

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลของวิธีการและสภาวะในการสกัดที่มีต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันมะพร้าว

4.1.1 ผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิต่อปริมาณผลผลิต

เตรียมน้ำกะทิโดยการนำมะพร้าวสดที่ปอกเปลือกแล้วปั่นแยกกากและน้ำกะทิ จากนั้นนำกากมะพร้าว มาคั้นด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอีกครั้ง นำน้ำกะทิทั้งสองส่วนผสมกันสำหรับใช้ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางธรรมชาติร่วมกับการหมุนเหวี่ยงและวิธีทางชีวภาพ โดยขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาปริมาณเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดโดยใช้เชื้อ

Lactobacillus plantarum ที่ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อต่างๆ กัน

ปริมาณเชื้อ	ร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว ^{ns}
1.5×10^4	11.87±1.76
1.5×10^5	12.14±1.56
1.5×10^6	13.28±2.15

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4-1 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* จาก 1.5×10^4 ไปเป็น 1.5×10^6 ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อปริมาณของเชื้อเพิ่มขึ้นอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในน้ำกะทิให้กลายเป็นกรดแลคติกจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งกรดแลคติกจะทำลายเยื่อเมมเบรนที่หุ้มเม็ดไขมันให้แตกออกทำให้น้ำมันรวมตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ และถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น (Tadros and Vincent, 1983) ดังนั้นเมื่อมีปริมาณกรดแลคติกมากขึ้น ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้จึงมากขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว พบว่า ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกปริมาณความเข้มข้นของเชื้อ 1.5×10^6 ที่ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวสูงที่สุด เป็นปริมาณเริ่มต้นสำหรับการสกัดน้ำมันมะพร้าวในการทดลองขั้นต่อไป

ในขั้นที่สองเป็นการหาปริมาณร้อยละของเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่ปริมาณความเข้มข้นเริ่มต้น 1.5×10^6 ที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพ โดยนำเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่ปริมาณความเข้มข้นเริ่มต้น 1.5×10^6 เติมลงในน้ำกะทิในปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5 ต่อปริมาณน้ำกะทิ 100 กรัม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้นเริ่มต้น 1.5×10^6 ปริมาณร้อยละ 1 3 และ 5

ปริมาณร้อยละของเชื้อ	ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว
1	13.61 ^b ±1.19
3	15.89 ^a ±0.93
5	14.92 ^a ±0.86

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-2 พบว่า การเติมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ในปริมาณร้อยละ 3 และ 5 ต่อปริมาณน้ำกะทิ 100 กรัม ช่วยให้สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวออกมาได้ปริมาณมากกว่าการใช้เชื้อร้อยละ 1 เนื่องจากปริมาณเชื้อที่มากขึ้นจะทำให้มีการผลิตกรดแลคติก ออกมาได้ปริมาณมากเช่นกัน ส่งผลให้กระบวนการแยกชั้นของน้ำมันเกิดขึ้นได้รวดเร็วและมีปริมาณมากขึ้นด้วย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Che Man et al. (1997) ที่ศึกษาการใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum* เพื่อช่วยในการสกัดน้ำมันมะพร้าว โดยแปรปริมาณเชื้อที่ใช้เป็นร้อยละ 0 1 3 และ 5 ใช้เวลาในการหมัก 2-10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อปริมาณเพิ่มขึ้นสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากขึ้นโดยการใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 5 เวลาในการหมัก 10 ชั่วโมงให้ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้สูงที่สุด มีปริมาณผลได้ร้อยละ 95.06 ของปริมาณน้ำกะทิที่ใช้ในการสกัด ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองจึงเลือกปริมาณเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 1.5×10^6 เติมลงในกะทิในปริมาณร้อยละ 3 ต่อปริมาณน้ำกะทิ 100 กรัมสำหรับการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการทางชีวภาพต่อไป

จากนั้นทำการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ โดยแปรวิธีการในการสกัดเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีทางธรรมชาติ วิธีทางธรรมชาติร่วมกับการหมუნเหวียง และวิธีทางชีวภาพ เปรียบเทียบปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ปริมาณร้อยละของผลผลิต (% yield) น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัด	ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว
ทางธรรมชาติ	10.48 ^c ±0.33
ทางธรรมชาติร่วมกับการหมუნเหวียง	12.45 ^b ±0.33
ทางชีวภาพ	15.66 ^a ±0.71

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4-3 พบว่า การสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพได้ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทางธรรมชาติ และวิธีทางธรรมชาติร่วมกับการหมუნเหวียง เนื่องจากเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ที่เติมลงในกะทิจะเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในน้ำกะทิให้กลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกจะเป็นตัวกลางที่ทำลายแผ่นเยื่อเมมเบรนที่อยู่รอบๆ เม็ดน้ำมัน ทำให้เม็ดน้ำมันสามารถรวมตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ และเกิดเป็นชั้นน้ำมันแยกออกมา (Tadros and Vincent, 1983) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ นันทวัน จันทรวลัยพร และเศรษฐีพร ม่วงสุนทร (2548) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีปริมาณและคุณภาพสูง โดยได้ทดลองหมักน้ำกะทิด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. และเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้กับวิธีการหมักทางธรรมชาติและแบบเคี่ยวด้วยความร้อน ผลการทดลองพบว่า วิธีการหมักทางชีวภาพ คือ การใช้เชื้อ *Lactobacillus* spp. สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวออกมาได้ปริมาณมากกว่าการหมักด้วยวิธีธรรมชาติ แต่น้อยกว่าการสกัดด้วยวิธีการเคี่ยวด้วยความร้อน ส่วนคุณภาพทางเคมี และปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดทั้ง 3 วิธีไม่แตกต่างกัน

ส่วนวิธีทางธรรมชาติร่วมกับการหมუნเหวียงให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวในปริมาณรองลงมา โดยการหมუნเหวียงจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้ของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันแยกตัวออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบนสุดเป็นน้ำมัน ชั้นกลางเป็นอิมัลชันที่ยังไม่แตกตัว ประกอบด้วยเม็ดน้ำมันที่อัดตัวกันแน่น และชั้นล่างสุดเป็นน้ำ เม็ดน้ำมันในชั้นกลางจะเบียดกัน

แน่นและในที่สุดก็แตกออกรวมตัวกันเป็นชั้นน้ำมัน (Shermen, 1963) การสกัดน้ำมันด้วยวิธีนี้จึงสามารถเพิ่มปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทางธรรมชาติที่สกัดน้ำมันได้ปริมาณต่ำที่สุด ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ ธนินทร์ ตัณฑกุล (2549) ที่ได้ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ โดยพบว่า กะทิกั้นสดปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 3.9 สามารถแยกน้ำมันมะพร้าวออกมาได้ดีที่สุด เมื่อใช้ความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยง 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที โดยได้น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 93.07 ของปริมาณน้ำกะทิที่ใช้ในการสกัด เช่นเดียวกับ รัชชชัย รูปแก้ว, สงบทิพย์ พงศ์สถาปดี และธราพงษ์ วิทิตสานต์ (2550) ที่ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากกะทิ โดยพบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ การแช่กะทิที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบ ต่อนาที เวลาในการปั่นเหวี่ยง 1 ชั่วโมง จะสามารถแยกน้ำกะทิได้ 4 เฟส คือ น้ำมันมะพร้าว ครีม น้ำ และกาก โดยเป็นส่วนของน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 31.51 ของกะทิทั้งหมดที่ใช้ในการปั่นเหวี่ยง ส่วน Hagenmaier, Cater and Mattil (1973) ได้ศึกษาการเหวี่ยงแยกน้ำกะทิ โดยปั่นเหวี่ยงแยกเป็นหัวกะทิกับหางกะทิ แล้วใช้น้ำมันมะพร้าวอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเติมลงไปในอัตราส่วนกะทิต่อน้ำมันมะพร้าว 1:5 แล้วปั่นเหวี่ยงซ้ำ น้ำมันมะพร้าวอุณหภูมิสูงจะไปทำลายอิมัลชันในน้ำกะทิ ทำให้เมื่อปั่นเหวี่ยงครั้งที่ 2 จึงสามารถสกัดแยกน้ำมันมะพร้าวออกมาได้ร้อยละ 95 ของน้ำมันทั้งหมดในน้ำกะทิ และ Gunetileke and Laurentius (1974) ได้ศึกษาการหาสภาวะการแยกน้ำมันและโปรตีน โดยนำน้ำกะทิบรรจุในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร และ นำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกที่ 2000x g เป็นเวลา 0 2 และ 5 นาที นำไปแช่เย็นที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นปรับอุณหภูมิกลับมาที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ถ้าไม่มีการเหวี่ยงน้ำกะทีก่อนแช่เย็น จะไม่สามารถแยกน้ำมันออกได้ ถ้าใช้เวลาเหวี่ยงแยก 2 นาที สามารถแยกน้ำมันออกได้เพียงครึ่งเดียว และถ้าใช้เวลาในการเหวี่ยงแยก 5 นาที จะสามารถแยกน้ำมันออกได้อย่างสมบูรณ์ การแยกของน้ำมันเกิดได้เนื่องจากภายหลังการเหวี่ยงแยก เม็ดไขมันจะเรียงตัวอัดกันแน่นขึ้นและมีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น เมื่อนำไปแช่เย็นและทำการละลายไขมันที่หลอมละลายสามารถรวมตัวกันเป็นชั้นน้ำมันแยกตัวออกมาได้โดยง่าย

จากผลการทดลองในตาราง 4-3 จึงเลือกวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวชูด เพื่อคัดเลือกวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมต่อไป



4.1.2 ศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวชูดต่อปริมาณผลผลิต

จากการค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวชูดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู พบว่า ปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของน้ำมันมะพร้าว ดังนั้นในขั้นตอนแรก จึงเป็นการศึกษาผลของปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดที่มีต่อการสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู โดยนำเนื้อมะพร้าวชูดมาอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ได้ปริมาณความชื้นร้อยละ 15 20 และ 25 (ดัดแปลงมาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2548) จากนั้นนำไปสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลของปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวชูดที่มีต่อปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว
15	14.43 ^a ± 0.74
20	12.05 ^a ± 3.32
25	3.91 ^b ± 0.74

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 15 และ 20 ให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 25 ให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวน้อยที่สุดและแตกต่างจากที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 15 และ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้จากการที่เนื้อมะพร้าวชูดที่มีปริมาณความชื้นสูงทำให้ได้ร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ต่ำลงเนื่องจากน้ำมันที่ได้จากการสกัดมีน้ำปนอยู่ในปริมาณมาก (Mpagalile et al., 2007) และแม้ว่าที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 15 และ 20 จะให้ปริมาณผลผลิตที่ไม่แตกต่างกันแต่ที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 15 สามารถบีบอัดน้ำมันออกมาได้ง่ายกว่า ในขณะที่เนื้อมะพร้าวชูดที่มีปริมาณความชื้น ร้อยละ 20 ขณะบีบอัดน้ำมันพบว่าจะมีคริมกะทิ (ลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด มีสีขาวขุ่น และสามารถละลายน้ำได้) ซึ่งขัดขวางการทำงานของเครื่องบีบอัดแบบสกรูทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดต่ำลงสอดคล้องกับรายงานของ อาชัย พิทยภาคย์ (มปป.) รายงานว่าเนื้อมะพร้าวก่อนเข้าเครื่องบีบอัดแบบสกรูจะต้องตรวจดูความชื้นให้มี

ความชื้นที่เหมาะสม เพราะถ้ามีปริมาณความชื้นสูงมากเกินไปจะทำให้อัตราส่วนของน้ำมันต่ำลง ในขณะที่ความชื้นต่ำมากเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนสะสมและเกิดการไหม้ของกากเนื้อมะพร้าวในส่วนของช่องบีบซึ่งส่งผลให้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้มีสีเหลืองและมีกลิ่นไหม้ ดังนั้นจึงเลือกปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวครู่ยละเอียด 15 ไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์ Viscozyme L ที่มีผลต่อปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู โดยนำเนื้อมะพร้าวชุดที่มีความชื้นร้อยละ 50 มาเติมเอนไซม์ Viscozyme L แปรความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักมะพร้าว บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Sant' Anna et al., 2003) เมื่อครบเวลานำไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ได้ความชื้นร้อยละ 15 จากนั้นนำไปบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลของปริมาณเอนไซม์ Viscozyme L ที่มีต่อร้อยละของปริมาณผลผลิตของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้

ปริมาณเอนไซม์ (ร้อยละโดยน้ำหนักมะพร้าว)	ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว
0	13.69 ^b ± 0.74
0.4	16.66 ^a ± 1.19
0.6	17.27 ^a ± 0.38
0.8	17.32 ^a ± 0.79

^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-5 พบว่าปริมาณของเอนไซม์ Viscozyme L ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักมะพร้าวให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรูมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) แต่มีปริมาณร้อยละผลผลิตมากกว่าการสกัดโดยไม่ใช้เอนไซม์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05) ดังนั้นจึงเลือกการใช้เอนไซม์เข้ามาช่วยในการเพิ่มร้อยละของปริมาณผลผลิตของการสกัดน้ำมันมะพร้าว เนื่องจากการใช้เอนไซม์จะช่วยในการย่อยเนื้อเยื่อมะพร้าวก่อนที่จะนำมาบีบอัดน้ำมันจึงทำให้ได้ปริมาณร้อยละของ

ผลผลิตน้ำมันมะพร้าวมากกว่าการไม่ใช้เอนไซม์ อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้การใช้เอนไซม์ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักเนื้อมะพร้าว บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ไม่มีผลต่อร้อยละของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ดังเห็นได้จากผลการทดลอง ถึงแม้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณความเข้มข้นของสับสเตรต อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ซึ่งทำให้ร้อยละของน้ำมันที่สกัดได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเอนไซม์จะมีความจำเพาะต่อสับสเตรตสูงมาก เช่น เอนไซม์ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตจะไม่สามารถย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนหรือพันธะเอสเทอร์ในลิปิดได้ ความจำเพาะของเอนไซม์ที่มีต่อสับสเตรตเช่นนี้สามารถที่จะบ่งบอกได้ว่าสับสเตรตจะต้องมีโครงสร้างที่เหมาะสมสอดคล้องพอดีกับเอนไซม์เหมือนลักษณะทางกายภาพคีย์ล็อกกุญแจ (สับสเตรต) กับแม่กุญแจ (เอนไซม์) หรือสามารถชักนำให้เกิดการรวมตัวขึ้นได้ (Lock and key fit) และสามารถเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไม่เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ทั้งนี้เอนไซม์จะต้องจับกับสับสเตรตก่อนจึงจะเกิดการเร่งได้เป็นผลิตภัณฑ์ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549) และประกอบกับการพิจารณาถึงต้นทุนการใช้เอนไซม์จึงเลือกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักมะพร้าว เพราะใช้ต้นทุนเพียง 259 บาทต่อมะพร้าว 1 กิโลกรัม ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 และ 0.8 โดยน้ำหนักมะพร้าว ใช้ต้นทุนถึง 352-457 บาทต่อมะพร้าว 1 กิโลกรัม

4.3 ศึกษาคุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าว

นำน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางชีวภาพ วิธีการบีบอัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู และวิธีการใช้เครื่องบีบอัดแบบสกรูร่วมกับใช้เอนไซม์มาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-6 และ 4-7

ตารางที่ 4-6 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติและวิธีทางชีวภาพ

คุณสมบัติ	ค่าที่วิเคราะห์	น้ำมันมะพร้าว	
		วิธีทางธรรมชาติ	วิธีทางชีวภาพ
คุณสมบัติทางกายภาพ	L*	66.99±0.01	66.84±0.01
	สี		
	a*	-0.34±0.03	-0.35±0.02
	b*	1.61±0.01	1.84±0.03
	ความแว้งจำเพาะ	0.85±0.04	0.91±0.00
	ความหนืด (เซนติพอยท์)	49.26±0.05	50.99±0.08
	refractive index	1.45±0.00	1.45±0.00
คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.15±0.01	0.14±0.01
	peroxide value (มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม)	0.59±0.00	0.94±0.03
	acid value (มิลลิกรัมต่อกรัม)	0.38±0.00	0.38±0.00
	iodine value (มิลลิกรัมต่อกรัม)	7.88±0.05	8.01±0.08
	saponification number (มิลลิกรัมต่อกรัม)	260.47±3.00	259.96±2.35

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-6 พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติและวิธีทางชีวภาพมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความแว้งจำเพาะ ค่าความหนืด refractive index ค่าความชื้น peroxide value, acid value, iodine value และ saponification number ที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า acid value และ peroxide value ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดทั้งสองตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำมันมะพร้าว ซึ่งมี acid value ไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อกรัมและ peroxide value ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4-7 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู โดยไม่ใช้เอนไซม์และใช้เอนไซม์

คุณสมบัติ	ค่าที่วิเคราะห์	น้ำมันมะพร้าว	
		ไม่ใช้เอนไซม์ (ตัวอย่างควบคุม)	เอนไซม์
คุณสมบัติทางกายภาพ	L*	75.72 ± 0.02	75.61 ± 0.10
	สี		
	a*	-0.71 ± 0.02	-0.78 ± 0.04
	b*	2.71 ± 0.02	2.72 ± 0.03
	ความถ่วงจำเพาะ (กรัมต่อมิลลิลิตร)	0.89 ± 0.02	0.93 ± 0.01
	ความหนืด (เซนติพอยท์)	47.12 ± 0.05	45.66 ± 0.10
	refractive index	1.45 ± 0.05	1.45 ± 0.04
คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.18 ± 0.01	0.17 ± 0.02
	peroxide value (มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม)	0.67 ± 0.03	0.59 ± 0.01
	acid value (มิลลิกรัมต่อกรัม)	0.38 ± 0.01	0.38 ± 0.01
	iodine value (มิลลิกรัมต่อกรัม)	8.56 ± 0.07	8.93 ± 0.40
	saponification number (มิลลิกรัมต่อกรัม)	257 ± 0.05	258 ± 0.01

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-7 พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยไม่ใช้และใช้เอนไซม์ Viscozyme L ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักมะพร้าวมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ค่าความถ่วงจำเพาะ refractive index ค่าความชื้น peroxide value acid value iodine value และ saponification number ที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า acid value และ peroxide

value ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดทั้งสองตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำมันมะพร้าว ซึ่งมี acid value ไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อกรัมและ peroxide value ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัม แต่ค่าความหนืดค่อนข้างต่างกัน ซึ่งตัวอย่างน้ำมันที่ใช้เอนไซม์มีค่าความหนืดเท่ากับ 45.66 ± 0.10 เซนติพอยท์ แต่น้อยกว่าตัวอย่างน้ำมันที่ไม่ใช้เอนไซม์ที่มีค่าเท่ากับ 47.12 ± 0.05 เซนติพอยท์ เนื่องจากเอนไซม์ Viscozyme L เป็นเอนไซม์จำพวกย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะเข้าไปย่อยสลายผนังเซลล์ของเนื้อมะพร้าวที่ประกอบไปด้วยฟอสโฟลิปิดที่มักพบเป็นสารประกอบเชิงซ้อนรวมอยู่กับคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์พืช นอกจากนี้แล้วน้ำมันที่สกัดได้โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิดอยู่และจะรวมตัวกับโพลาร์ลิปิดอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเรียกว่า กัม ซึ่งจะทำให้น้ำมันที่ได้มีลักษณะขุ่นหนืด (นิธิยารัตนปนนท์, 2549) ดังนั้นเมื่อคาร์โบไฮเดรตที่เกาะอยู่กับฟอสโฟลิปิดถูกย่อยสลายไปจึงส่งผลให้น้ำมันมีค่าความหนืดลดลง และจากการที่คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างกันนั้น สอดคล้องกับรายงานของ McGlone et al. (1986) ที่ได้ศึกษาคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้เอนไซม์ผสมระหว่าง Cellulase Hemicellulase Polygalacturonase และ Protease เปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันมะพร้าวของเม็กซิโกพบว่าคุณภาพที่ได้ไม่แตกต่างกัน และ Kim and Yoon (1990) รายงาน peroxide value acid value iodine value และ saponification number ของน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดโดยใช้เอนไซม์เปรียบเทียบกับน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดด้วยเฮกเซนพบว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากน้ำกะทิและเนื้อมะพร้าวชุดในตารางที่ 4-6 และ 4-7 พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวชุดโดยใช้เครื่องบีบอัดแบบสกรูร่วมกับการใช้เอนไซม์มีค่าสีสูงกว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากน้ำกะทิ โดยเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวชุดมีความขุ่นมากกว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากน้ำกะทิ นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวชุดร่วมกับการใช้เอนไซม์ยังมีความหนืดต่ำกว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากน้ำกะทิ ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยของเอนไซม์ ดังที่อธิบายไว้ข้างต้น ส่วนคุณภาพด้านอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันและใช้สำหรับการผลิตเพื่อทำงานวิจัยในขั้นตอนต่อไป ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการพิจารณาจากปริมาณผลผลิต และราคาต้นทุนของการผลิต เพื่อคัดเลือกวิธีการที่มีความเป็นไปได้ต่อการผลิต คือ ให้ปริมาณผลผลิตสูงและต้นทุนในการผลิตต่ำ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในขั้นต่อไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว ราคาต้นทุนการผลิต และความยากง่ายของกระบวนการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีทางชีวภาพ และการใช้เอนไซม์ร่วมกับเครื่องบีบอัดแบบสกรู

วิธีสกัด	ระยะเวลาในการสกัด (ชั่วโมง)	ปริมาณร้อยละของผลผลิต	ราคาวัตถุดิบ/กิโลกรัม			ความซับซ้อนของกระบวนการ
			เนื้อมะพร้าว (บาท)	เชื้อจุลินทรีย์/เอนไซม์ (บาท)	รวม (บาท)	
วิธีทางชีวภาพ	96	15.66	40	37*	77	+++
สกรู + เอนไซม์ ร้อยละ 0.4	3	16.66	35	224	259	+++
หมายเหตุ	*เชื้อบริสุทธิ์ราคา 742 บาท ใช้ได้ประมาณ 20 ครั้ง					
+	หมายถึง	ยุ่งยากน้อย				
++	หมายถึง	ยุ่งยากปานกลาง				
+++	หมายถึง	ยุ่งยากมาก				



จากตารางที่ 4-8 เมื่อพิจารณาปริมาณร้อยละของผลผลิตน้ำมันมะพร้าว วิธีการสกัดทั้ง 2 วิธีให้ผลใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับของความซับซ้อนของกระบวนการก็เท่าๆกัน แต่วิธีทางชีวภาพใช้ระยะเวลาในการสกัดนานกว่า เพราะต้องมีขั้นตอนในการเตรียมเชื้อเพิ่มขึ้นมาซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 2 วัน ก่อนที่จะนำมาใช้ในการหมักเพื่อสกัดน้ำมันมะพร้าว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในด้านต้นทุนของการผลิตแล้ว การหมักด้วยวิธีทางชีวภาพใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำกว่า วิธีการสกัดด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรูร่วมกับการใช้เอนไซม์ถึง 3 เท่า ดังนั้น จึงเลือกวิธีทางชีวภาพในการสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวต่อไป

เมื่อนำน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางชีวภาพ และวิธีการเคี้ยวด้วยความร้อนมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางชีวภาพ และวิธีการเคี้ยวด้วยความร้อน

Fatty acid	วิธีทางธรรมชาติ (g/100 g)	วิธีทางชีวภาพ (g/100 g)	วิธีการเคี้ยวด้วยความร้อน (g/100 g)	Philippine National standard (g/100 g)
Saturated fat	93.48	93.87	92.68	
Unsaturatedfat	6.52	6.13	7.32	
Monounsaturated fat	6.52	6.13	7.32	
Caproic acid (C6:0)	0.37	0.37	0.40	ND-0.7
Caprylic acid (C8:0)	6.27	6.59	6.39	4.6-10.0
Capric acid (C10:0)	5.43	5.64	5.32	5.0-8.0
Lauric acid (C12:0)	49.27	50.01	49.20	45.1-53.2
Myristic acid (C14:0)	19.55	19.26	19.18	16.8-21
Palmitic acid (C16:0)	9.20	8.74	9.13	7.5-10.2
Stearic acid (C18:0)	3.39	3.26	3.05	2.0-4.0
Oleic acid (C18:1n9c)	5.72	5.36	6.20	5.0-10.0
Linoleic acid	0.80	0.77	1.13	1.0-2.5

ND means non-detectable

จากตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางชีวภาพและการเคี้ยวด้วยความร้อน พบว่า น้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากวิธีการสกัดน้ำมันทั้ง 3 วิธีมีชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกันและมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยชนิดของกรดไขมันที่พบมากที่สุดคือน้ำมันมะพร้าวคือ lauric acid ที่มีปริมาณ 49-50 กรัม/100กรัม รองลงมาคือ myristic acid ที่มีปริมาณ 19-20 กรัม/100กรัม ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Marina, Che Man, and Amin (2009) ที่ศึกษาปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่

สกัดด้วยวิธีบีบเย็นเปรียบเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีบีบร้อน ซึ่งพบว่า กรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดจากทั้ง 2 วิธีมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเป็น medium chain fatty acid (C8-C14) มากกว่าร้อยละ 75 กรดไขมันชนิดที่พบมากที่สุด คือ lauric acid มีปริมาณร้อยละ 46-48 รองลงมา คือ myristic acid ปริมาณร้อยละ 17-19 และยังคงคล้องกับงานวิจัยของ นันทวลัย จันทรวลัยพร และเศรษฐิพร ม่วงสุนทร (2548) ที่พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติ วิธีทางชีวภาพ และการสกัดด้วยการเชื่อมด้วยความร้อน มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวทั้ง 3 ตัวอย่างกับ Philippine National Standard พบว่า ปริมาณของกรดไขมันอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ยกเว้นปริมาณ Linoleic acid ของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางธรรมชาติและวิธีทางชีวภาพที่มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย

เมื่อนำน้ำมันมะพร้าวแบบบีบเย็นที่สกัดได้มาวิเคราะห์ความหืนด้วยวิธี TBA Test เปรียบเทียบผลกับน้ำมันปาล์มทางการค้าและน้ำมันหมู ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ค่า TBA ของน้ำมันมะพร้าวบีบเย็น น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหมู

ตัวอย่างน้ำมัน	ค่า TBA (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง)
น้ำมันมะพร้าวบีบเย็น	0.028 ± 0.003
น้ำมันปาล์ม	0.012 ± 0.004
น้ำมันหมู	0.035 ± 0.004

ค่า TBA เป็นค่าที่บ่งบอกความหืนของผลิตภัณฑ์ได้ โดยเมื่อไขมันถูกออกซิไดซ์ทำให้เกิดมาโลนัลดีไฮด์ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกจะเกิดสารประกอบสีแดง โดยผู้บริโภคจะสามารถรับรู้ถึงกลิ่นหืนได้เมื่อค่า TBA มากกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง (Tanikawa, 1985) โดยผลการทดสอบในตารางที่ 4-10 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันที่นำมาทดสอบทุกตัวอย่างยังคงมีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นหืน คือ มีค่า TBA ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง