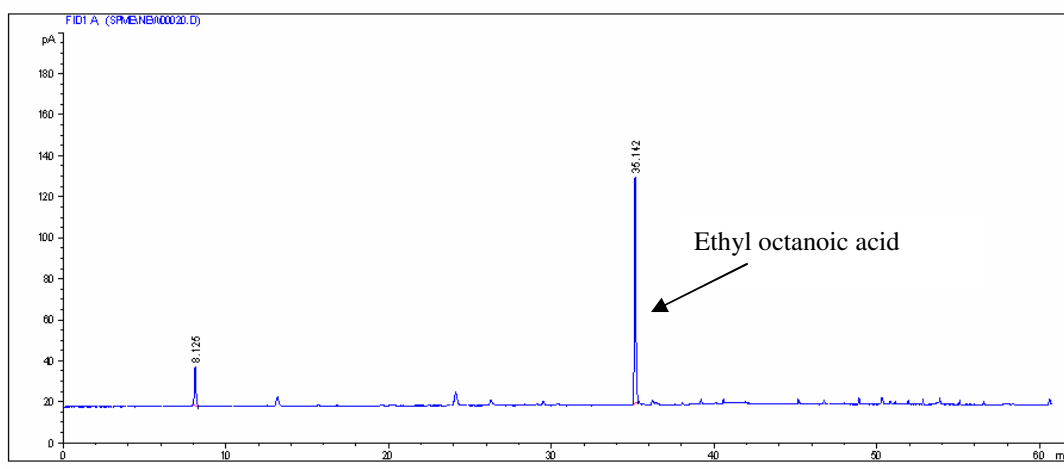
14 เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น มีค่า R^2 0.97 จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้เทคนิคนี้ในการสังเกตการลดลงของสารประกอบ Ethyl octanoic acid ได้



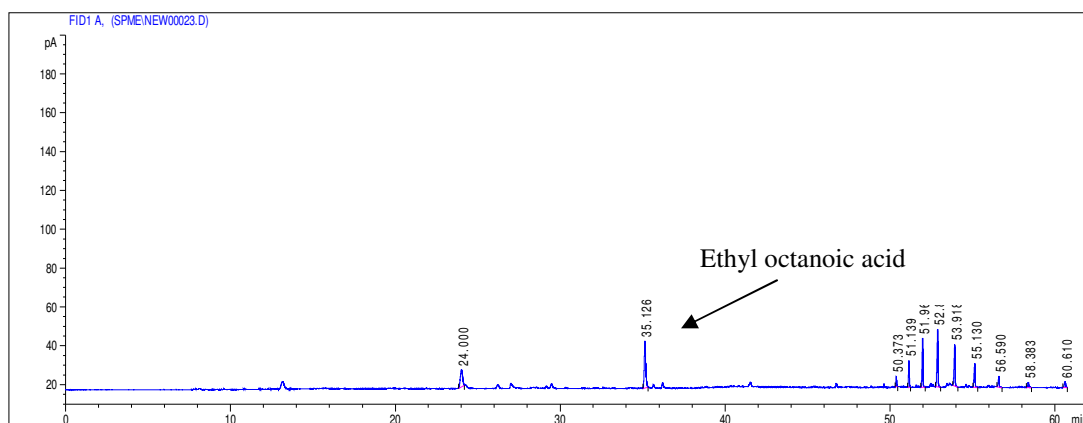
รูปที่ 14 กราฟมาตรฐานของสารละลาย Ethyl octanoic acid ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME

ค. การลดลงของสาร Ethyl octanoic acid ในตัวอย่างน้ำมันแพะ

การวิเคราะห์สารประกอบกลิ่นในตัวอย่างน้ำมันแพะ SE-1 พบว่ามี peak ที่นาที่ที่ 35.1 แสดงว่ามีสารประกอบ Ethyl octanoic acid อยู่ และในปริมาณค่อนข้างสูง (รูปที่ 15) และเมื่อนำตัวอย่างน้ำมันผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น Area peak ของสารมีขนาดลดลง (รูปที่ 16) สำหรับ peak ที่นาที่ที่ 50-60 อาจเป็นพีกรบกวน พบบน chromatogram บางครั้งในตัวอย่างที่เป็น control และในตัวอย่างที่ผ่านการลดกลิ่นทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง คือน้ำมัน SE-1, LE และ SE-2 รวมทั้งบางครั้งพบในสารละลายมาตรฐาน Ethyl octanoic acid ด้วย



รูปที่ 15 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำมันแพะ SE-1 ที่ยังไม่ได้ผ่านการลดกลิ่น (ชุด control)



รูปที่ 16 GC-Chromatogram ของตัวอย่างน้ำมันมะ SE-1 ที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบ

การเปรียบเทียบการลดลงของสารประกอบ Ethyl octanoic acid ในตัวอย่างน้ำมัน LE มีแนวโน้มเดียวกัน คือตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นมี Area peak ลดลง เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลง (% reduction) ของสารประกอบ Ethyl octanoic acid พบว่า % reduction อยู่ในช่วง 85-88% (ตารางที่ 18) ในน้ำมันมะ SE-1 และ 65-68% ในน้ำมันมะ LE สาเหตุที่มี % การลดลงที่แตกต่างกันเนื่องจากปริมาณสารตั้งต้นที่แตกต่างกัน การมีสารตั้งต้นมากจะเห็นความชัดเจนของการลดลงมากกว่า กรณีน้ำมันมะ LE มีสารตั้งต้นที่ Retention time นี้น้อยกว่า หลังการคำนวณจึงมี %reduction ที่ต่ำกว่า แต่ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ประเมินแจ้งว่ามีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หลายกลิ่นปนอยู่ในน้ำมัน LE ซึ่งจะสังเกตได้จากคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ชุดการทดลอง Control ที่ยังไม่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่นจะมีคะแนนค่อนข้างต่ำ มีความชอบโดยรวมแค่ 1.75 ต่ำกว่าของน้ำมันมะ SE-1

การเปรียบเทียบระดับการให้ความร้อนน้ำมัน 3 ระดับ ก่อนการให้ไหลเข้าสู่ชุดเครื่องมือลดกลิ่น พบว่า อุณหภูมิ Pre-heat ที่สูงขึ้นมีผลให้การลดกลิ่นมีประสิทธิภาพดีขึ้น สังเกตจาก % Reduction มีค่าสูงขึ้น ทั้งในตัวอย่างนมฟาร์มตาแกะและนมมะพร้าวหือศิริชัย

ตารางที่ 18 ร้อยละการลดลงของสารประกอบ Ethyl octanoic acid วิเคราะห์โดยเทคนิค SPME

อุณหภูมิ Pre-heat (°C)	Reduction (%)	
	น้ำมันมะ SE-1	น้ำมันมะ LE
65	85.47±5.35	65.81±2.58
70	87.80±3.41	67.66±4.23
75	88.25±6.29	68.01±5.74

4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับต่อกลิ่นรสของนมแพะใช้รูปแบบการประเมินโดยวิธีให้คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึงน้อยที่สุด และ 5 หมายถึงมากที่สุด และการประเมินความชอบ โดยคะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมาก และ 5 หมายถึงชอบมากที่สุด ทดสอบกับนมแพะ SE-1 (ตารางที่ 19) และนมแพะ LE (ตารางที่ 20) พบว่านมแพะ SE-1 ชุด Control คือไม่ได้ผ่านการลดกลิ่นมีคะแนนประเมินด้านกลิ่นสาบและกลิ่นคั่งในปากหลังจากกลืนแล้วมีกลิ่นระดับปานกลาง (3.29 และ 3.00) และผู้ประเมินไม่ชอบ โดยได้คะแนนประเมินด้านความชอบรวม 2.29 คะแนน การประเมินตัวอย่างนมที่ผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น โดยให้นมผ่านความร้อนก่อนที่อุณหภูมิ 65, 70 และ 75 °C พบว่า มีคะแนนประเมินด้านความแรงของกลิ่นสาบและกลิ่นคั่งในปากลดลง และมีคะแนนความชอบโดยรวมดีกว่าชุด Control โดยชุดการทดลองที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C มีแนวโน้มของคะแนนดีที่สุด มีกลิ่นสาบและกลิ่นคั่งในปากน้อย (2.29 และ 2.43 คะแนน) และมีคะแนนความชอบโดยรวมระดับปานกลางถึงชอบมาก (3.43 คะแนน)

การเปรียบเทียบระดับของอุณหภูมิในการ Pre-heat 3 ระดับ เพื่อกระตุ้นการระเหยของสารประกอบกลิ่น พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 °C ยังไม่ให้ผลที่ดีพอ ผู้ประเมินรู้สึกว่ามีกลิ่นอยู่บ้างมีคะแนนความชอบโดยรวม 2.57 ในขณะที่การให้ความร้อน Pre-heat ระดับ 75 °C ทำให้มีกลิ่นรสผิดปกติเพิ่มเข้ามาอีกเล็กน้อย คะแนนประเมินจึงต่ำกว่าการให้ความร้อนที่ 70 °C

ตารางที่ 19 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมแพะ SE-1

ชุดการทดลอง	กลิ่นสาบ*	กลิ่นคั่งในปาก*	ความชอบโดยรวม**
control	3.29 ± 0.76 ^b	3.00 ± 1.15 ^a	2.29 ± 1.11 ^a
Pre-heat 65 °C	3.14 ± 0.90 ^{ab}	2.86 ± 0.38 ^a	2.57 ± 0.79 ^{ab}
Pre-heat 70 °C	2.29 ± 0.49 ^a	2.43 ± 0.53 ^a	3.43 ± 0.79 ^b
Pre-heat 75 °C	2.43 ± 0.79 ^{ab}	2.71 ± 0.95 ^a	2.71 ± 0.49 ^{ab}

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

* ประเมินโดยใช้ scoring test คะแนน 1-5 โดย 1 คือปริมาณน้อยที่สุด และ 5 คือปริมาณมากที่สุด

** ประเมินโดยใช้ hedonic scale คะแนน 1-5 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คือชอบมากที่สุด

ตารางที่ 20 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันพะ LE

ชุดการทดลอง	กลิ่นสาบ*	กลิ่นคั่งในปาก*	ความชอบโดยรวม**
control	3.20 ± 0.45^b	3.67 ± 0.58^b	1.75 ± 0.50^a
Pre-heat 65 °C	3.00 ± 1.00^{ab}	3.67 ± 0.58^b	2.00 ± 0.82^a
Pre-heat 70 °C	2.20 ± 0.45^a	2.00 ± 1.00^a	3.50 ± 0.58^b
Pre-heat 75 °C	2.60 ± 0.55^{ab}	3.00 ± 1.00^{ab}	2.50 ± 0.58^a

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

* ประเมินโดยใช้ scoring test คะแนน 1-5 โดย 1 คือปริมาณน้อยที่สุด และ 5 คือปริมาณมากที่สุด

** ประเมินโดยใช้ hedonic scale คะแนน 1-5 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คือชอบมากที่สุด

การยืนยันผลการทดสอบ (1)

ผู้วิจัยได้ยืนยันผลการทดสอบโดยการ spike กลิ่น Ethyl octanoic acid ในน้ำมันพะ SE-2 ระดับ 0.05% ให้น้ำมันผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น และให้ผู้ประเมินทดสอบ (ไม่มีการกลิ่น) พบว่าชุด Control มีกลิ่นสาบแรงมาก คะแนนประเมินกลิ่นสาบ 3.75 และไม่ชอบค่อนข้างมากในคะแนน 1.50 ส่วนตัวอย่างน้ำมันที่ให้ความร้อน Pre-heat 70 °C แล้วผ่านชุดเครื่องมือลดกลิ่น พบว่าคะแนนประเมินด้านกลิ่นลดลง และมีความชอบรวมระดับปานกลางคะแนน 3.25 (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำมันพะ SE-2 ที่มีการ spike กลิ่น Ethyl octanoic acid ระดับ 0.05%

ชุดการทดลอง	กลิ่นสาบ*	กลิ่นคั่งในปาก*	ความชอบโดยรวม**
control	3.75 ± 0.50^b	3.75 ± 0.50^a	1.50 ± 0.58^a
Pre-heat 65 °C	3.50 ± 0.58^b	3.75 ± 1.26^a	1.75 ± 0.50^a
Pre-heat 70 °C	2.25 ± 0.50^a	3.15 ± 0.96^a	3.25 ± 0.96^b
Pre-heat 75 °C	3.25 ± 0.50^b	3.25 ± 0.96^a	2.50 ± 1.00^{ab}

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

* ประเมินโดยใช้ scoring test คะแนน 1-5 โดย 1 คือปริมาณน้อยที่สุด และ 5 คือปริมาณมากที่สุด

** ประเมินโดยใช้ hedonic scale คะแนน 1-5 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คือชอบมากที่สุด

การยืนยันผลการทดสอบ (2)

เพื่อยืนยันอุณหภูมิ Pre-heat ระดับ 70 °C อีกครั้ง จึงเปรียบเทียบกับชุด Control โดยใช้น้ำมันพะ LE ลดจำนวนตัวอย่างเหลือแค่ 2 ตัวอย่างเพื่อให้ง่ายต่อผู้ประเมิน ผลการประเมินพบว่า คะแนนกลิ่นสาบ

ในน้ำนมชุด Control มีระดับค่อนข้างมาก (3.67) คะแนนความชอบอยู่ในระดับไม่ค่อยชอบ (2.43) และในตัวอย่างที่ผ่านการลดกลั่น มีคะแนนประเมินด้านกลั่นลดลงเหลือ 2.67 และมีความชอบระดับปานกลางถึงค่อนข้างมากในคะแนน 3.71 (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมแพะ LE

ชุดการทดลอง	กลั่นสาบ	กลั่นค้ำในปาก	ความชอบโดยรวม
control	3.67 ± 0.52^b	4.00 ± 0.63^a	2.43 ± 0.53^a
70°C	2.67 ± 0.54^a	2.83 ± 1.33^a	3.71 ± 0.49^b

อักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

* ประเมินโดยใช้ scoring test คะแนน 1-5 โดย 1 คือปริมาณน้อยที่สุด และ 5 คือปริมาณมากที่สุด

** ประเมินโดยใช้ hedonic scale คะแนน 1-5 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คือชอบมากที่สุด

4.2.3 การติดตั้งชุดเครื่องมือลดกลั่นกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์

เครื่องพาสเจอร์ไรส์ที่ผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาสใช้งาน เป็นระบบท่อ (Tubular heat exchange) อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์คือ 72°C จึงอาจเพิ่ม Tubular heat exchange ชุดเล็กอีก 1 ชุด เพื่อการ Pre-heat นม ก่อนเข้าสู่ชุดเครื่องมือลดกลั่น จากนั้นนมที่ผ่านการลดกลั่นก็เข้าสู่ระบบการพาสเจอร์ไรส์ตามปกติ



(A)



(B)

รูปที่ 17 (A) ชุดเครื่องมือลดกลั่น

(B) การติดตั้งชุดเครื่องมือลดกลั่นสาบกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์ระบบท่อ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมแพะจากชุดเครื่องมือลดกลิ่น

ทดลองเปรียบเทียบกลิ่นของน้ำนมแพะที่เป็นชุดควบคุมและน้ำนมแพะที่ผ่านเครื่องมือลดกลิ่น โดย

- ตัวอย่างน้ำนมแพะชุดควบคุม : ใส่น้ำนมแพะในถังพักด้านบนของเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ควบคุมอัตราการไหลของน้ำนมที่ 30 ลิตร/ชั่วโมง พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72°C
- ตัวอย่างน้ำนมแพะที่ผ่านการลดกลิ่น : ใส่น้ำนมแพะในถังพักด้านบนของเครื่อง pre-heat ควบคุมอัตราการไหลของน้ำนมที่ 30 ลิตร/ชั่วโมง pre-heat ที่อุณหภูมิ 70°C ปล่อยน้ำนมเข้าสู่ชุดลดกลิ่น และปั้มน้ำนมเข้าเครื่องพาสเจอร์ไรส์ ควบคุมอัตราการไหลของน้ำนมที่ 60 ลิตร/ชั่วโมง พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72°C (เนื่องจากน้ำนมผ่านการ pre-heat มาแล้ว จึงต้องปรับอัตราการไหลให้ใช้เวลาในท่อน้อยลง) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี scoring ในหัวข้อระดับของกลิ่นสาบและกลิ่นคั่งในปาก และประเมินความชอบโดยรวมโดยใช้ hedonic scale ใช้ผู้ประเมินที่มีความคุ้นเคยกับน้ำนมแพะจำนวน 23 คน ผลการประเมินแสดงใน ตารางที่ 23

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมแพะที่ผ่านชุดเครื่องมือ

ชุดการทดลอง	กลิ่นสาบ*	กลิ่นคั่งในปาก*	ความชอบโดยรวม**
control	3.52 ± 0.99 ^b	3.35 ± 0.77 ^a	2.17 ± 0.72 ^a
ลดกลิ่น	2.30 ± 0.88 ^a	2.52 ± 0.90 ^b	3.39 ± 0.92 ^b

อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

* ประเมินโดยใช้ scoring test คะแนน 1-5 โดย 1 คือปริมาณน้อยที่สุด และ 5 คือปริมาณมากที่สุด

** ประเมินโดยใช้ hedonic scale คะแนน 1-5 โดย 1 คือไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คือชอบมากที่สุด

ผู้ประเมินให้คะแนนระดับของกลิ่นสาบและกลิ่นคั่งในปากของน้ำนมแพะชุดที่ผ่านเครื่องมือลดกลิ่น 2.30 และ 2.52 น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลของกลิ่นที่ลดลงทำให้มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ชุดเครื่องมือนี้จึงมีผลต่อการลดกลิ่นในน้ำนมแพะได้ในเบื้องต้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการลดกลิ่นได้อีกถ้ามีการปรับแต่งเครื่องมือให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

4.2.4 ต้นทุนชุดเครื่องมือ

ส่วนประกอบที่จำเป็น

ชุด pre-heat แบบ tubular heat exchanger	60,000 บาท
ปั๊มสุญญากาศและมอเตอร์	33,063 บาท
ท่อทรงกระบอก	300 บาท
หัวปั่นฝอยน้ำมัน	20 บาท
รวมทั้งหมด	93,383 บาท

ปั๊มสุญญากาศที่มีขนาดเล็กกว่านี้มีราคาประมาณ 15,000 บาท อาจได้ผลเช่นกัน โดยอาจต้องปรับเปลี่ยนการออกแบบเล็กน้อย

ส่วนประกอบอื่นๆ	ชิ้นวางติดล้อเลื่อน	1,480 บาท
-----------------	---------------------	-----------

4.2.5 สรุปผลการทดลองการลดกลิ่นโดยใช้วิธีดูดอากาศ

ชุดเครื่องมือลดกลิ่นที่ใช้เทคนิคการดูดอากาศออกสามารถลดกลิ่นสาบและเพิ่มคะแนนความชอบโดยรวมได้ โดยการกระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยที่อุณหภูมิ 70°C ให้ผลดีที่สุด มีการลดลงของสารให้กลิ่น Ethyl octanoic acid จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME ระดับ 65-68% ในตัวอย่างน้ำมันพะจากบริษัทใหญ่ (LE) และ 85-88% ในตัวอย่างน้ำมันจากฟาร์มในพื้นที่ จ.ปัตตานี (SE-1) เมื่อนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้กับชุด pre-heat และพาสเจอร์ไรส์ระบบ Tubular heat exchanger ยังคงให้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทำนองเดียวกันคือสามารถลดกลิ่นได้ น้ำมันพะมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงขึ้น

4.2.6 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ทีมผู้วิจัยได้จัดอบรมปฏิบัติการเรื่องผลิตภัณฑ์นมพะให้กับผู้ประกอบการในพื้นที่ 2 ครั้ง คือ วันที่ 21 พฤษภาคม 2552 มีผู้ประกอบการเข้าร่วมปฏิบัติการ 30 คน และวันที่ 18 สิงหาคม 2552 ซึ่งได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่องการพาสเจอร์ไรส์และการใช้ชุดเครื่องมือลดกลิ่น มีผู้ประกอบการเข้าร่วมการปฏิบัติการรวม 20 คน เป็นผู้ประกอบการทั้ง 3 จังหวัด คือจังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี ในจำนวนนี้มีผู้ประกอบการที่ใช้เครื่องมือพาสเจอร์ไรส์นม 4 ราย จากจังหวัดปัตตานี 2 ราย ยะลา 1 ราย และนราธิวาส 1 ราย



รูปที่ 18 การอบรมปฏิบัติการแปรรูปนมแพะพาสเจอร์ไรส์และสาธิตการใช้ชุดเครื่องมือลดกลิ่น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบการลดกลิ่นสาบนํ้านมแพะโดยใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด >P8 (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.98 ± 1.27 มิลลิเมตร) และ P8/R20 (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.63 ± 0.43 มิลลิเมตร) ปริมาตร 1 และ 2 ลิตร พบว่านํ้านมแพะที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ขนาดใหญ่ >P8 mesh จะมีปริมาณสารอาหารต่างๆเหลือมากกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ขนาดเล็ก P8/R20 แต่ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ประเมินยอมรับชุดการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ขนาด P8/R20 ปริมาตร 1 ลิตร มากที่สุด เนื่องจากกลิ่นสาบลดลงชัดเจนในขณะที่ยังมีความเข้มข้นของนํ้านมใกล้เคียงกับชุดควบคุม ข้อเสียของวิธีนี้คือปริมาณผลผลิตต่ำเนื่องจากต้องควบคุมอัตราการไหลของนํ้านมแพะไว้ที่ 5 ลิตร/ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพดังกล่าวและพบอนุภาคของถ่านกัมมันต์ปนอยู่ในนํ้านมแพะ วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้

2. การใช้ชุดเครื่องมือลดกลิ่นที่ใช้เทคนิคการดูดอากาศออกสามารถลดกลิ่นสาบและเพิ่มคะแนนความชอบโดยรวมได้ โดยการกระตุ้นให้สารประกอบกลิ่นระเหยที่อุณหภูมิ 70°C ให้ผลดีที่สุด มีการลดลงของสารให้กลิ่น Ethyl octanoic acid จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SPME ระดับ 65-68% ในตัวอย่างนํ้านมแพะจากบริษัทใหญ่ และ 85-88% ในตัวอย่างนํ้านมจากฟาร์มในพื้นที่ จ.ปัตตานี เมื่อนำเทคนิคดังกล่าวไปใช้กับชุด pre-heat และพาสเจอร์ไรส์ระบบ Tubular heat exchanger ยังคงให้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทำนองเดียวกันคือสามารถลดกลิ่นได้ นํ้านมแพะมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์. 2548. สถิติข้อมูลกรมปศุสัตว์ปี 2548. กรมปศุสัตว์.
- เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่
- สมชัย สวาสดิพันธ์ และณิชารัตน์ สวาสดิพันธ์. 2550. ข้อมูลโภชนาการนมแพะพร้อมดื่ม. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- สุรวุฒิ บุญกุล. 2549. นมแพะศิริชัย"ติดลมบน-ถึงบุคตปท. หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ. ฉบับที่ 3834 (3034), หน้า 28.
- อนุวัตร ลิ้มสุวรรณ www.thaihealth.or.th [08/05/2008]
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Almaas, H., Cases, A., Devold, T.G., Holm, H., Langsrud, T., Aabakken, L., Aadnoey, T. and Vegarud, G.E. 2006. In vitro digestion of bovine and caprine milk by human gastric and duodenal enzymes. International Dairy Journal. 16: 961-968.
- Bassette, R. and Fung, D. 1986. Off-flavors in milk. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 24 (1): 1-38.
- Bevilacqua, C., Helbling, J.C., Miranda, G. and Martin, P. 2006. Translational efficiency of casein transcripts in the mammary tissue of lactating ruminants. 5: 567-578.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Lamberett, G. and Rouel, J. 2003. A review of nutrition and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Journal of Dairy Science. 86:1751-1770.
- Forss, D.A. 1979. Review of the progress of dairy science: mechanisms of formation of aroma compounds in milks and milk products. Journal Dairy Research. 46: 691-706.
- Gravert, H.O. 1987. Dairy Cattle Production. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Grosclaude, F. 1995. Genetic polymorphisms of milk proteins. In: Proceedings of the IDF Seminar on Implications of Genetic Polymorphism of Milk Proteins on Production and Processing of Milk, Zurich, Switzerland, vol 3. Internattional Dairy Fed. Publ., Brussels, Belgium, pp. 28-29.
- Haenlein, G.F.W. 1992. Role of goat meat and milk in human nutrition. In Proceedings, fifth international conference on goats (vol. II, part II, pp. 575-580). New Delhi, India, March 1992.

- Haenlein, G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*. 51: 155-163
- Kondylii, E., Katsiari, M.C. and Voutsinas, L.P. 2007. Variation of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation. *Food Chemistry*. 100: 226-230.
- Lara-Villoslada F., Olivares, M. and Xaus, J. 2005. The balance between caseins and whey proteins in cow's milk determines its allergenicity. *Journal of Dairy Science*. 88: 1654-1660.
- Lefrileux, Y., Morand-Fehr, P. and Pommaret, A. 2008. Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. *Small Ruminant Research*. 77: 113-126.
- Lepage, G. and Roy, C. C. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. *Journal of Lipid Research*. 27: 114-120.
- Ljutovac, K.R., Lagriffoul, G., paccard, P., Guillet, I., and Chillard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milks product : An update. *Journal of Small Ruminant Research*. 59: 57-72.
- María, J.M., Alférez, I.L., Teresa, N., Javier, D., Mercedes, B., Pateicia, B.R. and Margarita, S.C. 2006. Dietary goat milk improves iron bioavailability in rats with induced ferropenic anaemia in comparison with cow milk. *International Dairy Journal*. 16: 813-821.
- Martin, P. 1993. Polymorphisme genetique des lactoproteines caprines, 73: 511-532.
- Nudda, A., Palmquist, D.L., Battaccone, G., Fancellu, S., Rassu, S.P.G. and Pulina, G. 2008. Relationships between the contents of vaccenic acid, CLA and n-3 fatty acid of goat milk and the muscle of their suckling kids. *Livestock Science*. Online.
- Moio, L., Dekimpe, J., Etievant, P., and Addeo, P. 1993. Neutral volatile compounds in the raw milks from different species. *Journal Dairy Science*. 60: 199-213.
- Mouchili, A., Wichlet, J.J., Bosset, J.O., Dohoo, I.R., Imhof, M., Altieri, D., Mallia., and Stryhn, H. 2005. HS-SPME gas chromatographic characterization of volatile compounds in milk tainted with off-flavor. *International Dairy Journal*. 15: 1203-1215.
- Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M. and Haenlein, G.F.W. 2006. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*.
- Remeauf, F. and Lenoir, J. 1986. Relationship between the physicochemical characteristics of goat's milk and its rennetability. *Intl. Dairy Bull*, 202:68. อ้างอิง Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M. and Haenlein, G.F.W. 2006. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68: 88-113.
- Tomotake, H., Okuyama, M., Katagiri, M., Yamato, M. and Ota, F. 2006. Comparison between Holstein cow's milk and Japanese-Saanen goat's milk in fatty acid composition, lipid digestibility and protein profile. *Journal of Biochemistry*. 11: 2771-2774.

- Vasta, V., Nudda, A., Cannas, A., Lanza, M. and Priolo, A. 2008. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 147: 223-246.
- Vazquez-Landaverde, P.A., Velazquez, G., Torres, J.A., and Qian, M.C. 2005. Quantitative determination of thermally derived off-flavor compounds in milk using solid-phase microextraction and gas chromatography. *Journal Dairy Science*. 88: 3764-3772.

ภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการประเมินความสามารถของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในงานวิจัย

ลำดับที่	รายชื่อผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส	ความถูกต้องในการประเมิน ระดับของกลิ่นสาบนมแพะ (%)
1	น.ส.ศรินทรา ลีวลักษณ์	83.33
2	นายมะสุกรี โตะบุ	83.33
3	น.ส.ชอพียะห์ แขนา	91.67
4	น.ส.สรานี แวบางิง	83.33
5	น.ส.วิไลรัตน์ แซ่ลิ่ม	83.33
6	น.ส.นุรฮานีฟ ปะจู	83.33
7	น.ส.โนรี วังตัง	75.00
8	น.ส.บินกิช ยาชะรัด	66.67
9	น.ส.สินีนากู ฤทธิเดช	75.00
10	น.ส.ฆาเร๊ะ เอ็ดลาฮี	66.67
11	นายอับดุลวาวิศ เจริญป้อราสง	66.67
12	น.ส.รอปีอะ บินต่วน	83.33
13	น.ส.พิมชนก แก้วอุดม	58.33
14	น.ส.วิมล ชูศรี	66.67
15	น.ส.เร้าะหนา เล้าะเต๊ะ	66.67
16	น.ส.นุรฟาเดีย อำชะะ	66.67
17	น.ส.อาชียะ สะมะอิ	66.67
18	นายสามารถ ชินการสวัสดิ์	66.67
19	น.ส.ดวงพร ปั่นแก้ว	50.00
20	น.ส.สุจิตรา สว่างเพชร	66.67
21	น.ส.ปรีดา ยาชะรัด	50.00
22	น.ส.ลลิตา วงศ์ชู	50.00
23	น.ส.สีติมาลีเต๊ะ อับดุลเลาะ	50.00
24	น.ส.ฟาฎิละห์ อาแด	50.00
25	น.ส.อนูรัตน์ เจะโซะ	50.00

ภาคผนวกที่ 2
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์นมแพะพาสเจอร์ไรส์

วันที่ประเมิน

ชื่อ – สกุล

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และขีดเส้นตั้งฉากพร้อมเขียนหมายเลขตัวอย่างกำกับ และ ขีดเส้นตั้งฉากแสดง Ideal พร้อมเขียนสัญลักษณ์ I กำกับให้ตรงกับความรู้สึกของท่านให้มากที่สุด

สี

เหลือง

ขาว

กลิ่นสาบนมแพะ

น้อย

มาก

ความเข้มข้น

น้อย

มาก

กลิ่นคาวในปาก

น้อย

มาก

การยอมรับรวม

ยอมรับน้อย

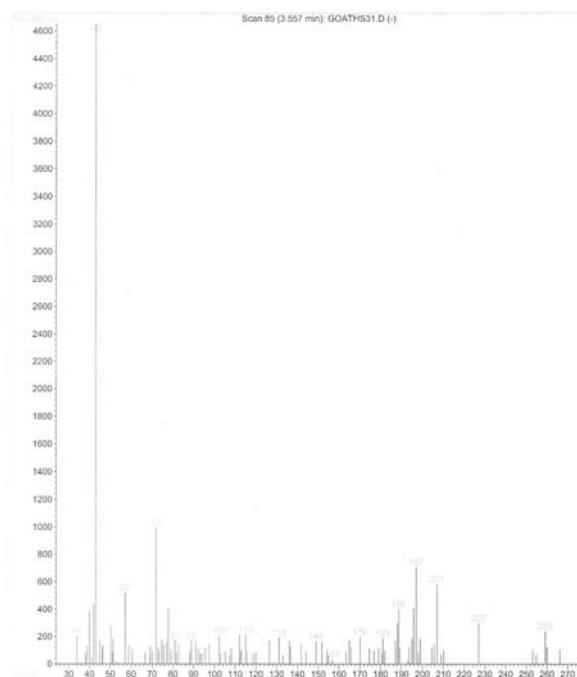
ยอมรับมาก

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....
.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือ

ภาคผนวกที่ 3
ผลการจำแนกสารประกอบกลิ่นรสในนมแพะ

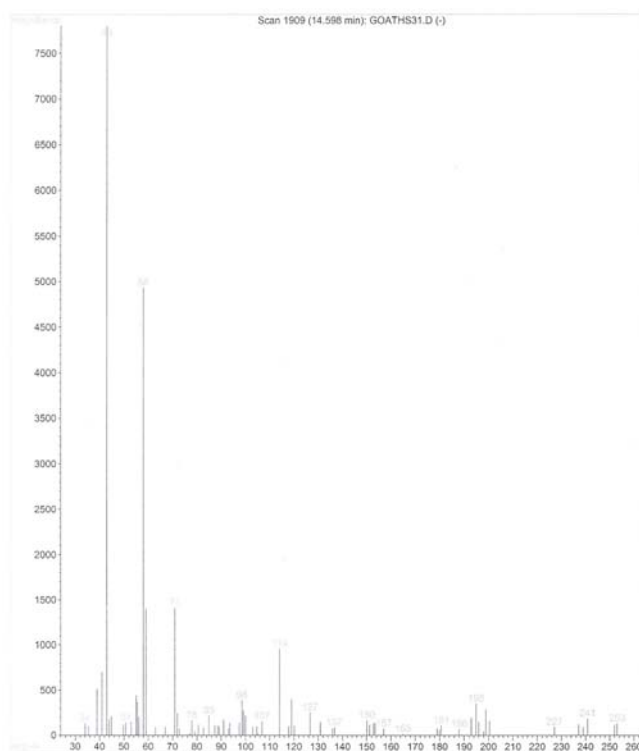


Scan 85 (3.557 min) : GOATHS31.D

Sampling 2hrs@45 C carboxen/PDMS

PBM Search of library C: \DATABASE\WILEY275/PDMS

Name	MolWt	Formula	Qual
1. 2-Butanone (CAS) Methyl ethyl ketone	72	C ₄ H ₈ O	9
2. 2-Ethylbutanal	100	C ₆ H ₁₂ O	9
3. Butanal, 2-ethyl- (CAS) 2-Ethylbutana	100	C ₆ H ₁₂ O	9

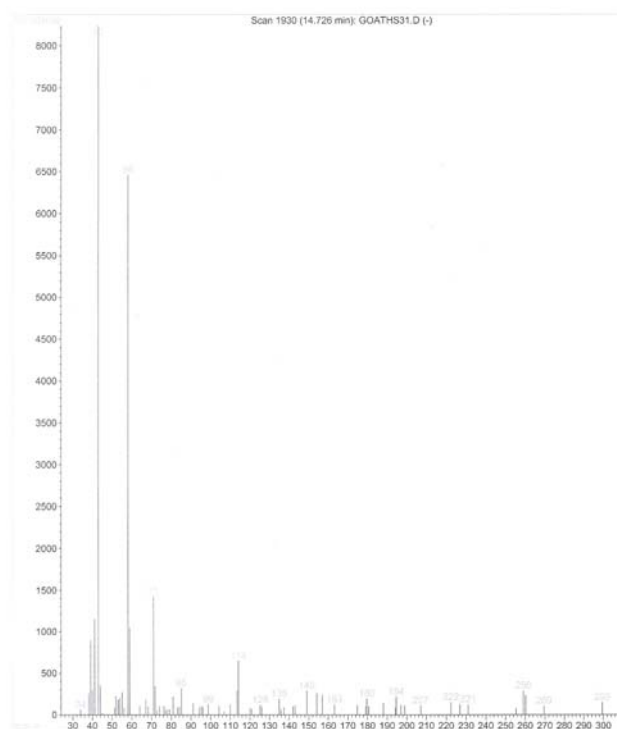


Scan 1909 (14.598 min) : GOATHS31.D

Sampling 2hrs@45 C carboxen/PDMS

PBM Search of library C: \DATABASE\WILEY275/PDMS

Name	MolWt	Formula	Qual
1. 2-Hexanone, 5-methyl- (CAS)	114	C ₇ H ₁₄ O	53
2. 2-Heptanone (CAS)	114	C ₇ H ₁₄ O	58
3. 5-Methyl-2-Hexanone	114	C ₇ H ₁₄ O	59
4. 2-Hexanone, 4-methyl- (CAS)	114	C ₇ H ₁₄ O	59

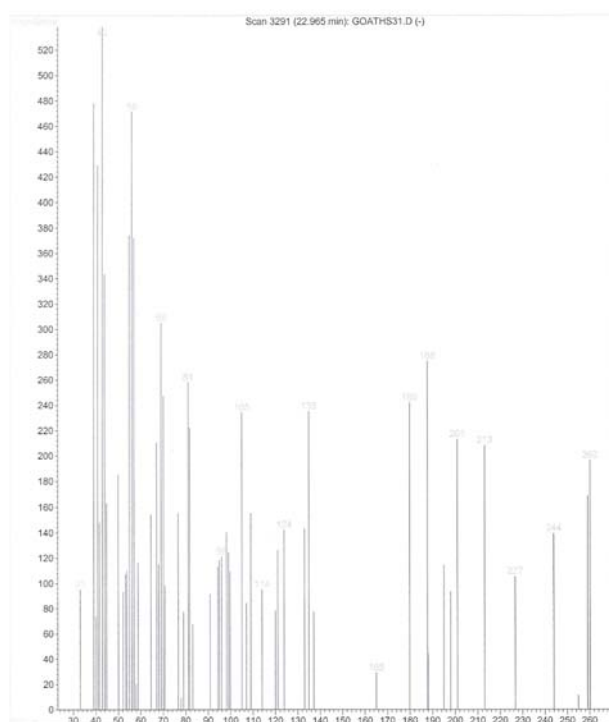


Scan 1930 (14.726 min) : GOATHS31.D

Sampling 2hrs@45 C carboxen/PDMS

PBM Search of library C:\DATABASE\WILEY275\PDMS

Name	MolWt	Formula	Qual
1. 2-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	72
2. 2-HEPTANONE	114	C ₇ H ₁₄ O	81
3. 2-HEPTANONE	114	C ₇ H ₁₄ O	74
4. 2-Hexanone, 4-methyl- (CAS)	114	C ₇ H ₁₄ O	64



Scan 3291 (22.965 min) : GOATHS31.D

Sampling 2hrs@45 C carboxen/PDMS

PBM Search of library C:\DATABASE\WILEY275\PDMS

Name	MolWt	Formula	Qual
1. 2-Heptenal	112	C ₇ H ₁₂ O	25
2. 2-Hexene, 5-methyl-	98	C ₇ H ₁₄	38
3. 5-methyl-2Hexene	98	C ₇ H ₁₄	38
4. 1-Pentene, 2,3-dimethyl	98	C ₇ H ₁₄	38

ภาคผนวกที่ 4

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์

ชื่อ-สกุล วันที่ประเมิน

1. การประเมินลักษณะของนมพาสเจอร์ไรส์

คำสั่ง กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์และเขียนตัวเลขในช่องว่างตามความรู้สึกของท่านมากที่สุดในแต่ละประเด็นต่อไปนี้

โดยที่ 1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง
4 = มาก 5 = มากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง
สีขาว				
กลิ่นสาบนมแพะ				
กลิ่นค้างในปาก				

2. การประเมินความชอบ

คำสั่ง urnalทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมันพาสเจอร์ไรส์และเขียนระดับของความชอบ โดย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉยๆ
4 = ชอบเล็กน้อย 5 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	ตัวอย่าง
ความชอบ โดยรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....ขอบคุณสำหรับความร่วมมือ

ภาคผนวกที่ 5

การสำรวจวิธีการผลิตนมแพะของเกษตรกร

จากการสำรวจเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในจังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส บางส่วน รวม 19 ราย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่จะเลี้ยงแพะเป็นอาชีพเสริมจากเดิม เช่น ทำสวน รับจ้าง รับราชการ ค้าขาย แพะที่เลี้ยงเกินกว่าร้อยละ 90 เป็นพันธุ์ซาแนน โดยส่วนใหญ่จะเลี้ยงมานานกว่า 1 ปี จำนวนแพะที่เลี้ยงมีเกษตรกรที่มีแพะจำนวนมากกว่า 100 ตัว 3 ราย ร้อยละ 50 ของเกษตรกรจะมีแพะจำนวน 30-50 ตัว ซึ่งแพะที่เลี้ยงมีสัดส่วนของแพะตัวผู้ : แพะตัวเมีย ระหว่าง 1 : 2 ถึง 1 : 30 ตัว อายุเฉลี่ยของแพะ จะอยู่ในช่วง 2-3 ปี และจะเริ่มรีดนมหลังจากแพะคลอดลูกแล้ว 7 วันขึ้นไป (ตารางภาคผนวกที่ 2)

ในส่วนการผลิตนมแพะเพื่อจำหน่าย พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการตรวจสอบเต้านมก่อนการรีดนมร้อยละ 79 วิธีการตรวจสอบส่วนใหญ่จะใช้วิธีสังเกต นอกจากนี้จะได้รับการตรวจสอบโดยหน่วยงานของรัฐ เช่น ปศุสัตว์ สหกรณ์ และมีการทดสอบด้วยวิธี alcohol test มากกว่าร้อยละ 90 จะมีการทำความสะอาด และเช็ดเต้านมแพะทุกครั้งที่ยรีดนม โดยน้ำยาที่ใช้เช็ดเต้านมได้แก่ คลอรีน แอลกอฮอล์ pmp cmg ด่างทับทิม รวมทั้งน้ำอุ่น กว่าร้อยละ 42 จะใช้ขวดพลาสติกเป็นภาชนะที่ใช้รองรับเวลารีดนม รองลงมาคือถึงสแตนเลส กะละมัง และขวดแก้ว ตามลำดับ ภาชนะที่ใช้รองรับน้ำนมเวลารีดจะไม่ได้ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อแต่อย่างใด แต่จะใช้น้ำยาล้างจานโดยทั่วไป หรือน้ำร้อน การรีดนมเกษตรกรจะรีดนมวันละ 1 ครั้งในตอนเช้า กว่าร้อยละ 85 จะไม่รับซื้อนมจากเกษตรกรรายอื่น มีเพียงร้อยละ 15 ที่รับซื้อ ปริมาณรับซื้อจะซื้อ 20-60 กก./วัน ร้อยละ 85 จะเก็บนมไว้ในถุงพลาสติก แล้วรัดปากถุงด้วยยาง ที่เหลือจะเก็บไว้ในขวดพลาสติก หลังจากการรีดนมแพะแล้วร้อยละ 74 จะเก็บนมไว้ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น และเก็บไว้ในช่องแช่เย็นของตู้เย็นร้อยละ 24 การเก็บนมเพื่อรอการจำหน่ายจะเก็บนานถึง 30 นาที ถึง 1-2 สัปดาห์ โดยส่วนใหญ่จะนานมากกว่า 1 ชั่วโมงก่อนการจำหน่าย รูปแบบของนมแพะที่จัดจำหน่ายจะมีในรูปแบบนมสด และนมพาสเจอร์ไรซ์ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยที่นมพาสเจอร์ไรซ์จะใช้เครื่องพาสเจอร์ไรซ์แบบหม้อนึ่ง 2 ชั้นเป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62) นอกจากนี้จะใช้วิธีการต้มด้วยหม้อ ราคาขายนมสดจะมีราคาตั้งแต่ 40-60 บาท/กก. ส่วนนมพาสเจอร์ไรซ์ จะขาย 60-80 บาท/กก. โดยการขายส่วนใหญ่จะขายที่บ้าน ส่งตามบ้านของลูกค้า ส่งร้านค้า สหกรณ์ และโรงเรียน โดยส่วนใหญ่ลูกค้าจะรู้จักนมแพะที่ขายจากการที่ลูกค้าบอกต่อกัน ลูกค้าส่วนใหญ่จะเป็นคนในวัยทำงาน และผู้สูงวัย ตลาดที่จัดจำหน่ายส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่จังหวัดที่เกษตรกรอาศัยอยู่

เกษตรกรมีความสนใจที่จะจำหน่ายนมแพะในรูปแบบผลิตภัณฑ์ สบู่ เครื่องสำอาง เค้าฮวย ไอศกรีม โยเกิร์ต นมเปรี้ยว เกษตรกรกว่าร้อยละ 95 คิดว่านมแพะที่ผลิตเองไม่มีกลิ่นสาบ แต่มีความต้องการทราบวิธีการในการลดกลิ่นสาบ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น นมแพะพาสเจอร์ไรซ์รสต่างๆ เค้าฮวย ไอศกรีม นมเปรี้ยว เนยแข็ง นอกจากนี้ยังมีความต้องการความรู้ในเรื่องตลาด และบรรจุ

ภัณฑ์ มีความต้องการให้มีการสร้างเครือข่ายการรับซื้อนม หรือข้อมูลแหล่งรับซื้อนมดิบ เกษตรกรต้องการขอเครื่องหมาย ออ. และฮาลาล สำหรับผลิตภัณฑ์นมแพะ ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรไม่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ร้อยละ 15 ได้รับการสนับสนุนจากโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) กรมปศุสัตว์ และองค์การบริหารส่วนตำบล เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่มีวางแผนในการจัดตั้งโรงงานแปรรูปนมแต่อย่างใด ปัญหาที่เกษตรกรพบคือ เรื่องเงินทุนไม่เพียงพอ ตลาดนมแพะไม่มี ไม่มีแนวทางในการแปรรูป และขาดแรงงาน ส่วนโรงงานนมพาสเจอร์ไรส์ที่มีอยู่ในพื้นที่มี 3 โรง คือ สลิมฟาร์ม จ.ยะลา ฟาร์มสหกรณ์อิสลาม จ.ปัตตานี และคูระ เดลี โกทส์ จ.ปัตตานี

ภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลการสำรวจวิถีการผลิตนมแพะของเกษตรกร

ตารางภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลโดยทั่วไปของเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะใน 3 จังหวัดชายแดนใต้

รายชื่อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
อาชีพ	หลัก	เสริม	หลัก	หลัก	หลัก	หลัก	เสริม	เสริม	หลัก	เสริม	หลัก	เสริม	เสริม	เสริม	หลัก	เสริม	เสริม	เสริม	เสริม
เวลาเลี้ยง (ปี)	4.5	5	3	1	2	4-5	4	5	5	2	10	10	2	20	1	1	3	5 เดือน	7-8 เดือน
พันธุ์	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน	ซา แนน
จำนวน (ตัว)	100	50	50	15	32	30-40	30	200	100	12	40	40	12	15	23	13	12	35	45
ตัวเมีย (ตัว)	-	-	40	10	30	20	27	150	97	9	36	22	11	13	20	12	10	30	40
ตัวผู้ (ตัว)	-	-	10	5	2	10-20	3	50	3	3	4	1	1	2	3	1	2	5	5
อายุเฉลี่ย (ปี)	4	5	2-มี.ค.	2	2	2	4	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	5-6 เดือน	2
การรีดนม หลัง กลอด (วัน)	7	7	7	10	10	1 เดือน	7	7	7	10	15	15	7	90	1 เดือน	1 เดือน	7		7

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

เวลาโรค	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	9	เช้า	เช้า	ช-ย	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า	เช้า		เช้า
ปริมาณนม กก/วัน	10	2	15	5	5	1ตัว/กก	2	40	20	2	10	8	2	5	3-4	0.8	5		3-4
รับซื้อจาก ผู้อื่น	รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	รับ	ไม่รับ		รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ	ไม่รับ		ไม่รับ
ซื้อจาก อื่นๆ	ศูนย์วิจัย																		
เกษตรกร						*			*										
ตัวแทน กลุ่ม						*													
ปริมาณรับ ซื้อ/วัน	30-40	-	-	-	-	30-60			20-30										
ราคา บาท/ กก	45-50	-	-	-	-	40			40										
เก็บ pl bag	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
pl bottle		*	*																*
ที่เก็บ refrig	*	*											*				*		*
freezer			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*			

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลา เก็บ	> 1 hr	> 1 hr	1 วัน	4 วัน	1-2 สัปดาห์	1 hr	2-3 วัน	1 วัน	7 วัน	30 นาที	ไม่แน่	ไม่แน่	3 วัน	30 นาที	30 นาที	1/2 วัน	1 hr		1 hr
รูปแบบ ขาย สด		*			*		*	*	*	*			*	*	*	*			*
พาส	*	*	*	*		*					*	*					*		
อื่นๆ																			
วิธีพาส หม้อต้ม		*															*		
ระบบท่อ																			
หม้อนึ่ง 2 ชั้น	*			*		*					*	*							
สถานที่ขาย บ้าน	*	*			*			*			*	*		*					*
ส่งร้านค้า		*		*													*		
ส่งตามบ้าน	*	*	*			*													
internet	*																		
อื่นๆ	รร			รร			ฟาร์ม		โรงคั่ว นม	เครือข่าย			สหกรณ์		สหกรณ์	สหกรณ์			
ราคาขาย	65/กก	10/ขวด	70/กก	70/กก	60/dd	12/120cc	40	40	42	40	25/ขวด	18/ขวด	45	80/กก	40	50	12/ขวด		40

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
รูปแบบต้องการ จำหน่าย	สด	สบู๋	ไอศกรีม	ขยาย	สบู๋		สบู๋	สบู๋		พาส	นม เปรี้ยว	ไอศกรีม	โยเก	เครื่อง		โยเก	สบู๋		พาส
	ครีม			ตลาด	เด้าฮวย			พาส			สบู๋	นม เปรี้ยว		ลำอังก		พาส	เครื่อง		
	โยเก			โยเก	ไอศกรีม							สบู๋					ลำอังก		
นมมีกลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี
ต้องการรู้การลดกลิ่น	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/
ความรู้ pd	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/
ผลิตภัณฑ์ พาสเจอร์ไรส์	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*		*		*		*
เด้าฮวย	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*		*		*		*
ไอศกรีม	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*		*		*		*		*
นมเปรี้ยว	*	*	*	*	*		*	*		*	*	*	*		*		*		*
เนยแข็ง	*	*	*	*	*		*	*		*	*		*	*	*		*		*
ฉลากและบรรจุภัณฑ์	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/
เครือข่าย+แหล่งรับซื้อ	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/
ขอ ออ.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/
ฮาลาล	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		/		/

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

การสนับสนุนจากรัฐ	OTOP	ไม่มี	อบต	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	OTOP	ไม่มี	ปศุสัตว์	ไม่มี	OTOP	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี
แผนการตั้ง plant	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	โรงงาน sterile	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี		ไม่มี		ไม่มี
ปัญหา	-	-	ขาดทุน ไม่มี แนวทาง ในการ แปรรูป	ราคา นม/ บรรจุ ภัณฑ์	แรงงาน	ทุน	ตลาด ไม่มี		นมไม่ พอ		ทุน		ทุน	ทุน					

คู่มือการใช้เครื่องลดกลิ่นสาบน้ำนมแพะ

ชุดเครื่องมือลดกลิ่นสาบประกอบด้วย (รูปที่ 1)

1. เครื่องให้ความร้อนเบื้องต้น (pre-heat) ระบบท่อ (tubular heat exchanger) ให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า ตั้งอุณหภูมิได้ ความยาวของท่อ 10 เมตร
2. กระจกสแตนเลส และหัวสเปรย์
3. ถังดักไอน้ำ
4. ปั๊มดูดอากาศ (vacuum pump) มี pumping speed 150 ลิตร/ชั่วโมง
5. ท่อต่างๆ

ชุดเครื่องมือดังกล่าวจะต่อกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์ระบบท่อ เพื่อพาสเจอร์ไรส์นมหลังการลดกลิ่นสาบ (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 ชุดเครื่องมือลดกลิ่นที่ให้ความร้อนนมด้วย tubular heat exchanger และผ่านนมเข้ากระจกที่มีหัวสเปรย์และมีท่อดูดอากาศ



รูปที่ 2 ชุดเครื่องมือทดลองเกี่ยวกับเครื่องพาสเจอร์ไรส์นมแบบ tubular heat exchanger

วิธีการใช้งาน

1. เติมน้ำ 60 ลิตร ลงในหม้อต้มทางวาล์วน้ำร้อน ให้ระดับน้ำพอดีกับคอของวาล์วน้ำเพื่อให้มีอากาศเหลือในถัง
2. เปิดสวิตช์ POWR ON
 ตัวเลขด้านบนสีแดงคืออุณหภูมิในหม้อ
 ตัวเลขด้านบนสีเขียวคืออุณหภูมิที่ตั้งไว้
 การปรับอุณหภูมิให้กดลูกศรขึ้นหรือลง
3. ปรับตั้งอุณหภูมิ 75°C รอจนอุณหภูมิของน้ำภายในถังหม้อต้มมีอุณหภูมิถึงตามที่กำหนด
4. เปิดสวิตช์ปั๊มสุญญากาศ อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านออกจากปั๊มคือ 330 ลิตร/ชั่วโมง

5. ป้อนหรือเทน้ำนมลงในถังใบบน ปรับวาล์วให้มีอัตราการไหลของน้ำนม 30 ลิตร/ชั่วโมง น้ำนมจะถูกทำให้ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิ 70°C ไหลเข้าสู่ระบบอกสแตนเลส และถูกสเปรย์ให้เป็นฝอยละเอียดภายในกระบอก พร้อมกับถูกดึงอากาศส่วน headspace ออกไปด้วยปั๊มสุญญากาศ สารประกอบกลิ่นซึ่งระเหยได้จะถูกพาออกไปกับอากาศที่ดูดออก ระหว่างการดึงอากาศออกอาจมีไอน้ำปนมาจึงจำเป็นที่จะต้องต่อท่อเข้ากล่องดักไอน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำเข้าปั๊มดูดอากาศ
6. น้ำนมที่ผ่านการลดกลิ่นแล้วไหลลงสู่ถังพักด้านล่างเพื่อปั๊มเข้าถังพาสเจอร์ไรส์ และเข้าสู่กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ตามปกติ
