

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชตระกูลปาล์มชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. สามารถแบ่งมะพร้าวได้เป็น 2 ประเภท คือ มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงและมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย ซึ่งมีขนาดรูปร่างและสีของต้นมะพร้าวแตกต่างกัน (ณรงค์ โฉมเฉลา, 2548) โดยที่มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงมีผลโต เนื้อหนา ปริมาณเนื้อมากใช้เนื่องจากผลแก่ไปประกอบอาหาร ทำมะพร้าวแห้งสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว ส่วนมะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยจะมีผลขนาดเล็ก เมื่อผลแก่มีเนื้อบางและน้อย แต่เนื้อมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่น นิยมปลูกไว้เพื่อรับประทานผลอ่อน (สุภาวดี ภัทรโกศล, 2542; ณรงค์ โฉมเฉลา, 2548; ชรา วิริยะพานิช, 2548)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุภาวดี ภัทรโกศล, 2542)

ผล (Fruit) ผลมะพร้าวเกิดเป็นช่อเรียกว่า ทะลาย (Bunch) มีเยื่อหุ้มผล (Pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

1. Exocarp คือ เปลือกชั้นนอกสุดของผลมะพร้าวประกอบด้วยเส้นใยที่เหนียวและแข็ง มีผิวเรียบ สีเปลือกอยู่ในช่วงสีเขียวถึงสีน้ำตาลแดงเมื่อมะพร้าวแก่เปลือกจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลเทา

2. Mesocarp คือ เปลือกชั้นกลาง เรียกว่ากาบมะพร้าว (Husk) ประกอบด้วยส่วนของเนื้อเยื่อทั้งหมดได้เปลือกชั้นนอกจนถึงกะลา มีความหนาประมาณ 2 เซนติเมตร

3. Endocarp คือ เปลือกชั้นใน เป็นส่วนของกะลามะพร้าว (Shell) ซึ่งตรงส่วนบริเวณขั้วของผลจะมีตา 3 ตา ซึ่งแต่ละตาจะอยู่ระหว่างเส้นแบ่งกะลาเป็น 3 ส่วน เป็นตาแข็งหรือตาบอด 2 ตา ส่วนอีกตาเป็นตาน้ำ มีขนาดใหญ่ และอยู่ตรงส่วนที่กว้างที่สุดของกะลา โดยมีคัพภะ (Embryo) แทรกตัวอยู่ตรงตาน้ำ เมื่อดันอ่อนงอกจะแทงทะลุตาน้ำนี้ออกมาแล้วเจริญเป็นต้นใหม่ต่อไป

เมล็ด (Seed) ส่วนของเมล็ด คือ ส่วนของผลทั้งหมดที่อยู่ในกะลา ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed Coat หรือ Testa) ซึ่งเป็นแผ่นบางสีน้ำตาลไปจนถึงเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) ผลมะพร้าวมีเอนโดสเปิร์มอยู่ 2 ชนิด คือ เนื้อมะพร้าว (Solid Endosperm) และน้ำมะพร้าว (Liquid Endosperm) เมื่อผลแก่เยื่อหุ้มเมล็ดจะติดแน่นกับเนื้อ

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงของผลมะพร้าวระหว่างการเจริญเติบโต

มะพร้าวเป็นพืชพวก Monoecious คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกันแต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน โดยการบานของดอกตัวผู้และดอกตัวเมียของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงจะบานไม่ตรงกัน ดังนั้นการผสมเกสรจึงเป็นการผสมข้ามโดยใช้เกสรจากต้นอื่นประมาณ 2 สัปดาห์หลังการผสมเกสรแล้วจะสังเกตเห็นรูปร่างของผลมะพร้าวที่เจริญมาจากรังไข่ของดอกตัวเมียอย่างช้า ๆ ประมาณ 4 เดือนเปลือกและกลาจะเริ่มมีความหนามากขึ้น ประมาณ 6 เดือน ผลมะพร้าวมีขนาดโตเต็มที่เริ่มมีเนื้อมะพร้าวเป็นชั้นบาง ๆ โดยเนื้อมะพร้าวจะถูกสร้างขึ้นจากด้านที่อยู่ตรงข้ามก้านผลและขยายออกไปบริเวณรอบ ๆ ภายในผล โดยในช่วงแรกเนื้อมะพร้าวจะบางและมีลักษณะเป็นวุ้น ประมาณ 8 เดือนจะสังเกตเห็นเนื้อมะพร้าวสีขาว มีความอ่อนนุ่ม ต่อมาจะมีความหนาและความแข็งเพิ่มขึ้น กลาเริ่มมีความแข็งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลประมาณ 10 เดือน เนื้อมะพร้าวจะมีความแข็งมากขึ้นแต่ยังคงมีสีขาว มีเชื้อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอยู่ด้านนอกโดยรอบและติดกับกลาเนื้อมะพร้าวที่มีอายุมากขึ้นจะมีกรดไขมันสายสั้น (Short-Chain Fatty Acid) เพิ่มขึ้นและมีกรดไขมันสายยาว (Long-Chain Fatty Acid) ลดลงประมาณ 11-13 เดือน มะพร้าวจะแก่เต็มที่โดยระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของผลมะพร้าวระหว่างการเจริญเติบโตขึ้นกับสภาพภูมิอากาศที่เพาะปลูก ตลอดช่วงที่ผลมะพร้าวเริ่มแก่จนกระทั่งแก่เต็มที่น้ำหนักของผลมะพร้าวจะลดลง เนื่องจากเปลือกเริ่มแห้งและเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแดง รวมทั้งน้ำมะพร้าวมีปริมาตรลดลง (รัชนี จิตวานิช, 2532 ; Salunkhe and Kadam, 1995 ; Santoso et al., 1996) ผลมะพร้าวจัดเป็น Non-Climacteric Fruit ซึ่งเป็นกลุ่มของผลไม้ที่อัตราการหายใจไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างที่ผลไม้สุก โดยผลจะสุกอยู่กับต้นสังเคราะห์เอทิลินได้น้อย และอัตราการหายใจแบบ Non-Climacteric จะลดลงตลอดเวลาหลังการเก็บเกี่ยว (คณัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนานพนนท์, 2548)

2.1.3 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำและเนื้อมะพร้าว

ผลมะพร้าวประกอบด้วยส่วนที่บริโภคได้ร้อยละ 72 ในเนื้อมะพร้าวสดจะมีไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงและมีโปรตีนปานกลาง โดยคุณค่าทางโภชนาการของมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่ แสดงดังตารางที่ 2-1 เมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้นนอกจากเนื้อมะพร้าวจะมีความหนามากขึ้น และมีปริมาตรน้ำมะพร้าวลดลงแล้ว คุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ของเนื้อและน้ำมะพร้าวยังเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้ น้ำมะพร้าวมีปริมาณความชื้นและโปรตีนมีค่ามากขึ้น ขณะที่ปริมาณไขมันคาร์โบไฮเดรตลดลง เนื่องจากระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของน้ำมะพร้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 8 เดือน หลังจากนั้นจึงมีปริมาณลดลง ส่วนเนื้อมะพร้าวพบว่า เนื้อมะพร้าวมีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่มีความชื้นและใยอาหารลดลง เมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้น (กองโภชนาการ, 2532; Gatchalian, Leon and Yano, 1994)

ตารางที่ 2-1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่
(กองโภชนาการ, 2532)

วัตถุดิบ	ความชื้น	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	ใยอาหาร	โปรตีน	เถ้า
น้ำมะพร้าวอ่อน	94.40	0.40	4.50	0.00	0.20	-
น้ำมะพร้าวแก่	96.40	0.00	2.10	0.00	1.00	-
เนื้อมะพร้าวอ่อน	83.10	2.00	7.70	4.50	1.60	1.10
เนื้อมะพร้าวแก่	51.70	28.20	16.00	3.00	3.20	-

หมายเหตุ: หน่วย หมายถึง ร้อยละของน้ำหนักเปียก

- หมายถึง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร

น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส เป็นน้ำตาลที่พบมากที่สุดคือน้ำมะพร้าวอ่อน โดยมีปริมาณร้อยละ 44.90 และ 43.90 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ขณะที่พบน้ำตาลซูโครสเพียงร้อยละ 1.02 ของน้ำหนักแห้ง (Santoso et al., 1996) สำหรับคาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร (Dietary Fiber) ของเนื้อมะพร้าวประกอบด้วยกาแลคโตแมนแนน (Galactomannan) และเซลลูโลส (Cellulose) ในทุกช่วงอายุ แต่ไม่พบแมนแนน (Mannan) ในมะพร้าวอ่อนซึ่งแมนแนนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้กาแลคโตแมนแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์หลักที่มีปริมาณมากถึงร้อยละ 61 ของปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ทั้งหมดในเนื้อมะพร้าวแก่ รองลงมาคือแมนแนนและเซลลูโลสซึ่งมีปริมาณร้อยละ 26 และ 13 ตามลำดับ ซึ่งกาแลคโตแมนแนนและเซลลูโลสเป็นสารที่ใช้สร้างเป็นผนังเซลล์ชั้นแรกของเนื้อมะพร้าว ขณะที่แมนแนนจะถูกสะสมเป็นความหนาของเนื้อมะพร้าวต่อไป องค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ของผนังเซลล์ของเนื้อมะพร้าว ประกอบด้วยเพคติน (ประกอบด้วยฟรุกโตส กลูโคส แมนโนสและไซโลส) เฮมิเซลลูโลส (ประกอบด้วยอะราบินโนส กาแลคโตสและกลูโคส) และแอลฟา-เซลลูโลส (ประกอบด้วยกลูโคส) (พิมลพรรณ ปุชกะวิมล, 2543) สำหรับพอลิแซ็กคาไรด์ของเนื้อมะพร้าวอ่อนประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักและมีเฮมิเซลลูโลสและลิกนินเพียงเล็กน้อย ขณะที่เนื้อมะพร้าวแก่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 6.7-7.1 ของน้ำหนักแห้ง (Santoso et al., 1996)

โปรตีน

การสังเคราะห์โปรตีนของเนื้อมะพร้าว เริ่มจากบริเวณส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นส่วนแรก ดังนั้น เนื้อมะพร้าวส่วนที่สัมผัสน้ำมะพร้าวจึงมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าเนื้อมะพร้าวส่วนที่ติดกับกะลา นอกจากนี้ยังพบว่า เปลือกหุ้มเมล็ดและน้ำมะพร้าวมีปริมาณโปรตีนต่ำ โปรตีนในเนื้อมะพร้าวเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมีกรดอะมิโนไลซีน เมทไทโอนีนและทริปโตเฟนซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณค่อนข้างสูง (Woodroof, 1990)

Santoso et al. (1996) วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดอะมิโนในเนื้อมะพร้าว พบว่า ในเนื้อมะพร้าวอ่อนประกอบด้วยกรดอะมิโนไลซีน แอสพาติกและอะลานีนในปริมาณสูง คือ 4.72 1.60 และ 1.13 มิลลิกรัมต่อกรัม และในเนื้อมะพร้าวแก่ประกอบด้วยกรดอะมิโนอะลานีน กลูตามิกและไลซีนในปริมาณสูง และมีกรดอะมิโนหลายชนิดที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ อะลานีน เซอรีน และอาร์จินีน

Jayalekshmy and Mathew (1990) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อมะพร้าวอบแห้ง พบว่า ในเนื้อมะพร้าวอบแห้งมีโปรตีนร้อยละ 8.54 และวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน โดยการไฮโครไลซ์โปรตีนในเนื้อมะพร้าวอบแห้ง พบว่า ในเนื้อมะพร้าวอบแห้งประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิดและมีประมาณกรดอะมิโนทั้งหมด 7,416 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยมีปริมาณกรดกลูตามิกมากที่สุด รองลงมาคือ อาร์จินีนและกรดแอสพาร์ติก ตามลำดับ (1,460 1,049 และ 771 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ) สำหรับการวิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระของเนื้อมะพร้าวอบแห้งเพื่อชี้แจงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด พบว่า มีปริมาณกรดอะมิโนอิสระในเนื้อมะพร้าวอบแห้งทั้งหมด 236.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยมีปริมาณทริปโตเฟนมากที่สุด รองลงมาคือ กรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติก ตามลำดับ (74.0 38.05 และ 30.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ)

ไขมัน

เนื้อมะพร้าวแก่มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 34-45 โดยปริมาณไขมันจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในเนื้อมะพร้าว ระยะการเติบโตและพันธุ์มะพร้าว เนื่องจากการสังเคราะห์ไขมันของเนื้อมะพร้าวเกิดขึ้นในเซลล์ใกล้เคียงกับเยื่อหุ้มเมล็ด ทำให้เนื้อมะพร้าวที่อยู่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ดมีปริมาณไขมันสูงและปริมาณไขมันจะลดลงในส่วนเนื้อมะพร้าวด้านในที่ติดกับน้ำมะพร้าว ไขมันในเนื้อมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 โดยมีปริมาณกรดลอริกมากที่สุด คือ มีปริมาณร้อยละ 40-50 (Salunkhe & Kadam, 1995; Santoso et al., 1996) จากการศึกษาของ Santoso et al. (1996) พบว่า ปริมาณกรดไขมันสายสั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้นและกรดไขมันสายยาวมีแนวโน้มลดลงในเนื้อมะพร้าวอายุ 8 เดือน ถึง 10 เดือน

เกลือแร่ และวิตามิน

ปริมาณเกลือแร่และวิตามินในน้ำและเนื้อมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 2-2 และ 2-3 โดยพบว่า เมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้นปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียมและ ฟอสฟอรัสในน้ำมะพร้าวมีปริมาณมากขึ้น ขณะที่ปริมาณแมกนีสิส เหล็ก และวิตามินซีมีค่าลดลง ส่วนเนื้อมะพร้าว พบว่า เมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้นปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แมกนีสิส เหล็ก ไชอะมิน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน วิตามินซีและแอลฟา-โทโคฟีรอลมีปริมาณลดลง (Santoso et al., 1996)

ตารางที่ 2-2 ปริมาณเกลือแร่ของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่
(Santoso et al, 1996)

วัตถุดิบ	เกลือแร่ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)						
	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โพแทสเซียม	โซเดียม	ฟอสฟอรัส	แมกนีสิส	เหล็ก
น้ำมะพร้าวอ่อน	0.47	0.11	3.50	0.03	0.08	20.3	4.06
น้ำมะพร้าวแก่	0.57	0.17	4.64	0.29	0.23	14.4	2.94
เนื้อมะพร้าวอ่อน	0.29	0.43	4.47	0.10	0.39	42.9	43.6
เนื้อมะพร้าวแก่	0.03	0.12	0.68	0.02	0.19	16.4	35.9

ตารางที่ 2-3 ปริมาณวิตามินของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่
(Santoso et al., 1996)

วัตถุดิบ	วิตามิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)				
	ไชอะมิน	ไรโบฟลาวิน	ไนอะซิน	วิตามินซี	α-โทโคฟีรอล
น้ำมะพร้าวอ่อน	Trace	0.01	ND	7.41	ND
น้ำมะพร้าวแก่	0.01	0.01	ND	7.08	ND
เนื้อมะพร้าวอ่อน	0.26	0.14	11.6	37.8	38.1
เนื้อมะพร้าวแก่	0.10	0.02	1.49	5.27	0.94

2.2 น้ำมันมะพร้าว

2.2.1 ความหมายของน้ำมันมะพร้าวตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (กรมวิชาการเกษตร, สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, องค์การอาหารและเกษตรแห่งประชาชาติ (FAO)., 2548)

1. น้ำมันมะพร้าว เป็นน้ำมันที่ได้จากส่วนของมะพร้าวที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โคocos นิวซีเฟอรา (*Cocos nucifera*) เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

2. การผลิตน้ำมันมะพร้าว ทำได้ดังนี้

2.1 วิธีธรรมชาติ ทำโดยการบีบอัดหรือโดยใช้ความร้อนหรือวิธีธรรมชาติอื่น ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และนำมาทำให้สะอาดโดยการล้าง การตั้งไว้ให้ตกตะกอน การกรอง หรือการหมุนเหวี่ยง

2.2 วิธีผ่านกรรมวิธี ทำโดยนำน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีธรรมชาติ หรือที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลาย ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และนำมาผ่านกรรมวิธีบริสุทธิ์อีกครั้ง

2.3 วิธีอื่นตามที่ได้ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และนำมาผ่านกรรมวิธีบริสุทธิ์อีกครั้ง

3. น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่ายเพื่อใช้รับประทานหรือใช้ปรุงแต่งอาหาร ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

3.1 ค่ากรด (Acid value) ไม่เกิน 40 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่ทำโดยวิธีธรรมชาติ และไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกรรมวิธี

3.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ไม่เกิน 10.0 มิลลิกรัมสมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจน ต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม

3.3 มีส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด โดยใช้วิธีก๊าซลิควิดโครมาตกราฟี (Gas Liquid Chromatography; GLC)

3.4 ค่าซาปอนิฟิเคชัน (Saponification value) ระหว่าง 248 ถึง 265 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม

3.5 ค่าไอโอดีนแบบวิจส์ (Iodine value, Wijs) ระหว่าง 6 ถึง 11

3.6 สารที่ซาปอนิฟายด์ไม่ได้ (Unsapnifiable matter) ไม่เกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 2-4 ส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมดของน้ำมันมะพร้าว

กรดไขมัน	ส่วนประกอบ (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)
กรดคาปโรอิก (Caproic acid)	ไม่เกิน 1.2
กรดคาปริลิก (Caprylic acid)	3.4-15
กรดคาปริก (Capric acid)	3.2-15
กรดลอริก (Lauric acid)	41-56
กรดไมริสติก (Myristic acid)	13-23
กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)	4.2-12
กรดสเตียริก (Stearic acid)	1.0-4.7
กรดโอเลอิก (Oleic acid)	3.4-12
กรดไลโนลีนิก (Linoleic acid)	0.9-3.7

3.7 มีสิ่งทีระเหยได้ (Volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

3.8 มีปริมาณสบู่ (soap content) ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนัก

3.9 มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะสำหรับน้ำมันมะพร้าว

3.10 มีสิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก

3.11 ไม่มีกลิ่นหืน

3.12 ไม่มีน้ำมันแร่

4. น้ำมันมะพร้าวที่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร หรือที่มีสารปนเปื้อน ต้องใช้หรือมีได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดไว้

5. น้ำมันมะพร้าวที่ใช้ประโยชน์อย่างอื่น นอกจากใช้รับประทานหรือใช้ปรุงแต่งอาหาร ให้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในข้อ 3 และข้อ 4 ต้องฉลากไว้ที่ภาชนะบรรจุว่า “ห้ามใช้รับประทาน” ด้วยตัวอักษรสีแดง ขนาดไม่เล็กกว่า 1 เซนติเมตร ในกรอบพื้นสีขาวและในฉลากนั้น ให้แสดงเครื่องหมายที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ออกไว้ให้ด้วย

6. ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุน้ำมันมะพร้าวที่ใช้รับประทานหรือใช้ปรุงแต่งอาหาร ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องฉลาก

2.2.2 คุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวแห้ง (copra) ของต้นมะพร้าว ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* น้ำมันมะพร้าวมีสีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงสีขาว อยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า 26 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียสลงมาเล็กน้อย น้ำมันมะพร้าวจะแข็งตัว (Swern, 1970) ทั้งนี้เนื่องจากมีกรดไขมันโมเลกุลสั้นอยู่มากถึงร้อยละ 50 (Weiss, 1970) และส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว การมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เป็นจำนวนน้อย ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี (Child, 1974; Eckey, 1954)

ปัจจุบันมีการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในหลายรูปแบบ ทั้งแบบน้ำมันที่ไม่ได้ไฮโดรจิเนต (unhydrogenated oil) แบบที่ไฮโดรจิเนตบางส่วน (partially hydrogenated oil) และแบบไฮโดรจิเนตแบบแข็งตัว (fully hydrogenated oil) แบบที่ไม่ได้ไฮโดรจิเนตใช้เป็นตัวเคลือบของไอศกรีมแท่ง เนื่องจากแข็งตัวเมื่ออยู่ในรูปผลิตภัณฑ์และหลอมตัวอย่างรวดเร็วเมื่อรับประทาน นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นน้ำมันทอดพวกผลไม้เปลือกแข็ง (nuts) และอาหารว่าง (snack)

การที่น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันโมเลกุลสั้น ทำให้มีค่าความหนืดต่ำกว่าน้ำมันทั่วไปจึงทำให้มีความรู้สึกเลี่ยน (greasy) น้อยเมื่อรับประทาน และเหมาะในการฉีดเคลือบ (spray coating) ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและขนมปังกรอบ และใช้เป็นสารหล่อลื่นผลิตภัณฑ์ลูกกวาดต่างๆ เช่น คาราเมล ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่ไฮโดรจิเนตบางส่วน มีการนำมาใช้แทนน้ำมันเนยในการผลิตนมข้นหวาน ประโยชน์ของนมข้นหวานนอกจากจะนำมาบริโภคโดยตรงแล้ว ยังใช้ในการทำขนมอบต่างๆ ทำไอศกรีม ทำลูกกวาด มาของเนส เป็นต้น (ประกาย จิตกร, 2526) ส่วนน้ำมันมะพร้าวที่ทำให้แข็งตัวมักใช้ในผลิตภัณฑ์พวกไขมันครีมสังเคราะห์แทนไขมันจากเนย

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันพืชที่ถูกเรียกว่า กลุ่มน้ำมันลอริก (Lauric oils) เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของน้ำมันชนิดนี้ ประกอบไปด้วยกรดไขมันลอริก (Lauric acid) นอกจากนี้ น้ำมันกลุ่มนี้ยังได้จากพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

กรดไขมันร้อยละ 90 ของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 7-12 จากคุณสมบัติที่อิ่มตัวของกรดไขมันนี้ ทำให้มีความสามารถในการป้องกันการเหม็นหืน ได้ดี (Gordon and Rahman, 1991)

กรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมน้อยกว่า 12 อะตอม จะถูกจัดให้อยู่ในจำพวกกรดไขมันขนาดกลาง (Medium Chain Fatty Acid; MCFA) เอสเทอร์ของ MCFA กับกลีเซอรอลจะเป็นที่รู้จักในรูปไตรกลีเซอไรด์ขนาดกลาง (Medium Chain Triglyceride; MCT) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารทางการแพทย์ และสูตรอาหารสำหรับเด็ก

น้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งที่มี MCFA ในปริมาณที่สูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม C6 C8 และ C10 มากกว่าร้อยละ 15

ค่าซาโปนิฟิเคชันของน้ำมันมะพร้าวที่ยังไม่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ มีค่าประมาณร้อยละ 0.5 โดยค่าเหล่านี้เกิดจากสารจำพวกโทโคฟีรอล (tocopherol) สเตียรอล (sterols) สควาลีน (squalene) รังควัตถุ และคาร์โบไฮเดรต กลิ่นและรสของน้ำมันมะพร้าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณของซิกลามาแลกโตน และแกมมา-แลกโตน สารเหล่านี้จะมีปริมาณน้อยมาก (Young, 1983) สารที่ซาโปนิฟายด์นี้จะมีสารที่สำคัญ คือ โทโคฟีรอล ซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ในน้ำมันมะพร้าว

โดยปกติแล้วในน้ำมันมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการทำให้บริสุทธิ์จะมีโทโคฟีรอลถึง 50 ppm และในจำนวนนั้นเป็นแอลฟา-โทโคฟีรอลถึง 40.7 ppm (Gordon and Rahman, 1991) แทบทั้งหมดของซาโปนิฟายด์จะถูกกำจัดออก เมื่อผ่านกระบวนการรีฟายนิง (refining) การฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (deodorizing) คุณสมบัติทางเคมีทางกายภาพของน้ำมันมะพร้าวที่ทำให้บริสุทธิ์ (Refined Bleaching Deodorizing Coconut oil; RBD coconut oil) แสดงดังตารางที่ 2-5



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่.....	17 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน.....	248956
เลขเรียกหนังสือ.....	

ตารางที่ 2-5 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวที่ทำให้บริสุทธิ์ (Bernardini, 1985)

Characterics	Range
Melting point (°C)	22-26
Density (60 °C)	0.890-0.895
Specific gravity (40 °C / water at 20 °C)	0.908-0.921
Titer (°C)	20-24 C
Refractive index (40 °C)	1.448-1.450
Saponification value	248-265
Iodine value	6-11
Acid value	
Virgin oil	4 mg KOH/1g oil
Nonvirgin oil	0.6 mg KOH/1g oil
Peroxide value	10 max
Reichert-Meissel value	6-8.5
Polenki value	13-18
Unsaponifiable	15 g/kg max

2.2.3 ชนิดของน้ำมันมะพร้าว (Bendana, 1996)

ในปี 2545 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตมะพร้าว 1.42 ล้านตัน และประมาณร้อยละ 30 ของมะพร้าวผลทั้งหมดถูกนำมาใช้แปรรูปเป็นน้ำมันมะพร้าว (ลลิตา อตัน โถ, 2548) น้ำมันมะพร้าวมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต ซึ่งพอแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันมะพร้าวทั่วไป (RBD Coconut Oil) และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) ซึ่งน้ำมันมะพร้าวกำลังได้รับความนิยมอย่างสูงเนื่องจากเป็นที่นิยมและยอมรับอย่างกว้างขวางว่ามีคุณภาพดีต่อสุขภาพ

1. น้ำมันมะพร้าว (Refined Bleaching Deodorizing Coconut oil; RBD) สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวห้าวโดยการบีบ หรือสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Refining) โดยการกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี (Bleaching) และกำจัดกลิ่น (Deodorizing) เพื่อให้เหมาะสำหรับการบริโภค

- มีสีเหลือง ไม่มีกลิ่นและรส ปราศจากวิตามินอี เพราะถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการทางเคมี
- มีปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid-FFA) ไม่เกินร้อยละ 0.1

2. น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil-VCO) ได้จากการสกัดโดยวิธีธรรมชาติ หรือการบีบโดยไม่ผ่านความร้อนจากเนื้อมะพร้าวห้าวที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำมัน เหมาะสำหรับการบริโภค

- เป็นน้ำมันมะพร้าวที่บริสุทธิ์ที่สุด สีใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอี และไม่ผ่านกระบวนการเติมออกซิเจน (oxidation) มีค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide) และกรดไขมันอิสระ
- มีกลิ่นมะพร้าวอย่างอ่อนๆ ถึงแรง ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติปราศจากสารเคมีสังเคราะห์ใดๆ เจือปน โดยเฉพาะสารกำจัดศัตรูพืชซึ่งมักจะมีเจือปนอยู่ในน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ เราสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในสภาพที่สกัดได้ตามธรรมชาติทันทีโดยไม่ต้องทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสี และกำจัดกลิ่นดังเช่นน้ำมันพืชอื่นๆ จึงปลอดภัยจากอันตรายของสารเคมี น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติที่ดีเด่นที่ไม่มีในน้ำมันพืชอื่นใดในโลก ดังต่อไปนี้

1. น้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวประมาณร้อยละ 92 ชาติคาร์บอน (C) จับกันด้วยพันธะเดี่ยวไม่เปิดโอกาสให้ไฮโดรเจน (H_2) และออกซิเจน (O_2) แทรก ดังนั้นน้ำมันมะพร้าว ส่วนที่เหลือร้อยละ 8 เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ C บางตัวจับกันด้วยพันธะคู่เปิดโอกาสให้ H_2 และ O_2 แทรก การเติมออกซิเจน (Oxidation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดเวลาก่อให้เกิดความเสื่อมของโมเลกุล กล่าวคืออนุมูลอิสระเกิดขึ้นมาจากผลของการเติมออกซิเจน ซึ่ง อนุมูลอิสระ เป็นตัวการของการเกิดโรคแห่งความเสื่อมมากมาย การเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) เกิดจากการนำน้ำมันชนิดไม่อิ่มตัวไปสัมผัสกับอุณหภูมิสูง เช่น ในการทอดอาหารในน้ำมันท่วมเกิดเป็นสารตัวใหม่ชื่อว่า ไขมันทรานส์ (Trans fats) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนรูปร่างไปและเกิดผลเสียต่อเซลล์ เช่น ทำให้เยื่อเซลล์บวมสลาย ทำให้เชื้อโรคหรือสารพิษเข้าไปในเซลล์ได้ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลง DNA ของเซลล์ นอกจากนั้นยังเกิดจากการนำน้ำมันชนิดไม่อิ่มตัวไปเติมไฮโดรเจนบางส่วนในทางอุตสาหกรรม โดยต้องใช้ความดันและสารแคตาลิสต์เข้าช่วยเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันชนิดไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นน้ำมันชนิดอิ่มตัวเพื่อจะได้ไม่เกิดการหืน และทำให้น้ำมันอยู่ในรูปที่แข็งตัวทำให้จับต้องผลิตภัณฑ์อาหารได้สะดวกไม่เหนียวเหนอะหนะ

2. น้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.5) เป็นกรดไขมันขนาดกลาง (Medium-chain fatty acids – MCFAs) ร่างกายตอบสนองไขมันขนาดต่างๆ แตกต่างกัน ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติพิเศษในด้านการแพทย์และโภชนาการ การเป็นกรดไขมันขนาดกลางมีข้อได้เปรียบ คือเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว น้ำมันมะพร้าวถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายอย่างรวดเร็ว เมื่อบริโภคเข้าไปจะผ่านกระเพาะไปยังลำไส้เข้าไปในกระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ดับอย่างรวดเร็ว (ภายในหนึ่งชั่วโมง) ทำให้ไม่เกิดเป็นไขมันสะสมในร่างกาย

3. น้ำมันมะพร้าวช่วยเร่งอัตราเมตาบอลิซึม (Metabolism) จากการเพิ่มประสิทธิภาพของต่อมธัยรอยด์ ผลของความร้อนที่เกิดขึ้น (Thermogenic effect) เป็นเวลานาน (กว่า 24 ชั่วโมง) จึงได้พลังงานมากขึ้นและมีอัตราเผาผลาญที่เร็วขึ้น นอกจากตัวมันเองจะถูกเผาผลาญในอัตราที่เร็วแล้ว ยังช่วยเผาผลาญอาหารที่รับประทานเข้าไปพร้อมกันทำให้ไม่ไปสะสมเป็นไขมัน อีกทั้งยังไปเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้แต่เดิมทำให้ร่างกายผอมลง

4. น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริก (Lauric acid; C=12) อยู่สูง (ร้อยละ 48-53) เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ชื่อ โมโนลอรีน ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค กรดลอริกและโมโนลอรีนสามารถช่วยลดปริมาณของเชื้อไวรัส (HIV) ในคนไข้โรคเอดส์ได้ แต่โมโนลอรีนก็ไม่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดจะฆ่าได้ก็เฉพาะเชื้อโรคที่มีเชื้อหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมัน เช่น เชื้อไข้หวัดใหญ่ โรคเริม คางทูม โรคซาร์ และโรคเอดส์ การที่โมโนลอรีนไม่ฆ่าจุลินทรีย์ทุกชนิดก็เป็นข้อดี เพราะแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในกระเพาะจะไม่ถูกทำลาย

นอกจากกรดลอริกแล้วน้ำมันมะพร้าวยังมีกรดไขมันขนาดกลางอีก 2 ตัว คือ กรดคาปริก (Capric acid; C-10, ร้อยละ 7) และกรดคาปริลลิก (Capryllic acid; C-8, ร้อยละ 8) ที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้เช่นกัน และต่างก็ช่วยเสริมกรดลอริกในการเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเหล่านี้ก่อให้เกิดโรคแก่ร่างกายหรือฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้เมื่อปรากฏตัวขึ้น

5. น้ำมันมะพร้าวมีสารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant) หลายประเภทที่มีประสิทธิภาพสูงและในปริมาณมาก สารเหล่านี้ทำหน้าที่ต่อต้านการเติมออกซิเจน (Oxidation) ที่เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนสภาพเพราะสูญเสียอิเล็กตรอนในวงแหวนรอบนอกกลายเป็นโมเลกุลเกรทีวไปโจมตีโมเลกุลอื่นๆ โดยจะไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงตัวหนึ่ง และโมเลกุลนี้ก็ไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียงอื่นๆ ต่อไป เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้เซลล์ผิดปกติ เช่น เยื่อเซลล์รั่วซึม ผิวหนังเหี่ยว ย่น เปลี่ยนสารพันธุกรรมในนิวเคลียส ทำให้เกิดการกลายพันธุ์อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของร่างกายไม่ต่ำกว่า 60 โรค โดยเฉพาะโรคหัวใจ มะเร็ง ไขข้ออักเสบ ภูมิแพ้ เบาหวาน และชราภาพ

อนุมูลอิสระเกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อมและในอาหาร เครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ ความเครียด ฯลฯ และโดยเฉพาะในน้ำมันไม่อิ่มตัวซึ่งจะถูกเติมออกซิเจน (Oxidized) ได้โดยง่าย เพราะมีพันธะคู่ (Double bond) ในโมเลกุลตั้งแต่เริ่มสกัดตลอดจนระหว่างทางก่อนถูกนำไปบริโภค จึงเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนี้ไปลดสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดผลเสียแก่เซลล์และเนื้อเยื่อ

2.2.4 กรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

การผลิตน้ำมันมะพร้าวมีหลากหลายกรรมวิธี แต่วิธีที่สามารถผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพสูงมี 3 กรรมวิธี คือกรรมวิธีผลิตโดยอาศัยเครื่องบีบ กรรมวิธีโดยการหมัก และกรรมวิธีการผลิตโดยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง

1. กรรมวิธีการผลิตโดยใช้มือ (แบบดั้งเดิม) Traditional hand pressed method

เป็นกรรมวิธีการผลิตแบบบีบเย็น (Cold Pressed Process) กรรมวิธีที่อาศัยแรงกลจากการบีบอัดเนื้อมะพร้าว เพื่อสกัดเอาน้ำมันออกมา วัตถุดิบที่ใช้หรือเนื้อมะพร้าวต้องผ่านการอบ และต้องจำกัดความชื้นของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับเครื่องที่ใช้ กรรมวิธีนี้จะผลิตน้ำมันได้ในปริมาณที่มาก และขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องบีบด้วย ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องบีบแบบสกรู คือเครื่องสามารถผลิตน้ำมันได้ 11 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (น้ำมัน 12 ลิตรต่อชั่วโมง) หรือ 30 กิโลกรัมเนื้อมะพร้าวต่อชั่วโมง แต่การผลิตโดยวิธีนี้จะต้องลงทุนค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการอบ ความชื้นที่เหมาะสมของเนื้อมะพร้าวในการบีบด้วยเครื่องคือร้อยละ 15 ถ้าความชื้นสูงเกินไปจะทำให้อัตราส่วนน้ำมันต่ำลง ในขณะที่ความชื้นต่ำเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนสะสมขณะบีบ และเกิดการไหม้ของเนื้อมะพร้าวในส่วนของช่องบีบ ดังนั้นต้องปรับตั้งระยะช่องบีบให้เหมาะสมด้วย

- วัตถุดิบ เนื้อมะพร้าวขูดขาวที่ได้จากการกะเทาะมะพร้าวใหม่ๆ เข้าอบแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ไม่ควรทิ้งข้ามคืนเนื่องจากจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสีย จะเจริญเติบโตทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีในน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตได้

- การอบมะพร้าวขูด อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการอบมะพร้าวขูดคือ 60-70 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งต้องเกลี่ยเนื้อมะพร้าวขูดเป็นชั้นบางๆ และต้องมีการกลับด้านอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลหรือความเสียหายเนื่องจากความร้อนที่บริเวณ

ผิวหน้าของเนื้อมะพร้าว ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำมัน ระยะเวลาในการอบขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ และความชื้นสุดท้ายของเนื้อมะพร้าวชุดที่ต้องการ

- การผลิต เนื้อมะพร้าวแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 15 จำนวน 100 กิโลกรัม เมื่อผ่านการบีบด้วยเครื่องแล้วจะได้น้ำมันมะพร้าว 35 กิโลกรัม หรือประมาณ 39 ลิตร และส่วนที่เหลือทิ้งเป็นกากมะพร้าวที่มรความชื้นร้อยละ 20 จำนวน 60 กิโลกรัม

ข้อเสียของวิธีนี้คือการผลิตจะเป็นในระดับกำลังการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอเป็นไปได้ยาก

2. กรรมวิธีการผลิตโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Process)

การผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีนี้จะได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงกว่าวิธีข้างต้น เนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนแก่น้ำมันในขั้นตอนการผลิต หลักการคือนำน้ำกะทิมาหมุนเหวี่ยงแยกของแข็ง และน้ำออกจากชั้นน้ำมัน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์คือชั้นน้ำมันที่อยู่ด้านบน ซึ่งจากการศึกษาของ ณรงค์ นิยมวิทย์ (2538) กล่าวว่า การเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนที่อยู่ระหว่างเม็ดน้ำมันออกไป หรือการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนอื่นเข้ามาระหว่างเม็ดน้ำมันจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของของเหลวภายในเม็ดน้ำมันด้วยทำให้รูปร่างของเม็ดน้ำมันเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงนี้จะได้รับการต้านทานจากแรงตึงผิวเนื่องจากการเปลี่ยนรูปทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น (Sherman, 1963; Dickinson and Stainsby, 1982) ถ้าการเคลื่อนที่ของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็วและรุนแรง เช่น การปั่นทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้ของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันแยกตัวออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบนสุดเป็นน้ำมัน ชั้นกลางเป็นอิมัลชันที่ยังไม่แตกตัว ประกอบด้วยเม็ดน้ำมันที่อัดตัวกันแน่น เม็ดน้ำมันจะเบียดกันแน่นและในที่สุดก็แตกออกรวมตัวกันเป็นชั้นน้ำมัน ส่วนชั้นล่างสุดเป็นน้ำ โดยในส่วนที่เป็นน้ำจะไม่มีเม็ดน้ำมันปะปนอยู่เลย (Sherman, 1963)

ธนันท์ ตันทกุล (2549) ได้ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิที่มีปริมาณไขมันต่างกันด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ความเร็วรอบ 6,000 - 12,000 รอบต่อนาที) และระยะเวลาในการเหวี่ยง 15 20 25 30 40 60 และ 90 นาที พบว่า กะทิกั้นสดปรับค่ากรดต่าง (pH) ที่ 3.9 สามารถแยกน้ำมันมะพร้าวออกมาได้ดีที่สุด เมื่อใช้ความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยง 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 90 นาที ได้น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 93.07 ของปริมาณน้ำกะทิที่ใช้ในการสกัด ซึ่งสูงกว่าการเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาทีที่ได้น้ำมันมะพร้าวเพียงร้อยละ 69.79

ธวัชชัย รูปแก้ว สงบทิพย์ พงศ์สถาปดี และธราพงษ์ วิทิตสานต์ (2550) ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ออกจากกะทิกั้นจากกระบวนการบีบเย็น

พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากกะทิคือ แอ่งกะทิที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง ที่อัตราการเหวี่ยง 1,000 รอบต่อนาที เวลาในการเหวี่ยง 1 ชั่วโมง จะสามารถแยกน้ำกะทิได้ 4 เฟส ดังนี้คือ น้ำมันมะพร้าว ครีม น้ำ และกาก โดยพบว่ามีส่วนประกอบดังต่อไปนี้คือ ร้อยละ 31.51 7.88 46.93 และ 13.67 ตามลำดับ น้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดลอริกร้อยละ 49.6

Hagenmaier, Cater and Mattil (1973) ได้ศึกษาการเหวี่ยงแยกน้ำกะทิ โดยเหวี่ยงแยกน้ำกะทิได้เป็นหัวกะทิและหางกะทิจากนั้นเติมน้ำมันมะพร้าวอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายอิมัลชัน ใช้อัตราส่วนกะทิต่อน้ำมันมะพร้าว 1:5 หมุนเหวี่ยงซ้ำ 2 ครั้ง พบว่าผลผลิตน้ำมันมะพร้าวที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี มีปริมาณน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 95 ของน้ำมันทั้งหมดในน้ำกะทิ

Gunetileke and Laurentius. (1974) ได้ศึกษาการหาสภาวะการแยกน้ำมันและโปรตีน โดยนำน้ำกะทิบรรจุในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร และนำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกที่ 2000x g เป็นเวลา 0 2 และ 5 นาที นำไปแช่เย็นที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นปรับอุณหภูมิกลับมาที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ถ้าไม่มีการเหวี่ยงน้ำกะทีก่อนแช่เย็น จะไม่สามารถแยกน้ำมันออกได้ ถ้าใช้เวลาเหวี่ยงแยก 2 นาที สามารถแยกน้ำมันออกได้เพียงครั้งเดียว และถ้าใช้เวลาในการเหวี่ยงแยก 5 นาที จะสามารถแยกน้ำมันออกได้อย่างสมบูรณ์ การแยกของน้ำมันเกิดได้เนื่องจากภายหลังการเหวี่ยงแยกเม็ดไขมันจะเรียงตัวอัดแน่นกันขึ้นและมีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น เมื่อนำไปแช่เย็นและทำการละลายไขมันที่ห่อหุ้มละลายสามารถรวมตัวกันเป็นชั้นน้ำมันแยกตัวออกมา

การแยกน้ำมันออกจากน้ำและองค์ประกอบอื่นๆ ในน้ำกะทิ นอกจากการหมักและเหวี่ยงแยกในข้อ 1 และ 2 ยังสามารถใช้การต้ม การแช่เย็น และการใช้เอนไซม์ หรือเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วย โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ทำลายแผ่นเยื่อต่างๆ ที่อยู่รอบๆ เม็ดไขมัน จึงทำให้เม็ดไขมันสามารถรวมตัวกันเป็นเม็ดขนาดใหญ่ได้

คมสัน หุตะแพทย์ (2548) กล่าวว่า วิธีการหมักเป็นวิธีการดั้งเดิมของชาวฟิลิปปินส์ อินเดีย และชาวเกาะแปซิฟิก ทำโดยการคั้นน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวสดจากลูกที่แก่จัดที่เก็บมาจากต้นภายใน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปหมักในภาชนะในสภาพไร้อากาศนาน 24-36 ชั่วโมง เอนไซม์ที่มีตามธรรมชาติในมะพร้าวจะทำให้โปรตีนแตกตัวแยกออกจากน้ำมัน ดังนั้น เมื่อหมักน้ำกะทิทิ้งไว้ภายใน 36 ชั่วโมง น้ำกะทิจะแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ น้ำมันมะพร้าวลอยตัวอยู่ด้านบน ซึ่งอาจจะมีกากกะทิลอยปนอยู่ด้านบนด้วย ตรงกลางระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำจะเป็นกากกะทิ และส่วนล่างซึ่งมีปริมาณมากที่สุดคือน้ำ จากนั้นจึงแยกเอาน้ำมันมะพร้าวออกมารองจะได้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ใสไม่มีสี กลิ่นหอม เก็บไว้ในภาชนะที่บแสงหรือขวดสีชาเก็บได้นานเป็นปีโดยไม่

เสื่อมคุณภาพ การสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการหมักนี้จะได้น้ำมันออกมาประมาณร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักเนื้อมะพร้าวที่นำมาสกัด สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ร่วมในระหว่างกระบวนการหมัก เพื่อให้ใช้ระยะเวลาในกระบวนการหมักสั้นลง คือ *Lactobacillus*

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2549) กล่าวว่า *Lactobacillus* เป็นแบคทีเรียรูปท่อน ส่วนใหญ่เป็นรูปท่อนยาว ไม่สร้างสปอร์ ดิจีสแกรมบวกและเปลี่ยนเป็นแกรมลบเมื่อมีอายุมากขึ้น ไม่สร้างเอนไซม์อะคะเลส มีลักษณะเด่น คือ ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อย (microaerophile) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตจะอยู่ในช่วง 30 - 40 องศาเซลเซียส ชอบกรด มี pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5.5 - 5.8 พบได้ในธรรมชาติ โดยเฉพาะในสัตว์และผลิตภัณฑ์พืช ตัวอย่าง *Lactobacillus* ที่พบ เช่น *L. brevis*, *L. plantarum*, *L. fructivorans* และ *L. brevis* เป็นต้น

นันทวัน จันทร์วัลย์พร และเศรษฐีพร ม่วงสุนทร (2548) ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีปริมาณและคุณภาพสูง โดยเตรียมน้ำกะทิที่คั้นได้จากเนื้อมะพร้าวบริสุทธิ์ ใช้วิธีทางชีวภาพ คือการเติมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* spp. ลงในน้ำกะทิที่เตรียมขึ้น จากนั้นทำการศึกษาถึงปริมาณ สภาวะ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด โดยเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากวิธีทางชีวภาพกับวิธีการหมักน้ำกะทิโดยการตั้งทิ้งไว้ตามธรรมชาติและวิธีการเคี้ยวน้ำกะทิซึ่งเป็นวิธีที่ทำกันโดยทั่วไป จากการทดลองพบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นเวลา 3 วันมีปริมาณมากกว่าน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการหมักน้ำกะทิเป็นเวลา 5 วัน แต่น้อยกว่าวิธีการเคี้ยวน้ำกะทิในเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่ประเมินได้จากค่า iodine value และ saponification value ของน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากทั้งสามวิธีไม่แตกต่างกัน

Man Karim and Teng (1997) ได้ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ โดยขั้นแรกเป็นการหาอัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำที่เหมาะสมต่อการคั้นกะทิ โดยแปรอัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อน้ำเป็น 1:1 1:2 และ 1:3 น้ำที่ใช้คั้นมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนวดเนื้อมะพร้าวกับน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที แยกกะทิ แล้วตั้งน้ำกะทิที่ได้ทิ้งไว้ที่เวลา 2 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่า การใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำที่ 1:1 และตั้งทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้มากที่สุด ขั้นที่สอง เป็นการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการคั้นกะทิ โดยแปรอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการคั้นกะทิเป็น 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ร่วมกับการตั้งทิ้งไว้ให้น้ำมันแยกตัวที่เวลาต่างๆ กันคือ 2 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่า การใช้อุณหภูมิของน้ำที่ 70 องศาเซลเซียส ร่วมกับการตั้งทิ้งไว้ให้น้ำมันแยกชั้นที่เวลา 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณของน้ำมันสูงที่สุด ขั้นสุดท้ายเป็นการศึกษาการใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum* เพื่อช่วยในการสกัดน้ำมัน

มะพร้าว โดยแปรปริมาณเชื้อที่ใช้เป็นร้อยละ 0 1 3 และ 5 ใช้เวลาในการหมัก 2-10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้ปริมาณเชื้อร้อยละ 5 เวลาในการหมัก 10 ชั่วโมงจะให้ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้สูงที่สุด โดยมีปริมาณผลได้ร้อยละ 95.06 ของปริมาณน้ำกะทิที่ใช้ในการสกัด

3. Direct Micro Expeller (DME) - Fresh dry process

เป็นการบีบน้ำมันโดยเครื่องบีบแบบสกรู (screw type press) จากเนื้อมะพร้าวสดที่ผ่านการชูดและอบแห้ง เนื้อมะพร้าวชูดควรผ่านการอบแห้งใน 4 ชั่วโมง หลังจากกะเทาะเปลือกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวด้อยลง กรณีที่ใช้กระบวนการ low pressure oil extraction จะใช้เนื้อมะพร้าวชูดแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 10-12 ทำให้น้ำมันมะพร้าวที่บีบได้มีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากความชื้นในเนื้อมะพร้าวประมาณร้อยละ 10 ของน้ำมันที่ผลิตได้ วางทิ้งไว้ให้น้ำมันและน้ำแยกชั้น โดยอาจใช้ความร้อนในการกำจัดปริมาณน้ำที่เหลืออยู่

กรรมวิธีผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูงที่วิจัยพัฒนาและผลิตโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ด้วยการสนับสนุนจากองค์การอาหารแห่งสหประชาชาติ (FAO) เป็นวิธีการบีบน้ำมันโดยเครื่องแบบสกรูจากเนื้อมะพร้าวสดที่ผ่านการชูดและอบแห้ง เนื้อมะพร้าวชูดจะผ่านการอบแห้งทันทีหลังจากกะเทาะเปลือกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรียซึ่งทำให้คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวด้อยลง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบเนื้อมะพร้าวชูด คือ 50-60 องศาเซลเซียส และจะใช้ระยะเวลาในการอบสั้นซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมันมีสีเหลือง เนื้อมะพร้าวหลังอบแห้งจะมีความชื้นร้อยละ 10-20 จุดสำคัญของขั้นตอนการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการนี้คือ อุณหภูมิในการอบและปริมาณความชื้นของเนื้อมะพร้าวหลังอบ

Mpagalile et al. (2007) ศึกษาการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรู โดยใช้เนื้อมะพร้าวชูดอบแห้ง ความชื้นร้อยละ 12 ± 1 ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 70 ซึ่งน้ำมันที่ได้มีความชื้นร้อยละ 0.015 และมีความหนืด 42.1 MPas

ปัจจุบันการสกัดน้ำมันมะพร้าวได้มีการใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้น โดยเอนไซม์ที่นิยมนำมาใช้จะเป็นเอนไซม์จำพวกย่อยผนังเซลล์หรือองค์ประกอบอื่นๆ ของพืชน้ำมัน ได้แก่ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส และเพกตินเนส เป็นต้น

2.2.5 เซลลูโลสและเอนไซม์เซลลูเลส (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืชทุกชนิดเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีอยู่มากที่สุดในโลก เซลลูโลสส่วนใหญ่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ใบไม้ ลำต้นพืช แกลบ เปลือกผลไม้ ซีเรีย และเปลือกต้นไม้ เป็นต้น

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาต่อเรียงกันด้วยพันธะบีตา-1, 4-ไกลโคไซด์ การที่จะนำเซลลูโลสไปผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นนั้นทำได้ยาก เพราะเซลลูโลสทนต่อการย่อยสลายถึงแม้จุลินทรีย์บางชนิดจะมีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ทำให้เปลี่ยนเซลลูโลสเป็นโปรตีนในร่างกายสัตว์ได้

จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้คือ *Trichoderma viride* mutant QM9123 จุลินทรีย์ มีวแทนต์สายพันธุ์นี้สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่มี Activity เพิ่มสูงกว่าสายพันธุ์เดิมถึง 2 เท่า เนื่องจากเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรงของน้ำตาลกลูโคส เมื่อถูกไฮโดรไลซ์จะได้เป็นน้ำตาลกลูโคสรวมอยู่กับพอลิแซ็กคาไรด์สายสั้นๆ เช่น เซลโลไบโอส (Cellulobiose) เซลโลไตรโอส (Cellotriose) เซลโลเตตระโอส (Cellotetraose) และเซลโลเพนตะโอส (Cellopentaose) เป็นต้น เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยเซลลูโลสและอินเทอร์มีเดียต แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. เอนโดกลูคาเนส (Endoglucosidase) หรือ [1,4- β -D-glucan 4-glucanohydrolases, EC 3.2.1.4] เอนไซม์นี้ไม่สามารถไฮโดรไลซ์เซลลูโลสส่วนที่เป็นผลึกของฝ้ายได้แต่สามารถที่จะไฮโดรไลซ์เซลลูโลสที่ไม่เป็นผลึก (Amorphous) ของฝ้าย กระดาษ และอนุพันธ์เซลลูโลส เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลสได้ เอนไซม์เอนโดกลูคาเนสจะสลายพันธะบีตา-ไกลโคไซด์ โดย Random hydrolysis ทำให้ความหนืดลดลงอย่างรวดเร็วและมีหิวรีดิวิชันเพิ่มขึ้น ผลิตผลจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและเซลโลเดกซ์ทรินที่มีขนาดโมเลกุลต่างๆ กัน

2. เซลโลไบโอไฮโดรเลส (Cellulobiohydrolase) [1,4- β -D-glucan cellulobiohydrolase, EC 3.2.1.91] ซึ่งเป็น Exo-splitting enzyme จะไฮโดรไลซ์เซลลูโลสส่วนที่ไม่เป็นผลึก โดยจะตัดพันธะได้เป็นเซลโลไบโอสจากปลายด้านที่ไม่มีหิวรีดิวิชัน (Nonreducing) ของโมเลกุลเซลลูโลส เอนไซม์เอนโดกลูคาเนสและเซลโลไบโอไฮโดรเลสจะเสริมฤทธิ์กันในการไฮโดรไลซิสเซลลูโลสที่มีอยู่ในผลึก แต่ยังไม่มีการอธิบายกลไกที่เกิดขึ้น

3. เอกโซกลูโคไฮโดรเลส (Exoglucosidase) [1,4- β -D-glucan cellulobiohydrolases, EC 3.2.1.74] เอนไซม์นี้จะไฮโดรไลซ์จากปลายด้านที่ไม่มีหิวรีดิวิชันของเซลโลเดกซ์ทรินได้เป็นน้ำตาลกลูโคส อัตราการไฮโดรไลซิสจะลดลงเมื่อความยาวของสายสับสเตรตสั้นลง

4. บีตา-กลูโคซิเดส (β -glucosidase) หรือ (β -D-glucoside glucohydrolase EC 3.2.1.21) จะไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเซลโลไบโอสให้เป็นน้ำตาลกลูโคสและไฮโดรไลซ์จากปลายด้านที่หมู่รีดิวซ์ซิงของเซลโลเดกซ์ทรินที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก อัตราการไฮโดรไลซิสจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวของสายสับสเตรตสั้นลงและไฮโดรไลซ์เซลโลไบโอสได้รวดเร็วที่สุด

2.2.6 เอมิเซลลูโลสและเอนไซม์เพนโทซานเอส (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

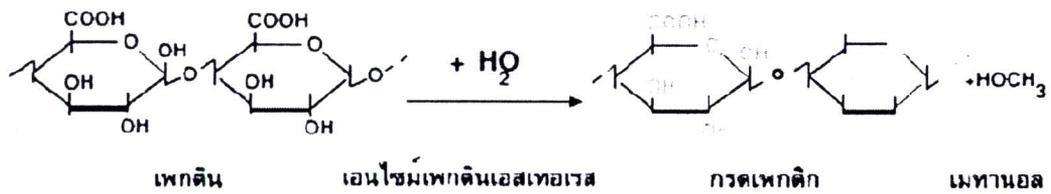
เอมิเซลลูโลสมีโครงสร้างซับซ้อนและเอนไซม์เพนโทซานเอสมีมากมายหลายชนิดที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะที่อยู่ด้านใน (เอนโค-) และด้านนอก (เอกโซ-) เอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์เฉพาะด้านในมีทั้ง 2 ชนิด คือ เอนไซม์อะราบินเอส ซึ่งจะไฮโดรไลซ์พันธะ 1,4- β -D-arabinopyranosyl glycoside ที่อยู่เป็นสายหลักและสายตรง (Linear backbone) ของโมเลกุลอะราเบน และเอนไซม์ไซแลนเอสจะไฮโดรไลซ์พันธะ 1,4- β -D-xylanopyranosyl glycoside ในโมเลกุลของไซแลนอะราบินโนไซแลน

สำหรับเอนไซม์ชนิดที่ไฮโดรไลซ์พันธะด้านนอก จะไฮโดรไลซ์จากปลายด้านที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ซิงของอะราเบน เรียกว่า เอนไซม์อะราบินโนซิเดส (Arabinosidase) ส่วนเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์ปลายด้านที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ซิงของโมเลกุลไซแลน เรียกว่า เอนไซม์ไซโลซิเดส (Xylosidase) นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ชนิดที่ไฮโดรไลซ์ด้านนอก ที่ตัดหน่วยจากสายแขนง (Arabinofuranosyl side-chain) ออกจากโมเลกุลของอะราบินโนไซแลน ชื่อว่าบางชนิดผลิตเอนไซม์เพนโทซานเอสได้ และยังพบทั้งเอนโค-และเอกโซ-เพนโทซานเอสอยู่ในข้าวสาลี แต่ยังมีปริมาณต่ำมาก เมื่อเมล็ดข้าวสาลีออกเอนไซม์นี้จะเพิ่มมากขึ้น 6-10 เท่า

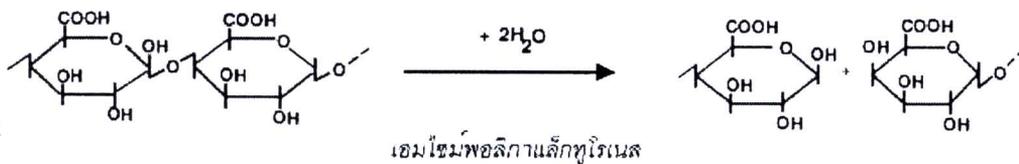
2.2.7 เพกทินเอนไซม์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

เพกทินเอนไซม์เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพกทินที่ผนังเซลล์ เพกทินเอนไซม์มี 3 ชนิด พบได้ในพืชชั้นสูงและจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ เพกทินเมทิลเอสเทอเรสและพอลิกลาเล็กทูโรเนส และที่พบเฉพาะในจุลินทรีย์อีก 1 ชนิด คือ เพกเททไลเอส

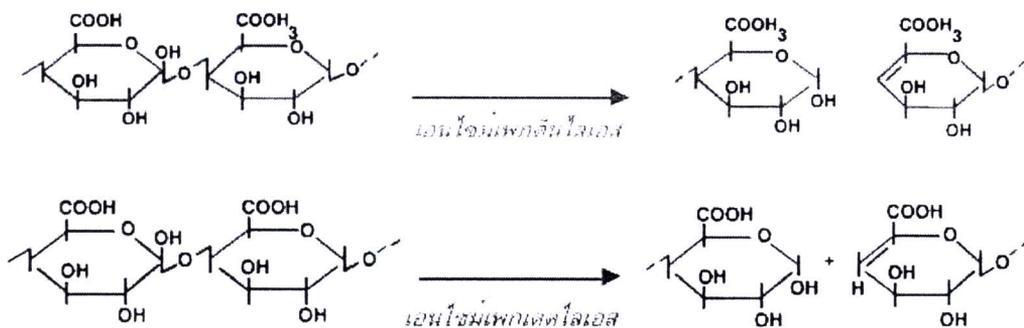
1. เอนไซม์เพกทินเมทิลเอสเทอเรส (Pectin methylhydrolase, EC 3.1.1.11) จะไฮโดรไลซ์พันธะเมทิลเอสเทอร์ของเพกทินได้เป็นกรดเพกติกและเมทานอล เอนไซม์นี้บางครั้งเรียกว่าเพกทินเอสเทอเรส เพกเทส เพกทินเมทอกซีเลส เพกทินดีเมทอกซีเลส และเพกโทไลเพส การไฮโดรไลซิสเพกทินเป็นกรดเพกทินในภาวะที่มีแคลเซียมไอออนจะทำให้เพิ่มความแข็งแรงของเนื้อสัมผัส เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมระหว่างแคลเซียมไอออนกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดเพกทิน



2. เอนไซม์พอลิกลาแล็กตูโรเนส (Poly- α -1, 4-galacturonide glycano-hydrolase, EC 3.2.1.15) เป็นเอนไซม์ที่ไฮโดรไลซ์พันธะแอลฟา-1, 4-ไกลโคไซด์ระหว่างหน่วยย่อยของกรดแอนไฮโดรกลาแล็กตูโรนิก ซึ่งเอนไซม์นี้พบทั้งเอนโดและเอกโซพอลิกลาแล็กตูโรเนส โดยชนิดเอกโซพอลิกลาแล็กตูโรเนสจะไฮโดรไลซ์พันธะที่อยู่ปลายสุดของสายพอลิเมอร์ สำหรับในพืชอาจมีเอนไซม์พอลิเมทิลกลาแล็กตูโรเนสซึ่งจะไฮโดรไลซ์โมเลกุลของเพคติน และเอนไซม์พอลิกลาแล็กตูโรเนสซึ่งจะไฮโดรไลซ์โมเลกุลกรดเพคติน แต่เอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรสจะมีความไวในการเปลี่ยนเพคตินเป็นกรดเพคติน ดังนั้นบทบาทของเอนไซม์พอลิกลาแล็กตูโรเนสในการไฮโดรไลซ์กรดเพคติกจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้เปลี่ยนไป เช่น ทำให้มะเขือเทศสุกนิ่มลง



3. เอนไซม์เพคเตทไลเอส [Poly (1, 4- α -D-galacturonide) lyase, EC 4.2.2.2] จะไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคไซด์ของทั้งเพคตินและกรดเพคติน โดยไม่มีน้ำแต่โดยอาศัย β -elimination ทำให้เกิดเป็นพันธะคู่ เอนไซม์นี้พบได้เฉพาะในจุลินทรีย์แต่ไม่พบในพืชชั้นสูง และมีทั้งชนิดเอนโดและเอกโซเช่นเดียวกัน



ปัจจุบันมีรายงานการวิจัยหลายฉบับที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ เหล่านี้ เพื่อช่วยในการสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งพบว่า การใช้เอนไซม์ช่วยให้สามารถแยกน้ำมันออกจากเนื้อมะพร้าวได้ง่าย และมีผลได้เพิ่มสูงขึ้น

McGlon, Canales, and Carte (1986) ผสมเอนไซม์ α -amylase Polygalacturonase และ Protease กับเนื้อมะพร้าวบดละเอียดกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำเป็น 1: 4 ทิ้งไว้ 30 นาที บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วหมุนเหวี่ยงที่ 12, 300g สามารถแยกน้ำมันได้ร้อยละ 60

Man et al., (1996) ประสบความสำเร็จในการสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยเอนไซม์ผสมของ Cellulase, α -amylase, Polygalacturonase และ Protease ความเข้มข้นร้อยละ 1 ได้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 74 ซึ่ง Polygalacturonase จะไปทำลาย α - linkages ของ Polygalacturonic acid ของสายพอลิเมอร์แบบคู่จากส่วนปลาย

Sant et al., (2003) ศึกษาการสกัดน้ำมันและโปรตีนจากมะพร้าวด้วยเอนไซม์ทางการค้า ได้แก่ Viscozyme L, Termamyl, Pectinex, Celluclast และ Neutrase โดยศึกษาถึงชนิด ความเข้มข้น ระยะเวลาในการบ่ม ค่าพีเอช และอัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวและน้ำ ใช้อุณหภูมิในการบ่ม 2 ช่วงอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สำหรับการทำงานของเอนไซม์จำพวก Pectinolytic หรือ Cellulase และต่อด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับการทำงานของเอนไซม์จำพวก Protease จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที พบว่าการใช้เอนไซม์ Viscozyme L ร้อยละ 0.6 และเอนไซม์ Neutrase ร้อยละ 0.3 บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และต่อด้วยการบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที รวมเป็นเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำเท่ากับ 1: 6 และค่าพีเอชตามธรรมชาติของมะพร้าวประมาณ 7 จะให้ปริมาณน้ำมันและโปรตีนรวมกันร้อยละ 92

Zuniga, Soto, Mora, Chamy, and Lema (2003) ศึกษาการใช้เอนไซม์ผสมระหว่าง Ultrazyme กับ Celluclast และ Olivex กับ Celluclast ในการสกัดน้ำมันจาก *Guevina avellana mol* หรือ Chilean hazelnut โดยอัตราส่วนของสับสเตรตต่อเอนไซม์ 1: 1 ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ที่สภาวะในการบ่ม 40 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลของเอนไซม์ผสมที่ได้มีความใกล้เคียงกันโดยได้ปริมาณผลผลิตสูงกว่าร้อยละ 72

2.2.7 การประเมินอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นเวลาที่ผลิตภัณฑ์สามารถอยู่บนชั้นของผู้ค้าปลีกและผู้บริโภคได้ ก่อนที่อาหารจะมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์อาหารไว้ในสภาวะที่ระบุ อายุการเก็บเป็นเวลาระหว่างที่อาหารมีความปลอดภัยอยู่ ยังคงมีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ที่ต้องการอยู่ และสอดคล้องกับการระบุข้อมูลทางด้าน

โภชนาการที่ระบุไว้ (รุ่งนภา วิสิฐอุครการ, 2540) อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียยาก เช่น อาหารกระป๋อง อาหารแห้ง อาหารแช่แข็ง จะบอกอายุการเก็บในหน่วยเดือน หรือปี ในขณะที่อาหารที่เน่าเสียง่ายจะบอกอายุการเก็บในหน่วยวัน ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บ คือกำหนดวันหมดอายุของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคทราบ ปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บอาหารสด คือ เชื้อจุลินทรีย์ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บของอาหารแปรรูป มักเป็นปัจจัยทางกายภาพ และเคมี ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เพิ่งออกสู่ตลาดควรทำการศึกษายุการเก็บเป็นอย่างมาก แต่การทดสอบโดยทดลองเก็บจริงอาจไม่สะดวกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน จึงมีการศึกษาโดยวิธีเร่งแทน (Smith, 1993)

Labuza and Schmidl (1982) อธิบายการทดสอบอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการเร่งการเก็บ (Accelerated shelf-life test) ซึ่งเป็นวิธีการเร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้คาดคะเนอายุของผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องรอถึง 12-24 เดือน ในการกำหนดเวลาสิ้นสุดในการเร่งอายุการเก็บ อาจใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือการวัดปัจจัยคุณภาพอื่น ๆ เช่น การวัดปฏิกิริยาทางเคมี การตรวจสอบทางกายภาพ เป็นต้น

Pristouri, Badeka and Kontominas (2009) ศึกษาผลของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณลักษณะของน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ ทดลองใช้ภาชนะ ขวดแก้วใส ขวด PET ขวด PET สีเทา ขวด PET สีฟ้า ขวด PET สีเหลือง ขวด PET สีเขียว และ ขวด PP สีใส เก็บรักษาเป็นเวลามากกว่า 12 เดือนพบว่าขวดแก้วเป็นภาชนะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเก็บน้ำมันมะกอก รองลงมาคือ ขวดชนิด polyethylene terephthalate (PET) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันมะกอก ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุ (Container headspace) และความสามารถในการซึมผ่านออกซิเจนของภาชนะบรรจุ ตามลำดับ

ณรงค์ โฉมเฉลา (2548) ได้ศึกษาการเก็บรักษาการเก็บรักษาน้ำมันมะพร้าว พบว่าน้ำมันมะพร้าวจะเป็นไขที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และจะกลับมาใสเหมือนเดิมที่อุณหภูมิห้อง โดยที่คุณสมบัติทุกอย่างยังคงเหมือนเดิม สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องเก็บในตู้เย็น อย่าให้โดนแสงแดด หรือความร้อนมากเกินไป (หากน้ำมันมะพร้าวเป็นไขให้นำขวดน้ำมันมะพร้าวไปแช่ในน้ำอุ่นประมาณ 5 นาที น้ำมันมะพร้าวจะกลับมาใสเหมือนเดิม)

2.2 น้ำมันปรุงอาหาร

ปัจจุบันน้ำมันปรุงอาหารมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันมาก ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกใช้ไขมันพืชเป็นหลักในการประกอบอาหาร เนื่องจากหาซื้อได้สะดวกกว่าน้ำมันจากสัตว์ น้ำมันจากพืช

น้ำมันอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป หากเลือกใช้อย่างเหมาะสมจะเกิดประโยชน์อย่างยิ่ง กล่าวคือได้ทั้งอาหารที่อร่อย ปลอดภัย ป้องกันโรค และไม่เกิดโทษต่อสุขภาพ น้ำมันพืชที่มีขายในท้องตลาดมี 2 ชนิด (ทิพเนตร อริยปิณฑน์, 2546) คือ

1. ชนิดที่เป็นไข เมื่อนำไปแช่ตู้เย็น หรือเมื่ออากาศเย็น
2. ชนิดที่ไม่เป็นไขในที่เย็น

น้ำมันพืชชนิดที่เป็นไขจะประกอบไปด้วยไขมันชนิดอิ่มตัวอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นไขมันที่อยู่ในไขมันสัตว์ ไขมันจากมะพร้าวและปาล์ม มีคุณสมบัติเป็นไขได้ง่าย ย่อยยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กทารกจะย่อยได้ไม่คืบค่น นอกจากนี้ยังทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูง แต่มีข้อดีคือ จะทนต่อความร้อน ความชื้น และออกซิเจน ไม่เหม็นหืน และเวลาที่ใช้ทอดอาหาร จะทำให้อาหารกรอบอร่อยน่ารับประทาน

น้ำมันชนิดที่ไม่เป็นไขประกอบด้วยไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่สูง ไขมันชนิดนี้ย่อยง่าย ร่างกายนำไปใช้สร้างเซลล์ต่างๆ จึงเหมาะกับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตและยังช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ผู้ที่มีปัญหาคอเลสเตอรอลในเลือดสูงควรเลือกใช้น้ำมันชนิดนี้ แต่ข้อเสียของน้ำมันชนิดนี้คือ เมื่อถูกทำลายจะกลายเป็นสารประกอบโพลาร์ซึ่งทำให้น้ำมันเป็นสีน้ำตาล และมีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งสารโพลาร์นี้ทำให้เกิดโรคหัวใจจากเส้นเลือดหัวใจตีบตัน อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นเป็นเพียงผลที่เกิดในสัตว์ทดลอง ส่วนในคนยังไม่มีหลักฐานใดๆ ว่าสารโพลาร์จากไขมันไม่อิ่มตัวที่ถูกความร้อนสูงจะทำให้เกิดโรคเหมือนในสัตว์ทดลองเลย

2.2.1 ชนิดของน้ำมันปรุงอาหาร

น้ำมันและไขมันที่นำมาใช้ปรุงอาหาร จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานและความร้อนแก่ร่างกายได้มากกว่าสารอาหารพวกอื่น ทั้งยังช่วยในการดูดซึมวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายบางชนิด ได้แก่ วิตามินเอ ดี อี เค น้ำมันที่มีจำหน่ายทั่วไปนั้นมีทั้งชนิดที่มาจากสัตว์และพืช เช่น เนย เนยเทียม น้ำมันหมู น้ำมันรำ น้ำมันฝ้าย เป็นต้น (วรรณท์ สุกพิพัฒน์, 2538)

น้ำมันพืชปรุงอาหารที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาดนั้นมีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดดอกทานตะวัน เมล็ดปาล์ม เนื้อปาล์ม รำข้าว เมล็ดข้าวโพด เป็นต้น จากการสกัดน้ำมันที่ใช้แหล่งวัตถุดิบแตกต่างกัน จึงทำให้มีองค์ประกอบและสัดส่วนของกรดไขมันที่แตกต่างกันด้วย ส่วนประกอบที่แตกต่างกันของกรดไขมันนี้ มีผลทำให้น้ำมันปรุงอาหารมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น น้ำมันปรุงอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณมาก สามารถใช้ทอดอาหารได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันปรุงอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก หรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งอยู่มาก จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยา



ออกซิเดชัน ถ้ามีการนำไปใช้ทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง เป็นระยะเวลาสั้น จะทำให้เกิดสารโพลีเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ น้ำมันหรือไขมันจากพืชและสัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันปรุงอาหารธรรมชาติ (Virgin oil) ซึ่งได้รับการบีบ อัด และกรอง และน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านกรรมวิธี Refined เป็นน้ำมันที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติแล้วนำไปผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ (Connor, 2000)

สำหรับตัวอย่างน้ำมันปรุงอาหารที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด และคุณลักษณะในการเลือกใช้ (Connor, 2000) มีดังนี้

1. น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil)

น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดปาล์มไม่นิยมนำมาทอดอาหาร เพราะมีจุดมีควันค่อนข้างต่ำ มีกรดลอริก (C-12) และกรดไมริสติก (C-14) ประมาณร้อยละ 65-70 และกรดไขมันอิ่มตัวที่มีคาร์บอนระหว่าง 1-10 อะตอม ประมาณร้อยละ 10 น้ำมันประเภทนี้เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

2. น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันรำข้าว และน้ำมันงา

น้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันรำข้าวมีกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 44-46 ซึ่งสูงกว่ากรดไลโนเลอิกเล็กน้อยมีประมาณร้อยละ 31-34 ในขณะที่กรดไขมันทั้งสองในน้ำมันงามีประมาณร้อยละ 40 ซึ่งใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำมันประเภทนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากเช่นกัน โอกาสการเกิดอนุมูลอิสระจึงมีมากขึ้นด้วย น้ำมันประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับการผัดอาหารและปรุงอาหารที่ไม่ใช้ความร้อนสูงมากเหมือนการทอด เนื่องจากจุดมีควันต่ำกว่าน้ำมันปาล์ม

3. น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันฝ้าย

น้ำมันเหล่านี้มีกรดโอเลอิกสูงกว่าร้อยละ 50 น้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันดอกคำฝอยมีกรดไลโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นอยู่สูงถึง 68 และ 78 และกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 13 และ 19 ตามลำดับ ส่วนในน้ำมันข้าวโพด และน้ำมันฝ้าย พบกรดไลโนเลอิกประมาณร้อยละ 53 และ 57 และกรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 18 และ 27 ตามลำดับ โดยภาพรวมไม่ควรใช้น้ำมันประเภทนี้ทอดอาหาร เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดค่อนข้างสูงคือประมาณร้อยละ 79-90 (ลัดดาวัลย์ วรรณุช, 2553)

4. น้ำมันมะกอก (Olive oil)

น้ำมันมะกอกเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากผลมะกอก (*Olea europae L.*) มีกรดโอเลอิกสูง (ร้อยละ 70) ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบไตรกลีเซอไรด์ ไคลิเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ คลอโรฟิลล์ แคโรทีน โพลีฟีนอล โทโคเฟอรอล แต่ไม่มีคอเลสเตอรอล น้ำมันมะกอกมีคุณสมบัติทางการแพทย์ โดยพบว่าประชาชนในแถบเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งบริโภคน้ำมัน

มะกอกเป็นประจำ มีสถิติการเกิดโรคหัวใจต่ำกว่าประชาชนในแถบตะวันตก น้ำมันมะกอกยังช่วยให้ความดันโลหิตเป็นปกติ เป็นตัวช่วยดูดซึมเกลือแร่และวิตามินที่ละลายในไขมัน ทำหน้าที่ช่วยกระเพาะย่อยอาหารและรักษาแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยระบายท้อง สารเคมีที่พบในน้ำมันมะกอกช่วยทดแทนการสูญเสียแคลเซียมในกระดูกคนได้ ช่วยรักษาข้อต่ออักเสบ เพราะโอเมก้า-3 ในน้ำมันมะกอกช่วยลดอาการเจ็บปวดและอาการบวมตามไข (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2554)

5. น้ำมันงา (Sesame Oil)

น้ำมันงาเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากงา (*Sesamum Indicum*) ทั้งเมล็ดงาขาวและงาดำ โดยปกติแล้วเมล็ดงาถูกนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์โดยเฉพาะอาหารมังสาวิรัติ งาเป็นส่วนผสมที่ช่วยเพิ่มรสชาติ ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร และที่สำคัญน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงามีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 82 โดยเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพันธะคู่ 1 พันธะประมาณร้อยละ 38 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายพันธะประมาณร้อยละ 44 ไม่มีคอเลสเตอรอล

น้ำมันงาแบ่งตามวิธีสกัดได้เป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันงาบริสุทธิ์ (Extra Virgin Sesame Oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้ครั้งแรกโดยสกัดแบบอัดเย็น (Cold Press) ใช้อุณหภูมิในการสกัดต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ผ่านการกรอง เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีที่สุดในองค์ประกอบของสารที่เป็นสารกันเสียตามธรรมชาติ (Natural Preservative) ถึง 2 ชนิด คือ เซซามอล (Sesamol) และเซซาโมลิน (Sesamolol) น้ำมันชนิดนี้มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงพันธะคู่หนึ่งอันสูงถึงร้อยละ 37 มีความคงตัวและมีอายุได้ดีกว่าน้ำมันชนิดอื่น ส่วนน้ำมันงาอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า Toasted Sesame Oil เป็นน้ำมันที่สกัดโดยการนำกากที่ได้จากการสกัดแบบอัดเย็นมาสกัดใหม่โดยใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้น้ำมันที่ได้มีสีเข้ม และมีกลิ่นฉุน มีคุณภาพน้อยกว่าน้ำมันงาชนิดแรก ประโยชน์ของน้ำมันงาที่สำคัญในด้านโภชนาการคือ ช่วยลดอาการท้องผูก และกำจัดพยาธิในลำไส้ ช่วยในระบบย่อยอาหาร และช่วยกระตุ้นการหมุนเวียนของโลหิต ในด้านการดูแลผิวพรรณ เมื่อใช้น้ำมันงาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์บำรุงผิว พบว่า น้ำมันงามีคุณสมบัติช่วยลดการเกิดริ้วรอย และยังมีคุณสมบัติช่วยบรรเทาอาการของโรคผิวหนังชนิดเรื้อรัง (สารานุกรมวิทยาศาสตร์, 2552)

6. น้ำมันปาล์ม (Palm Oil)

น้ำมันปรุงอาหารประเภทนี้มีกรดปาล์มมิติก (C-16) และกรดสเตียริก (C-18) ประมาณร้อยละ 37-50 กรดโอเลอิกประมาณร้อยละ 40-45 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนน้อยกว่าร้อยละ 10 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไลโนลินิกน้อยกว่าร้อยละ 1 จึงเหมาะสำหรับการทอดอาหาร

มากกว่าน้ำมันประเภทอื่นๆ เนื่องจากจุดมีควันก่อนข้างสูง จึงทำให้น้ำมันมีความเสถียรในขณะที่ทอดที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้โอกาสการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันหรือไตรกลีเซอรอลมีน้อยกว่า ปัจจุบันได้มีการบริโภคน้ำมันปาล์มทั้งในรูปของน้ำมันพืช มาร์การีน และไขมันพืชเพื่อการประกอบอาหาร ตลอดจนใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารอื่นๆ อีกมากมาย (สารานุกรมวิทยาศาสตร์, 2552)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก. 2535) ได้ให้ความหมายตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับการบริโภคไว้ดังนี้

น้ำมันปาล์มสำหรับการบริโภค เรียกว่า น้ำมันปาล์ม หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเนื้อปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* เพื่อใช้ในการบริโภคและอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร

น้ำมันปาล์มธรรมชาติ หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีทางกล ความร้อน หรือวิธีทางกลร่วมกับความร้อน อาจทำให้สะอาดขึ้นด้วยการล้างน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน กรองและหมუნเหยียงเท่านั้น

สมบัติทางกายภาพของน้ำมันปาล์มมีลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเข้าสู่กระบวนการแยกน้ำมันปาล์มจะแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า ปาล์ม โอลีอิน (palm stearin) ร้อยละ 25 ปาล์ม โอลีอิน ปาล์ม โอลีอินเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการตลาดมาก และสมบัติทางกายภาพของปาล์ม โอลีอินจะต่างจากน้ำมันปาล์มคือ เป็นของเหลวในอุณหภูมิช่วง 13-24 องศาเซลเซียส และสามารถนำมาผสมกับน้ำมันจากเมล็ด (seed oils) พืชชนิดอื่นได้

7. น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil)

น้ำมันถั่วเหลืองผลิตจากถั่วเหลือง *Glycine max* ซึ่งปลูกในหลายประเทศทั่วโลก ถั่วเหลืองมีที่มาจากเอเชียตะวันออก ในบันทึกของจีนโบราณบอกไว้ว่า ถั่วเหลืองเป็นส่วนสำคัญในตำราการลดน้ำหนัก ปัจจุบันน้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่ได้รับความนิยมสำหรับการบริโภค เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีจำนวนมาก ราคาไม่แพง และใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงและเป็นพวกน้ำมันกึ่งแห้ง (Semidrying oil) ในช่วงปี 1920 น้ำมันถั่วเหลืองเป็นที่นิยมใช้กันมากในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถบริโภคได้ เช่น สบู่ สี และน้ำมันเคลือบเงา การใช้งานน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารถูกจำกัดเนื่องจากมีปริมาณของกรดไลโนเลนิกสูง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น ปัจจุบันได้รับการแก้ไขและได้รับการยอมรับจากอุตสาหกรรมอาหารแล้ว (ธารดาว ทองแก้ว, 2546)

องค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มีน้ำมันที่ผลิตได้หลายวิธี และหลักเกณฑ์ทางด้านคุณภาพสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรมีดังนี้ (ชารดาว ทองแก้ว, 2546)

- สามารถกลั่นให้บริสุทธิ์โดยมีการสูญเสียต่ำ
- ทำเป็นน้ำมันสลัดได้
- เม็ดสีมีความไวต่อการตอบสนองต่อความร้อน
- สามารถกรองผงึกออกได้ง่าย เมื่อมีไฮโดรจิเนตบางส่วน
- มีค่าไอโอดีนสูงพอสำหรับพื้นฐานของกระบวนการไฮโดรจิเนตของผลิตภัณฑ์
- มีปริมาณของกรดไขมันไลโนเลอิก กรดอาราคิไดโนนิกสูง

ข้อเสียที่เกิดจากธรรมชาติของน้ำมันถั่วเหลือง คือ การที่น้ำมันถั่วเหลืองมีปริมาณกรดไขมันไลโนเลอิกอยู่สูงถึงร้อยละ 6-8 และการที่น้ำมันผ่านการไฮโดรจิเนตแล้วผลึกจะอยู่ในรูปแบบต่ำ การที่มีปริมาณกรดไขมันไลโนเลอิกสูงทำให้ต้องระมัดระวังในการควบคุมป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันและการรวมตัวกับโลหะ เพื่อที่หลีกเลี่ยงการเกิดมีสีและกลิ่นปนเปื้อนในน้ำมัน น้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นพื้นฐานของการผลิตสารเคลือบและ shortening จะต้องมีค่าไอโอดีนต่ำกว่าร้อยละ 10 และมีการเติมน้ำมันฝ้ายหรือน้ำมันปาล์มที่ถูกต้องทำให้แข็งและลงไปเพื่อให้เกิดผลึกในรูปแบบต่ำ

8. น้ำมันหมู (Lard)

น้ำมันหมูมีองค์ประกอบ คือ กลีเซอรอลและไขมันชนิดต่างๆ มากมาย โดยหนึ่งโมเลกุลของกลีเซอรอลจับกับสามโมเลกุลของกรดไขมัน เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ เช่นเดียวกับน้ำมันพืช ในน้ำมันหมูประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด อาทิเช่น กรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดปาล์มมิตริกร้อยละ 25 กรดสเตียริกร้อยละ 14 และกรดไมริสติกร้อยละ 1 กรดไขมันชนิดเชิงเดี่ยว ได้แก่ กรดโอเลอิกร้อยละ 47 และกรดปาล์มมิโตเลอิกร้อยละ 3 และกรดไขมันอิ่มตัวชนิดเชิงซ้อน ได้แก่ กรดไลโนเลอิกร้อยละ 10 น้ำมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการประกอบอาหาร น้ำมันและไขมันจากพืชและสัตว์นอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเพิ่มกลิ่น รสชาติ และเพิ่มความกรอบของอาหารด้วย ในอดีตนิยมนำน้ำมันจากสัตว์มาใช้ในการปรุงอาหาร แต่ในปัจจุบันพบว่า ไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง การบริโภคอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวปริมาณมากเป็นระยะเวลานานติดต่อกัน สามารถเกิดการเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (ชารดาว ทองแก้ว, 2546)

2.4 น้ำสลัด (Dressing)

น้ำสลัด (Dressing) เป็นเครื่องปรุงรสที่ทำให้สลัดมีรสชาติ ที่ได้จากการผสมน้ำมันพืชกับไข่แดงให้เป็นเนื้อเดียวกันหรือเกิดอิมัลชัน และปรุงรสด้วยน้ำตาล น้ำส้มสายชู และส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใช้ปรุงแต่งรสชาติอาหาร เปรี้ยว เค็ม หวาน ลักษณะทั่วไปของน้ำสลัดมีสีขาวนวล มีลักษณะเหลวค่อนข้างข้น เป็นเนื้อเดียวกัน มีปริมาณไขมันทั้งหมดร้อยละ 30-65 โดยน้ำหนัก และมีความเป็นกรดต่ำไม่เกิน 4.1 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2540) มีลักษณะเนื้อสัมผัสหลายแบบ ตั้งแต่เป็นของเหลวใส ของเหลวข้นเทออกจากภาชนะได้ และข้นแข็งจนใช้ช้อนตักออกจากภาชนะ (นิธิยา, 2548) โดยทั่วไปน้ำสลัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (อมราภรณ์ วงษ์พิภ, 2547)

1. **น้ำสลัดใส (French dressing)** มีลักษณะเป็นของเหลวประกอบด้วยน้ำมัน น้ำส้มสายชู เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศสมุนไพร มีน้ำมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 การผสมน้ำสลัดประเภทนี้สามารถผสมโดยวิธีนำส่วนผสมทั้งหมด ผสมใส่ขวดและเขย่าให้ส่วนผสมเข้ากัน

2. **น้ำสลัดข้น (Mayonnaise)** จะมีลักษณะข้นกว่าน้ำสลัดใส ส่วนประกอบของไข่แดง น้ำมันพืช น้ำส้มสายชู เกลือ และน้ำตาล หรือเพิ่มเครื่องเทศสมุนไพร ผลไม้สด น้ำผลไม้ เพื่อให้เกิดลักษณะของน้ำสลัดที่แตกต่างกันออกไป เช่น น้ำสลัดเซาซันด์ไอส์แลนด์ มายองเนสรัสเซีย มายองเนสผลไม้ เป็นต้น น้ำสลัดประเภทนี้จะมีน้ำมันอย่างน้อยร้อยละ 68

น้ำสลัดเป็นอิมัลชันที่มีการกระจายตัวแบบน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) โดยมีน้ำที่ได้จากน้ำส้มสายชู และไข่เป็นตัวกลาง (continuous phase) ให้เกิดการกระจายตัวของเม็ดน้ำมันขนาดเล็ก (dispersed phase) (McClements, 1999) นอกจากนี้ไข่ยังทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ โดยส่วนของไข่แดงจะประกอบด้วยไลโปโพรตีน และไข่ขาวมีอัลบูมิน ที่ทำให้ไข่เป็นสารช่วยกระจายตัวได้ (Ford *et al.*, 1997) การกระจายตัวของน้ำมันและของเหลวจะอยู่ตัวได้นานมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิในการเก็บน้ำสลัด ความเข้มข้นของสารช่วยกระจายตัว ความเป็นกรดต่ำ ประจุบนอนุภาคน้ำมันปริมาณสารแขวนลอยและสารที่มีลักษณะเป็นผง เช่น แป้งและเครื่องเทศต่างๆ ที่ผสมอยู่ในน้ำสลัด เป็นต้น (ศิริลักษณ์ สนิทวาลย์, 2525) ความข้นหนืดของน้ำสลัดจะขึ้นกับขนาดและปริมาณของเม็ดน้ำมัน (oil droplet) หากเม็ดน้ำมันมีขนาดเล็กและมีปริมาณมาก น้ำสลัดที่ได้จะมีความข้นหนืดได้ (Ford *et al.*, 1997)

2.4.1 สูตรน้ำสลัดแบบข้น (อมราภรณ์ วงษ์พีค, 2547)

ส่วนผสม : ไข่ 2 ฟอง, น้ำมันาว 2 ช้อนโต๊ะ, น้ำส้มสายชู 1 ช้อนโต๊ะ, น้ำตาลทราย 1 ช้อนชา, มัสตาร์ดผง 3/4 ช้อนชา, เกลือ ½ ช้อนชา, พริกไทยป่น ½ ช้อนชา, น้ำมันสลัด 2 ถ้วยตวง และนมข้นหวาน ½ ถ้วยตวง

วิธีทำ

1. ตีไข่จนเป็นเล็องนวล ใช้เครื่องตีไข่
2. ใส่น้ำตาล มัสตาร์ด นมข้นหวาน เกลือ และพริกไทยป่น ตีด้วยความเร็วสูง ประมาณ 30 วินาที
3. หลังจากนั้นค่อยๆ เหยาะน้ำมันลงทีละน้อยจนหมด
4. ใส่น้ำส้มสายชูค่อยๆ เพิ่มน้ำมันใส่อย่างช้าๆ ตีด้วยความเร็วสูง
5. เทน้ำมันาวลงทีละน้อย สลับกับน้ำมันจนหมดส่วนผสม หรือนำส่วนผสมทั้งหมดใส่เครื่องปั่น ใช้ความเร็วสูงประมาณ 15 นาที

2.4.2 คุณสมบัติที่ดีของน้ำสลัด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

1. ลักษณะทั่วไปต้องละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกตัวออกจากกัน ถ้ามีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ ต้องกระจายตัวสม่ำเสมอ
2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้
3. กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็นหืน
4. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์
5. สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด เป็นต้น
6. ค่าเพอร์ออกไซด์ (กรณีที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ) ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม
7. วัตถุเจือปนอาหาร
 - สารเพิ่มความเป็นกรดในปริมาณที่เหมาะสม

- สี ห้ามใส่สีสังเคราะห์ทุกชนิด
- สารปรุงแต่งกลิ่นรสมีในปริมาณที่เหมาะสม
- สารให้ความคงตัว มีปริมาณที่เหมาะสม
- หากมีการใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนด

8. จุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- *Salmonella* (กรณีมีไข่ไก่เป็นส่วนประกอบ) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
- *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม
- *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ในตัวอย่าง 1 กรัม
- ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.4.3 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำสลัด

1. น้ำมันสลัด

น้ำมันสลัด คือ น้ำมันพืชบริเวณผ่านกรรมวิธีคงความใสไว้แม้เก็บในตู้เย็น ได้แก่ น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันที่อยู่ในสภาพอนุภาคเล็กๆ ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรง ถ้าปริมาณน้ำมันยิ่งมากน้ำสลัดจะยิ่งข้นจนกระทั่งทรงตัวเป็นของแข็งที่อ่อนนุ่มได้ แต่ถ้าน้ำมันมากเกินไปส่วนน้ำจะอู๋มไว้ได้ น้ำมันจะรวมตัวกันเอง และแยกตัวออกจากส่งน้ำ เรียกว่า Emulsion breakdown (นิรนาม, 2543) โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากมีราคาถูกและไม่เป็นไขเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากการที่น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณมาก จึงป้องกันการเสียดสภาพของอิมัลชันเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (Wiess, 1970)

2. ไข่แดง

มีสารประกอบ Lecithin ทำหน้าที่เป็น Emulsifier เชื่อมอนุภาคน้ำมันกับน้ำ ทำให้อนุภาคน้ำมันสามารถกระจายอยู่ในส่วนของน้ำได้ อาจใช้เฉพาะไข่แดงหรือไข่ทั้งฟองก็ได้ ในทางอุตสาหกรรมใช้ไข่แช่แข็งหรือไข่ผงเพื่อความสะดวกในการผลิต ไข่ผงให้ความหนืดสูงกว่าไข่แช่แข็งและไข่สด ตามลำดับ ไข่ที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้ไขมันกระจายตัวได้ดี (นิรนาม, 2543)

3. กรด

กรดที่ใช้เติมอยู่ในน้ำมันสลัดอยู่ในรูปของน้ำส้มสายชูหรือน้ำมะนาว น้ำส้มสายชูให้รสเปรี้ยวของกรดน้ำส้ม (acetic acid) น้ำมะนาวให้รสเปรี้ยวของกรดน้ำมะนาว (citric acid) กรด

นอกจากให้รสเปรี้ยวแล้วยังทำหน้าที่ถนอมรักษาน้ำสลัด เนื่องจากการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำส้มสายชู ซึ่งมีกรดอะซิติกที่สามารถลดความต้านทานของ *Salmonella sp.* ที่ปนเปื้อน (Weiss, 1970) น้ำส้มสายชูมี 2 ชนิด คือ น้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักไวน์ผลไม้หรือไวน์ข้าวเหนียว และน้ำส้มสายชูที่ได้จากหมักแอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชูแบบแรกมีกลิ่นหอมกว่าและราคาแพงกว่า โดยทั่วไปใช้แบบหลัง ส่วนน้ำมันาวให้กลิ่นรสถึกว่าน้ำส้มสายชูแต่มีราคาแพงกว่าจึงไม่นิยมใช้ตามลำพัง

4. เครื่องปรุงรสอื่นๆ

เครื่องปรุงรสอื่นๆ ที่ใช้ได้แก่ เกลือ น้ำตาล นมข้นหวาน มัสตาร์ด เครื่องเทศ ได้แก่ หอม กระเทียม พริกไทย ห้ามใช้เครื่องเทศที่ให้สี ยกเว้นคัสตาร์ดให้สีเหลือง และพริกแกงมัสตาร์ดที่ให้สีแดง (นิรนาม, 2543)

5. ส่วนประกอบอื่นๆ

ส่วนประกอบอื่นๆ อาจมีการเติมสารจับโลหะ ที่นิยมใช้คือ Disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA) ปริมาณไม่เกิน 75 ppm เพื่อป้องกันปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของน้ำมัน ทำให้การเก็บรักษานานขึ้น (นิรนาม, 2543)

2.4.4 การบรรจุหีบห่อและการเปลี่ยนแปลงของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษา

การบรรจุน้ำสลัดใช้ขวดแก้วปากกว้างขนาดต่างๆ การบรรจุถ้ามากจนล้นออกมาที่เกลียวด้านนอก น้ำจะระเหยเหลือแต่น้ำมันสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดกลิ่นเหม็นหืน และเหนียวเป็นยาง กลิ่นเหม็นหืนดังกล่าวอาจแพร่มาที่น้ำสลัดในขวดด้วย แต่ถ้าบรรจุไม่เต็มอากาศเหนือผิวอาหารในขวด ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (นิรนาม, 2539) การปิดฝาภาชนะบรรจุไม่สนิทหรือเปิดขวดไว้นาน ทำให้น้ำระเหยออกไปมาก เมื่อน้ำมันจะแตกตัวออก หรือเมื่อภาชนะบรรจุได้รับแรงสะเทือนมาก ทำให้น้ำมันรวมตัวกันได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อทำการขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ การแตกตัวของน้ำสลัดอาจแก้ไขได้ โดยนำน้ำสลัดที่มีปัญหาใส่ลงในน้ำส้มสายชู หรือไข่ก็ได้ โดยใส่ลงไปทีละน้อย ๆ สลับกับการตีให้เข้ากัน (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528)

ลักษณะการเสียและอายุการเก็บของน้ำสลัดคล้ายกันกับมายองเนส การแตกตัวจะเกิดขึ้น เมื่อเมื่อน้ำมันรวมตัวกันให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าเกิดขึ้นในขณะที่ทำการผสมแสดงว่าการรวมตัวเป็นอิมัลชันไม่สมบูรณ์ อาจเกิดขึ้นจากการใส่น้ำมันเร็วเกินไป ใช้สารช่วยกระจายไขมัน

น้อยเกินไปหรือดีน้่อยเกินไป หรือการใช้น้ำมากเกินไป เมื่อดังน้ำสลัดไว้นานอาจเกิดการแยกชั้นได้ โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ต่ำสุดของขวด กรณีเช่นนี้เกิดจากมีส่วนผสมของน้ำเกินร้อยละ 15 การแช่แข็งทำให้สารอิมัลซิไฟเออร์หลุดออกจากผิวของเม็ดน้ำมัน น้ำมันจะรวมตัวกันและมีขนาดใหญ่ขึ้น การเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้การขยายตัวของน้ำและน้ำมันไม่เท่ากัน ทำให้น้ำมันแตกตัวออก (ณรงค์ และ อัญชนีย์, 2528)

น้ำสลัดที่ดีควรมีความเสถียร (stability) ของอิมัลชันสูง กล่าวคือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน การสูญเสียความเสถียรของอิมัลชันเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ จากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะทำให้อิมัลชันเกิดการตกตะกอน (sedimentation) หรือเกิดการลอยตัว (creaming) นอกจากนี้ยังเกิดได้จากการที่เม็ดไขมันเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กัน จนทำให้เกิดการเกาะกลุ่ม (flocculation) หรือการรวมตัว (coalescence) กันได้ (McClements, 1999)

2.5 โยเกิร์ต (Yogurt)

โยเกิร์ต (yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตในรูปแบบปัจจุบันมีรูปแบบดังนี้ เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักเตรียมได้จากนม (whole milk) นมพร่องไขมัน นมคั้นรูปพร่องมันเนย นมข้น หรือผลิตภัณฑ์นมอื่นๆ หรือส่วนผสมของนมเหล่านี้ผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้สัดส่วนขององค์ประกอบที่ถูกต้องสำหรับโยเกิร์ตชนิดหนึ่งๆ โดยอาศัยการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตส (lactose) เป็นกรดแลคติก (lactic acid) ของเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งช่วยในการรักษาน้ำนมไว้ในตัว เพราะกรดที่เกิดขึ้นนมมีความเป็นกรดสูงขึ้น มีผลให้จุลินทรีย์ที่จะทำให้นมเสื่อมคุณภาพเจริญเติบโตไม่ได้ จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไว้ได้นานขึ้น (วราวุฒิ ทรูตัง และรุ่งนภาพงษ์สวัสดิ์มานิต , 2332; Tamime and Robinson, 1985)

โยเกิร์ตทุกชนิดจะต้องมี acidity level และ microbiological quality ดังนี้

1. ต้องมี acidity level (pH) ต่ำกว่า 4.5
2. ไม่มีน้ำย่อย phosphatase เหลืออยู่น้อย
3. ไม่มีเชื้อ Coliform bacteria ใน 0.1 ml
4. จำนวนของ yeast, fungi และ bacteria ต้องต่ำกว่า 100 per ml

2.4.1 ชนิดของโยเกิร์ต (นรินทร์ ทองศิริ, 2531)

1. โยเกิร์ตชนิดเซต (set yogurt)

โยเกิร์ตชนิดเซต (set yogurt) คือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตโดยนำน้ำนมมาผ่านกระบวนการปรับมาตรฐาน การโฮโมจีไนส์ การให้ความร้อน และเพาะเชื้อเริ่มต้นแล้วนำมาบรรจุในภาชนะที่ใช้จำหน่าย แล้วนำไปหมักให้นมตกตะกอนในภาชนะนั้น แล้วนำไปแช่เย็นเพื่อเก็บรักษาโดยไม่มีการกวน เมื่อจะบริโภคผู้บริโภคต้องกวนหรือตีกับประมาณทันทีที่ได้ สำหรับโยเกิร์ตผลไม้ (fruit yogurt) ก็นำผลไม้ที่เตรียมไว้แล้ว ใส่ลงที่ก้นภาชนะก่อนแล้วจึงเติมนมที่เพาะเชื้อลงไป แล้วนำไปหมัก เมื่อจะบริโภคต้องกวนให้โยเกิร์ตและผลไม้ผสมกันก่อนบริโภค

2. โยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yogurt)

โยเกิร์ตชนิดกวน (stirred yogurt) คือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการหมักให้นมตกตะกอนในถังหมักใหญ่ก่อนแล้วจึงนำโยเกิร์ตมาบรรจุในภาชนะที่จะใช้จำหน่าย ถ้าเป็นโยเกิร์ตผลไม้แบบกวน (stirred fruit yogurt) ผู้ผลิตจะใส่ผลไม้ลงในภาชนะก่อน แล้วจึงเติมโยเกิร์ตที่หมักแล้วลงไป ผู้บริโภคยังคงต้องคนโยเกิร์ตกับผลไม้ให้ผสมกันก่อนบริโภค

3. โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ (Swiss style fruit yogurt)

โยเกิร์ตผลไม้ชนิดสวิสสไตล์ (Swiss style fruit yogurt) คือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตชนิดที่เมื่อหมักนมจนเป็นโยเกิร์ตในถังหมัก กวนและผสมผลไม้ลงไปในถังหมักกวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำโยเกิร์ตที่ผสมผลไม้กวนมาบรรจุใส่ภาชนะที่จะใช้จำหน่าย ผู้บริโภคไม่ต้องคนโยเกิร์ตผสมกับผลไม้กวนอีก

4. นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (Drinking yogurt or yogurt drinking)

นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม (Drinking yogurt or yogurt drinking) เป็นผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหลว ที่นำเอาโยเกิร์ตที่หมักในถังมาเจือจางด้วยน้ำเชื่อม หรือน้ำผลไม้ แล้วปรุงแต่งเติมสารปนอาหาร เช่น สี กลิ่นผลไม้ และสารเสริมความคงตัว เป็นต้น

2.4.2 คุณประโยชน์ของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่ได้รับการยกย่องให้มียชื่อว่าเป็นอาหารมหัศจรรย์ (miracle food) สำหรับเด็กวัยรุ่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่ต้องการรักษาทรุดทรอง ผู้รักษาสุขภาพหรือผู้ที่สนใจอาหารธรรมชาติ Fuller (1991) สรุปคุณประโยชน์ของโยเกิร์ตแบ่งออกเป็น 3 ข้อใหญ่ คือ

1. คุณประโยชน์ทางโภชนาการ (Nutrition value)

โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีพลังงานและไขมันต่ำ (จำหน่ายตามปริมาณไขมันนม) อุดมด้วยแคลเซียมและโปรตีนที่มีคุณภาพดี ชื่อเคซีน (casein) และโปรตีนเวย์ (whey protein) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนอิสระหลายชนิด แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตกึ่งนม พบว่า โยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีนสูงกว่านม เนื่องจากส่วนประกอบที่เติมลงไป นมหรือโยเกิร์ตโดยตรงและผลอันเนื่องมาจากการหมักของจุลินทรีย์โยเกิร์ต

2. คุณสมบัติด้านการย่อย (Digestibility)

โยเกิร์ตย่อยได้ง่ายกว่านมทั้งในส่วนของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากปัจจัยดังนี้

โปรตีน: ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีความเป็นกรดสูง ลักษณะของลิ้นนมเคซีนมีลักษณะค่อนข้างนุ่ม และมีขนาดเล็ก การเพิ่มการหลั่งเอนไซม์ในการย่อยของต่อมน้ำลายเมื่อถูกกระตุ้นด้วยอนุภาคของลิ้นนม และผลการให้ความร้อนและการย่อยของจุลินทรีย์แลคติกทำให้ปริมาณเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น

คาร์โบไฮเดรต: ในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต จุลินทรีย์แลคติกในโยเกิร์ตได้ย่อยแลคโตสให้เป็นกรดแลคติกไปก่อนแล้วเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมด แลคโตสส่วนที่เหลือ จุลินทรีย์ก็ทำการย่อยจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ กลูโคสและกาแลคโทส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กได้

3. การนำโยเกิร์ตมาใช้ในด้านโภชนาการบำบัด (Therapeutic use)

ชาวบุลกาเรีย ตุรกี และอามิเนียน เชื่อกันว่าการมีสุขภาพดีอายุยืนนาน และเนื่องจากการรับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำ ความเชื่อนี้จึงมีความเป็นไปได้แม้ใช้การบริโภคโยเกิร์ตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น อาจรวมไปถึงการบริโภคอาหารหมักพื้นเมืองซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์แลคติกเป็นกล้าเชื้อหมักอยู่ด้วย ทั้งนี้ Ei Metchnikov เป็นผู้บุกเบิกการประเมินผลของโยเกิร์ตอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในด้านการนำมารักษาโรค โดยเขียนไว้ในหนังสือ "The prolongation life" ว่าอาการไม่สบายต่างๆ ที่เกิดขึ้น สามารถบรรเทาได้ด้วยการบริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำ (Feller, 1991) การนำโยเกิร์ตมาใช้ในด้านโภชนาการบำบัดมีหลายกรณี เช่น การปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ การที่ระบบ

ทางเดินอาหารมีอาหารผิดปกติ โรคแพ้ภูมิตาเลนม โรคกระดูกพรุน การลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด การต่อโรคต้านมะเร็ง เป็นต้น (Scheinbach, 1998)

2.5 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว

2.5.1 ความหมายและส่วนประกอบของไส้กรอกเปรี้ยว

ไส้กรอกหมักหรือไส้กรอกอีสาน (fermented sausage or Isan sausage) หมายถึง ไส้กรอกที่ปรับสภาวะต่างๆ ให้เหมาะแก่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ทำให้ pH ของไส้กรอกลดลงอยู่ในช่วง 4.8-4.5 ไส้กรอกชนิดนี้อาจเป็นไส้กรอกชนิดแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 35 และไส้กรอกกึ่งแห้งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 50 ในการทำไส้กรอกทั้งสองแบบนี้จะนำเนื้อมาหมักเกลือ (cure) ไว้ก่อนที่อุณหภูมิ 3-4 องศาเซลเซียส นาน 48-72 ชั่วโมง จากนั้นจะบรรจุในไส้ตามขนาดที่ต้องการและนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส นาน 14-48 ชั่วโมง ส่วนใหญ่จะนำไส้กรอกไปรมควันและเพิ่มอุณหภูมิในตูรมควันให้สูงขึ้นจนกระทั่งไส้กรอกสุก สำหรับไส้กรอกกึ่งแห้งจะทำให้สุกโดยมีอุณหภูมิภายใน 58 องศาเซลเซียส ส่วนไส้กรอกชนิดแห้งจะมีอุณหภูมิภายในสูงสุดไม่เกิน 72 องศาเซลเซียส (Gillespie, 1960; Kramlich, 1960)

ไส้กรอกเปรี้ยวหรือไส้กรอกอีสาน เป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย (Platt and Cook, 1995) โดยไส้กรอกเปรี้ยวทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส จากนั้นนำไปบรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ แล้วผ่านการหมักจนเปรี้ยวและต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) ขั้นตอนในการผลิตที่สำคัญ คือ นำเนื้อหมูมาบดหยาบ 1 ครั้ง ผสมเครื่องปรุงต่างๆ และข้าว ตามส่วนผสมที่กำหนดไว้จนเหนียว นำส่วนผสมที่ได้มาบรรจุลงในไส้ นำมาผูกเป็นปล้องๆ ขนาดความยาวตามต้องการ หมักทิ้งไว้ 1 คืน นำมาแขวนผึ่ง 2-3 วัน จะเกิดรสเปรี้ยว ใช้การอบ ย่าง หรือทอดจนเหลืองสุก รับประทานกับผักสดและจิง (ประทุม อุ่นเรือน และพาขวัญ ทองรักษ์, 2541) กรรมวิธีในการผลิตรวมทั้งส่วนผสมไส้กรอกเปรี้ยวจากแต่ละแห่งจะแตกต่างกันออกไป (สุวรรณ เนียมสนิท, 2539)

ส่วนประกอบไส้กรอกเปรี้ยว (อรวัลล์ สุขสุเดช, 2540; สุวรรณมา เนียมสนิท, 2539)

1. เนื้อหมู ในการทำไส้กรอกเปรี้ยวจะต้องใช้เนื้อหมูสด มีคุณภาพดี จุลินทรีย์ปะปนน้อยและจะต้องมีสมบัติในการยัดน้ำได้ดีด้วย เพื่อให้ได้ไส้กรอกที่มีคุณลักษณะน่ารับประทาน
2. ไขมัน เติมเข้าไปเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่ม เป็นการเพิ่มความน่ารับประทาน ปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้นและช่วยเพิ่มกลิ่นรสของไส้กรอกเปรี้ยวให้ดีขึ้น
3. หนังหมู หนังหมูประกอบด้วยโปรตีน คือ คอลลาเจน (collagen) อีลาสติน (elastin) และเรติคูลิน (reticulin) โดยจะมีเรติคูลินเพียงเล็กน้อย มีอีลาสตินเป็น 2 เท่าของน้ำหนักแห้ง และที่เหลือเป็นส่วนของคอลลาเจน
4. ข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าสุกหรือวุ้นเส้นสุก ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานแก่จุลินทรีย์
5. น้ำตาล น้ำตาลที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ น้ำตาลซูโครส และเด็กโตส เพื่อให้จุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นกรด ทำให้การหมักเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น
6. เกลือ มีหน้าที่คือ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น ช่วยในการเก็บรักษาเนื้อ โดยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการ คือ ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งความเข้มข้นของเกลือจะสามารถกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญ และควบคุมอัตราการหมักของไส้กรอกโดยตรง
7. เครื่องปรุงรส ส่วนใหญ่เติมลงไปเพื่อช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่ไส้กรอกเปรี้ยว ได้แก่ กระเทียม พริกไทย ผงชูรส ลูกผักชี และอื่นๆ แตกต่างกันไปตามท้องถิ่น นอกจากนี้เครื่องเทศยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยพริกไทยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ลูกผักชียับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ส่วนผงชูรสใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนและทำให้รสชาติของไส้กรอกเปรี้ยวดีขึ้น
8. ไส้ที่บรรจุ โดยปกติมี 2 ชนิด คือ ไส้เทียม ได้จากการนำฝ้ายมาแปรรูป มีความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามต้องการ และไส้แท้ ได้จากไส้หมู แกะ วัว ควาย นำมาล้างเมือกและสิ่งสกปรกต่างๆ ออก จากนั้นจึงนำไปฟอกสี นำไส้ที่ได้มาหมักเกลือ ผึ่งให้แห้งจะเก็บได้นาน การทำไส้กรอกเปรี้ยวจึงนิยมใช้ไส้หมู
9. วัตถุเจือปนอาหาร ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารอื่นใด นอกจากชนิดและปริมาณที่กำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2538) คือ

9.1 ฟอสเฟตในรูปของโมโน- ไค- และ โพลีของเกลือโซเดียม หรือ โปแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 3000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

9.2 โซเดียมหรือ โปแทสเซียมในไตรท์ ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2.5.2 คุณลักษณะที่ต้องการของไส้กรอกเปรี้ยว

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มอก. 1266-2537

ได้กำหนดคุณลักษณะของไส้กรอกที่ต้องการไว้ดังนี้

1. สี ต้องมีสีธรรมชาติของส่วนประกอบและกรรมวิธี
2. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมัก รสเปรี้ยวพอดี ปราศจากกลิ่นบูดเน่า หรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นๆ
3. ลักษณะเนื้อส่วนประกอบต้องผสมกันอย่างทั่วถึง ไม่จับกับกันเป็นกลุ่มก้อน และนุ่มดี
4. สิ่งแปลกปลอม ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น เส้นผม ขน เศษกระดูก แมลง และชิ้นส่วนของแมลง
5. โปรตีนต้องไม่น้อยกว่า 12%
6. ไขมันต้องไม่เกิน 30%
7. ห้ามมีวัตถุเจือปนอื่นๆ นอกจากชนิดและปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

7.1 ฟอสเฟตในรูปของโมโน- ไค- และ โพลีของเกลือโซเดียมหรือ โปแทสเซียมอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 3000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.2 โซเดียมและ โปแทสเซียมในไตรท์ ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7.3 จุลินทรีย์ที่มีในไส้กรอกเปรี้ยว ให้เป็นไปตามเกณฑ์ดังนี้

- *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 มิลลิกรัม
- *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 มิลลิกรัม
- *E.coli* โคบายวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- รา ต้องไม่เกิน 100 โคลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม



7.4 การบรรจุ ให้บรรจุไส้กรอกเปรี้ยวในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดผนึก ปิดให้สนิทและป้องกันการปนเปื้อนได้ โดยส่วนที่สัมผัสกับไส้กรอกเปรี้ยวต้องไม่มีสี หรือสิ่งปนเปื้อนใดๆ

2.5.3 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เนื่องจากการทำให้สุก

ความร้อนที่ใช้กับเนื้อและผลิตภัณฑ์ จะมีผลยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ (ชวลิต ตั้งตระกูล, 2531) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ด้วย (ชัยณรงค์ กันธพนิต, 2529) ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน กล่าวคือ เมื่อโปรตีนของเนื้อสัตว์ได้รับความสูงกว่า 64 องศาเซลเซียส จะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้เกิดการตกตะกอน ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำ มีการแข็งตัวมากขึ้นจึงมีผลทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น
2. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จะเกิดการหดตัวของคอลลาเจนเมื่อถูกความร้อน ซึ่งจะเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการเพิ่มของความสามารถในการละลายน้ำของคอลลาเจนไปด้วย และเมื่อเนื้อถูกความร้อนนานไปอีก คอลลาเจนจะถูกย่อยด้วยไอน้ำที่ถูกขับออกมาจากเนื้อแปรสภาพไปเป็นวุ้น (gelatin) ต่อไป ดังนั้นจึงมีความนุ่มของเนื้อเกิดขึ้น
3. การเปลี่ยนแปลงของสารระเหย ในเวลาที่เนื้อถูกความร้อนนั้นจะมีสารระเหยบางอย่างถูกขับออกมาและทำให้เกิดกลิ่นหอมชวนรับประทาน สารระเหยเหล่านี้ได้แก่ สารจำพวก ซัลเฟอร์และไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีพวกไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์และกรดด้วย
4. ปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มอะมิโนของโปรตีนกับน้ำตาล (Sugar-amine Browning reaction) ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซ์ที่มีอยู่ เช่น กลูโคส ซึ่งจะเกิดขึ้น ณ อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผิวของเนื้อในการย่าง ทอดและอบ กลิ่นรสที่ได้จากปฏิกิริยานี้จะทำให้เนื้อรสชาติอร่อยมากขึ้น
5. การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น การละลายตัวของไขมันแล้วไปกันไม่ให้น้ำมันไหลออกมา จึงทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำและรสชาติดีขึ้น เป็นต้น

2.5.4 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตไส้กรอกเปรี้ยว

จุลินทรีย์ที่พบในไส้กรอกเปรี้ยวของประเทศไทยนั้น ทราบแต่เพียงว่าเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้ แต่ยังมีได้ศึกษาจนถึงขั้นแยกเชื้อบริสุทธิ์

แบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้นั้นจะผลิตกรดแลคติกเป็นสารหลักจากน้ำตาล มักพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ในอาหารหมักดองส่วนใหญ่ และเป็นตัวการสำคัญในการให้กลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ ทั้งยังให้กรดเป็นสารที่ช่วยในการถนอมอาหารอีกด้วย (อรุณวรรณ บุญก่อสร้าง, 2516) แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นเชื้อที่เพาะเลี้ยงค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องการอาหารที่ซับซ้อนและค่อนข้างสมบูรณ์ในการเจริญ (Prescott and Dunn, 1959) มีความต้องการเกลือ กรดอะมิโน และวิตามินหลายชนิด โดยวิตามินบีคอมเพล็กซ์ นอกจากนี้ยังต้องการพวก organic growth factor เช่น adenine, quinine และ uracil ด้วย

Buchanan. (1974) ได้รวบรวมจัดแบ่งแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกออกเป็น 2 ตระกูล คือ *Lactobacillaceae* ในตระกูล ได้แก่เชื้อ *Lactobacillus* และ *Streptococcaceae* ในตระกูล *Streptococcus*, *Leuconostoc* และ *Pediococcus* โดยไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตทางการค้านั้นยังคงใช้เชื้อจากธรรมชาติ

2.6 บรรจุภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์อาหาร (Packaging and Food packaging) (จุฬารัตน์ หงส์วสิทธิ์, 2553)

บรรจุภัณฑ์ (Packaging) คือ ระบบและวิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อการขนส่ง การเก็บรักษา การจัดจำหน่ายและนำไปใช้ (บริโภค) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ถึงมือลูกค้าในสภาพที่สมบูรณ์และมีราคาที่เหมาะสม

บรรจุภัณฑ์อาหาร (Food packaging) คือ วิธีการป้องกันอาหารโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากปัจจัยในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ปัจจุบันยังช่วยส่งเสริมการจำหน่ายและรณรงค์ในเรื่องต่างๆ ได้

2.6.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหาร (สมพงษ์ เพื่ออารมย์, 2550)

1. การป้องกันและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Protection and Preservation)

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่รักษาสภาพสินค้าให้ปลอดภัยจนกว่าจะถึงมือผู้บริโภคหรือตลอดอายุการเก็บรักษา โดยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ในการรักษาคุณภาพอาหาร 2 ทาง คือ การป้องกันเชิงรับและการป้องกันเชิงรุก และที่สำคัญที่สุดคือ ตัวบรรจุภัณฑ์ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

การป้องกันเชิงรับ

ก. การป้องกันทางกายภาพ

- การรั่ว มักเกิดจากการปิดผนึกที่ไม่แข็งแรงพอที่จะรองรับแรงกระแทกหรือแรงกดทับในระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการกัดแทะของแมลงทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายในเวลาต่อมา

- การซึมผ่านวัสดุ เกิดขึ้นได้ทั้งในสภาวะของเหลวและก๊าซ มักพบตามรอยปิดผนึกของถุงพลาสติก

- ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซจากภายนอกสู่ภายในบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้าไป และการปนเปื้อนของกลิ่นจากภายนอก เช่น กลิ่นควัน กลิ่นน้ำมัน เป็นต้น

- ป้องกันการถ่ายเทจากภายในสู่ภายนอก ซึ่งทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ได้แก่ การสูญเสียกลิ่นของผลิตภัณฑ์ การสูญเสียน้ำโยการระเหยและการรั่วซึมของก๊าซที่บรรจุไว้เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การป้องกันเชิงรุก

หมายถึง การที่บรรจุภัณฑ์เข้าไปมีบทบาทในขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์อาหาร ระบบบรรจุภัณฑ์ที่น่าสนใจ ได้แก่ การฆ่าเชื้อ บรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อ บรรจุภัณฑ์ปรับสภาวะบรรยากาศ และบรรจุภัณฑ์ชนิดพิเศษต่างๆ

2. การรองรับสินค้า (Containment)

บรรจุ รองรับ หรือรวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วยเดียวหรือเป็นจำนวนที่พอเหมาะเพื่อสะดวกในการขนส่ง การเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย

3. ช่วยสื่อสารการตลาด (Communication)

ช่วยให้รายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ เช่น วันหมดอายุหรือวันผลิต ปริมาณ ส่วนประกอบ ข้อมูลโภชนาการ การเปิดบรรจุภัณฑ์ การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการบริโภค และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกฎหมายของแต่ละประเทศ

4. สร้างความสะดวก (Convenience and use)

บรรจุภัณฑ์ที่ดีควรเปิดได้ง่าย เพื่อช่วยให้การบริโภคผลิตภัณฑ์ง่ายและสะดวกขึ้น (รูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก) รวมทั้งเอื้ออำนวยความสะดวกในการมีประโยชน์ใช้สอยภายหลัง เช่น ขวดกาแฟสำเร็จรูป กล่องพลาสติกบรรจุขนมต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องสามารถให้ความสะดวกในการนำไปจำหน่ายของร้านค้าส่ง ร้านค้าปลีกด้วย

5. ความสามารถของเครื่องจักร (Machinability)

สามารถใช้กับเครื่องบรรจุอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental)

เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทั้งในระหว่างขั้นตอนการผลิตและเมื่อเป็นขยะ

7. ช่วยส่งเสริมการตลาด (Promotion)

ส่งเสริมการวางจำหน่ายและการขาย (ราคาสูงขึ้นหรือปริมาณการขายเพิ่มขึ้น) ช่วยให้การขายถูกต้องและรวดเร็วโดยบาร์โค้ด โดยมีบทบาทในการรณรงค์เรื่องต่างๆ

2.6.2 พลาสติก (บริษัทวิกเกอร์ ปิกเมนท์ จำกัด, 2551)

ในปัจจุบันพลาสติกเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เรามาก ทั้งของเล่น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องประดับ รวมถึงภาชนะบรรจุสินค้าต่างๆ มากมาย พลาสติกที่นำมาใช้เหล่านี้มีหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ในบรรดาของที่ทำด้วยพลาสติกดังกล่าว พลาสติกเพื่อการบรรจุหีบห่อ นับว่าได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ทั้งในเชิงการค้า การตลาด และอุตสาหกรรม มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงมาก แบ่งได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ภาชนะบรรจุชนิดแข็ง (rigid container) เช่น ขวดน้ำมันพืช ขวดนม กล่องโฟม และถาดพลาสติก

2. ภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัวได้ (flexible container) เช่น ถุงใส่น้ำแข็ง ถุงขนม ถุงหิ้วทั้งหลาย รวมทั้งฟิล์มห่ออาหาร สกินแพค (skin pack) และบรีสเตอร์แพค (blister pack) เป็นภาชนะพลาสติกที่ทำจากแผ่นพลาสติก ที่ขึ้นรูปด้วยความร้อนแล้วนำมาประกบหรือประกอบกระดาษแข็ง ซึ่งแผ่นพลาสติกดังกล่าวทำมาจากพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ตัวอย่างเช่นเครื่องเขียน แปรงสีฟัน เป็นต้น

ชนิดของขวดพลาสติกแบ่งได้ดังนี้ (บริษัทวิกเกอร์ ปิกเมนท์ จำกัด, 2551; ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา, 2542)

1. ขวดที่ทำจากพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride: PVC)

พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นพอลิเมอร์ที่สำคัญที่สุดในกลุ่มไวนิลด้วยกัน มักเรียกกันทั่วไปว่าพีวีซี เนื้อพีวีซีมักมีลักษณะขุ่นทึบแต่ก็สามารถผลิตออกมาให้มีสีใสได้ทุกสีเป็นฉนวนไฟฟ้าอย่างดี ตัวมันเองเป็นสารที่ทำให้ไฟดับจึงไม่ติดไฟ มีลักษณะทั้งที่เป็นของแข็งทรงรูปและอ่อนนุ่มเหนียว เรซินมีทั้งที่เป็นเม็ดแข็ง หรืออ่อนนุ่ม และเป็นผงจึงสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง พอลิไวนิลคลอไรด์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ยูพีวีซี (unplasticized PVC, UPVC) นิยมใช้ผลิตถาดและบลิสเตอร์แพ็ค (blister pack)
- พีพีวีซี (plasticized, PPVC) นิยมใช้ผลิตฟิล์มหัดและฟิล์มยืด ใช้กับขวดน้ำมัน

สมบัติทั่วไป

- สามารถป้องกันการซึมและไขมันซึมผ่านได้ดี
- มีลักษณะใสขาว เปราะแตกง่ายแต่สามารถปรับปรุงให้ยืดหยุ่นขึ้นได้ด้วยพลาสติกไซเซออร์
- ทนความเป็นกรดได้ดี ไม่ทนความร้อนและความเย็น จึงเหมาะสำหรับใช้ที่อุณหภูมิตามปกติ
- มีความแข็งแรงดี ทนทานต่อสภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมปกติ
- ต้านทานต่อสารเคมีและน้ำ
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- สามารถผสมสีและแต่งสีได้อย่างไม่จำกัด
- สามารถเติมสารเติมแต่งต่างๆ เพื่อปรุงแต่งสมบัติของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่แข็งและคงตัว จนถึงอ่อนนิ่ม และยืดหยุ่นมากๆ
- มีสมบัติอื่นๆ กว้างขวางและสามารถสลายตัวเอง

มักจะใช้ในการบรรจุเครื่องสำอาง น้ำผลไม้ น้ำมันพืช น้ำส้มสายชู และผลิตภัณฑ์ทางเคมี ขวดน้ำพลาสติกนั้นเวลานำมาใช้ซ้ำๆ จะมีสารเคมีที่สามารถละลายออกมาได้ โดยเฉพาะเมื่อขวดมีการขูดตัว รวมถึงขวดเพท และขวดขาวขุ่นด้วย (ขวดขาวขุ่นจะละลายออกมามากกว่า โดยเฉพาะเมื่อเก็บไม่ถูกวิธี)

2. ขวดที่ทำจากพอลิสไตรีน (polystyrene: PS)

มีคุณสมบัติ โปร่งใส ทนต่อแรงดึงได้สูงแต่ป้องกันก๊าซและไอน้ำได้ไม่ดีนัก เพราะแตกง่าย ทนความเป็นกรดได้ปานกลาง ไม่ทนความร้อนและความเย็น เหมาะสำหรับใช้ที่อุณหภูมิปกติ โดยทั่วไปนิยมใช้บรรจุยาเม็ด วิตามิน เครื่องเทศ และทำให้มีขนาดใหญ่สำหรับใช้บรรจุนมเพื่อการขนส่ง แต่ไม่นิยมใช้ในบ้านเรา

3. ขวดที่ทำจากพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE)

มีการใช้ในสองลักษณะคือ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene: LDPE) และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) โดยทั่วไปขวด ชนิดนี้จะยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้น้อย แต่จะยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ ทนความเป็นกรดได้ปานกลาง ทนความร้อนได้ไม่ดี มากนัก แต่จะทนความเย็นได้ดีมาก สำหรับขวดที่มีชนิดความหนาแน่นสูง มักจะใช้บรรจุนม ผงซักฟอก น้ำดื่ม สารเคมีและเครื่องสำอาง

4. ขวดที่ทำจากพอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP)

คุณสมบัติคล้ายคลึงกับ PE แต่แข็งแรงและจุดหลอมเหลวสูงกว่า ทนต่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อโดยกระบวนการสเตอริไรเซชัน ป้องกันไขมันได้ดีเยี่ยม โดยทั่วไปแล้วจะยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้น้อยแต่จะยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ทนความเป็นกรดได้ปานกลาง โดยทั่วไปใช้ในการบรรจุยา น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม เครื่องสำอาง แชมพู

5. ขวดที่ทำจากพอลิเอทิลีน เทอระฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate; PET)

คุณสมบัติโดยทั่วไปจะแข็งแรง โปร่งใส ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ปานกลาง แต่ป้องกันการซึมผ่านก๊าซได้ดีมาก ทนความเป็นกรดได้และความเย็นได้ดี มักนิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม เบียร์ นอกจากนี้ยังบรรจุของเหลวมีแอลกอฮอล์ได้ เช่น ขวดน้ำดื่มแบบใส ขวดน้ำอัดลม แชมพูน้ำ โคลโลญจ์ โลชั่น เป็นต้น