

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ด้วยความเจริญทางด้านเทคโนโลยี ยังผลให้เกิดความสะดวกสบาย ในการดำเนินชีวิตมากขึ้นทุกวัน ไม่ว่าจะเป็น ระบบขนส่งมวลชน ระบบสื่อสาร หรือแม้กระทั่งความสะดวกสบาย ด้านการบริโภคอาหารต่างๆ ทำให้เราไม่มีความจำเป็นต้องใช้พลังงาน ในการดำเนินชีวิตมากเหมือนคนสมัยก่อน ดังนั้นคนในยุคปัจจุบันจึงมักเผชิญกับปัญหาอย่างหนึ่งคือ สภาพโรคอ้วนมากขึ้น ซึ่งนำมาด้วยปัญหาโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ มากมาย จากเหตุผลดังกล่าว ปัจจุบันคนส่วนใหญ่จึงได้หันมาให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพมากขึ้น สังเกตได้จากการที่ยอดจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีราคาที่ค่อนข้างสูง ถึงแม้จะดูแลสุขภาพดีอย่างไรก็ตาม อาหารอร่อยก็ยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอยู่นั่นเอง โดยเฉพาะ “อาหารไทย” ซึ่งมีชื่อเสียงสุดๆ ในด้านความเป็นอาหารอร่อย (delicious food) และเป็นอาหารสมุนไพร (herbal food) ส่วนในเรื่องการเป็นอาหารสุขภาพ (healthy food) นั้นอาหารไทยยังมีขีดจำกัดอยู่หลายเรื่องขีดจำกัดเรื่องหนึ่งคือ “กะทิ” เพราะไม่ว่าจะเป็นอาหารประเภท แกง ผัด หรือของหวาน มักใส่กะทิช่วยเพิ่มรสชาติเค็มๆ มันๆ ยิ่งผัดจนแตกมันกับเครื่องแกงยิ่งเพิ่มสีสนับารับประทาน ทั้งนี้ น้ำกะทิ (Coconut milk) เป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ (Oil-in-water emulsion) มีสีขาวขุ่น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะพร้าว และนิยมนำมาประกอบอาหารโดยเฉพาะอาหารไทย (Gonzalez, 1991; Gwee, 1988) แต่ไขมันจากกะทิลีขาวชั้นที่ลอยอยู่ในอาหารหลายๆชนิดนั้น กลับให้โทษกับผู้บริโภคโดยเฉพาะคนที่เป็น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง เป็นต้น

เดิมทีคนที่รักษาสุขภาพจะไม่นิยมบริโภคกะทิ รวมถึงผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง จากรายงานวิจัยของสถาบันวิจัยโภชนาการศึกษาวิจัยมหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนากะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องชนิดดัดแปลงโดยการพัฒนากะทิให้มีไขมันอิ่มตัวต่ำทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาพบว่า กะทิที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงอาจมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของระดับโคเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL-Cholesterol) ในเลือดทำให้เกิดหลอดเลือดเกาะตัวเป็นลิ่มและไปอุดตันในเลือดได้อันเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน ซึ่งเป็นสาเหตุการตายอันดับ 2 ของคนไทยปัจจุบัน (Nattapol, 2002) จึงต้องหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารหรือขนมที่มีส่วนผสมของกะทิแล้วมาใช้น้ำเต้าหู้ หรือน้ำนมถั่วเหลืองสำเร็จรูปแทน อย่างไรก็ตามการใช้สิ่งทดแทนอื่นมาปรุงแทนกะทีย่อมได้สุขภาพที่ดีขึ้นอย่างแน่นอน แต่สิ่งที่ขาดไปคือเรื่องของรสชาติที่ไม่เหมือนกะทิ และขาดความเข้มข้นของมะพร้าว จนอาจหมดความอร่อยไปโดยปริยาย แต่ด้วยวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีอาหารในปัจจุบันที่พัฒนาขึ้นทุกวันทำให้มีการผลิต

อาหารซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค รวมไปถึงผู้ป่วยให้สามารถได้ลิ้มรสอาหารที่ตนเองชอบ และไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพโดยยังคงรสชาติความอร่อยอยู่เช่นเดียวกับกะทิ ซึ่งปัจจุบันได้มีการค้นคว้าผลิตจากธรรมชาติ มาแปรรูปนั้นคือกะทิธัญพืช ที่มีความใกล้เคียงกับกะทิมะพร้าว ทั้งรูป รส กลิ่น สี จะมีผิผิวเนียนไปก็แต่ประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าโทษที่ได้รับที่มาจากกะทิมะพร้าว อย่างไรก็ตามธัญพืชที่ใช้ในการนำมาแปรรูปเป็นกะทิธัญพืชนั้นก็หลีกเลี่ยงไม่พ้นกลุ่มถั่วเหลืองหรือน้ำมันจากรำข้าว แต่ต้องไม่ลืมว่าประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับหนึ่งของโลกดังนั้น “ข้าว” จึงเป็นอีกธัญพืชหนึ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์เพื่อทดแทนกะทิจากมะพร้าวซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

คนส่วนใหญ่เข้าใจว่ากะทิเป็นตัวเพิ่มคอเลสเตอรอลได้เป็นอย่างดี แต่ที่จริงแล้วผลิตภัณฑ์จากพืชจะไม่มีคอเลสเตอรอลแต่อาจมีกรดไขมันทรานส์ได้ ในกระบวนการผลิต แม้มะพร้าวจะเป็นพืชซึ่งไม่มีคอเลสเตอรอล แต่ก็มีไขมันอิ่มตัวสูงซึ่งมีผลในการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้เมื่อบริโภคมากเป็นประจำ ผลที่ตามมา คือเพิ่มความเสี่ยงโรคหัวใจ ไขมันจะมาจากเนื้อมะพร้าวซึ่งยิ่งแก่ก็ยิ่งมีไขมันสูง ส่วนน้ำมันมะพร้าวไม่มีไขมัน ผลิตภัณฑ์กะทิกระป๋อง มีไขมันรวมถึง 24 กรัม และไขมันอิ่มตัวถึง 21 กรัม ไขมันอิ่มตัวในกะทิสส่วนใหญ่คือ กรดลอริก (lauric) ไมริสติก (myristic) ซึ่งเพิ่มคอเลสเตอรอล กะทิมีปริมาณไขมันอิ่มตัวมากกว่า น้ำมันหมูและเนย ในขณะที่เดียวกันมะพร้าวมีสารไฟโตสเตอรอล (phytosterol) ซึ่งมีผลในการลดคอเลสเตอรอลและมีใยอาหารสูง

กะทิเพิ่มรสชาติในอาหาร การบริโภคเพียงเล็กน้อยและไม่บ่อยอาจไม่ก่อให้เกิดผลเสีย แต่สำหรับอาหารที่ใช้กะทิเป็นส่วนผสมหลักและรับประทานกันบ่อย คงไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพ ดังนั้นการหันมาบริโภคผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกะทิแต่ให้คุณค่าทางอาหารสูงก็น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ นอกจากนี้ปัจจุบันวัตถุดิบที่ใช้ทำกะทิ คือ มะพร้าวนั้นมีปริมาณลดลงและกำลังเข้าสู่สภาวะขาดแคลนจึงส่งผลให้ราคาขายมะพร้าวต่อลูกเพิ่มสูงขึ้น ดังข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 สถิติราคามะพร้าวผลใหญ่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (เฉลี่ยรายเดือน) พ.ศ. 2539-2551

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2539	5.50	5.90	5.88	4.90	4.38	3.75	3.58	4.05	4.35	4.82	5.63	6.58	4.94
2540	6.42	6.25	6.14	4.60	3.33	2.50	2.50	2.20	2.43	2.75	3.25	3.94	3.86
2541	4.40	5.30	5.10	3.83	3.43	3.86	4.83	5.38	8.00	14.00	14.25	13.80	7.18
2542	13.25	10.75	11.20	9.00	8.50	5.60	5.17	6.00	7.00	7.50	7.75	7.75	8.29
2543	5.25	4.50	3.65	3.15	2.99	2.60	2.22	1.90	2.05	2.22	2.05	1.95	2.88
2544	1.98	2.29	2.40	3.03	2.51	2.11	2.14	2.40	3.10	4.82	5.35	4.45	3.05
2545	5.54	5.87	5.25	5.57	3.88	2.78	2.77	2.75	2.81	3.41	3.73	4.07	4.04
2546	4.20	4.58	5.00	5.18	3.47	2.96	2.76	3.18	3.78	5.37	6.53	6.06	4.42
2547	7.68	7.62	7.75	7.50	4.25	3.15	3.65	4.17	4.91	5.26	5.40	5.03	5.53
2548	5.56	6.37	6.35	5.27	4.34	3.66	4.21	4.86	5.62	8.06	10.90	10.93	6.34
2549	12.15	12.25	11.31	8.32	8.10	6.68	5.07	5.34	5.75	7.65	9.88	8.38	8.41
2550	7.85	7.48	5.78	4.72	4.60	3.98	3.69	3.81	3.43	4.47	5.50	5.09	5.04
2551	5.15	6.25	7.72	8.17	8.65	7.23	7.06	7.75	11.10	12.82	11.75	10.85	8.71

ที่มา: สำนักงานการค้าภายในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2552

จากข้อมูลทีกล่าวมาแล้วพบว่าการใช้ธัญพืชมาประยุกต์เพื่อการผลิตกะทินั้นเป็นเรื่องที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามมีธัญพืชอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งและเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศนั้นคือ “ข้าว” ซึ่งจากการที่นักวิจัยได้ทำงานวิจัยด้านข้าวมากเป็นเวลานาน จึงทำให้คาดหมายว่าข้าวในระยะนี้น่าจะมีแนวโน้มที่จะเป็นองค์ประกอบหลักสำหรับการนำมาพัฒนาเพื่อการผลิตกะทิธัญพืชได้

การส่งออกสินค้าข้าวและผลิตภัณฑ์แปรรูปมีมูลค่าสูงขึ้นในทุกปีและมีแนวโน้มมากขึ้นไปตามลำดับ ซึ่งในจำนวนนี้เป็นการส่งออกในรูปแบบของ “ข้าวสาร” ที่ไม่ได้มีการแปรรูปถึงร้อยละ 95 และอีกร้อยละ 5 เป็นการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (ชาญวิทย์, 2550) ดังนั้นหากสามารถนำ “นวัตกรรม” มาใช้เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาข้าว ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศได้มากกว่าเดิม จะส่งผลให้ประเทศมีศักยภาพทางการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมข้าวไทยในตลาดโลกได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวรวมถึงกระบวนการผลิตข้าวจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่การพัฒนาอย่างไม่สิ้นสุด จากแวดวงการค้าข้าวพบว่า ข้าวมีการพัฒนาในหลายรูปแบบทั้งนี้ปัจจุบันผู้บริโภคได้บริโภคข้าวเพียงเพื่อความอิ่มเท่านั้น หากแต่ได้หันมาคำนึงถึงคุณประโยชน์ต่างๆ ที่จะได้จากข้าวชนิดนั้นๆ ดังนั้นจึงได้เกิดงานวิจัยต่างๆ มากมายเพื่อมาตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในส่วน

นี้อย่างต่อเนื่อง เช่น ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมานิยมรับประทานน้ำมันข้าว ทั้งนี้เนื่องจากคุณประโยชน์มหาศาล

นอกจากนี้ปัจจุบันปัญหาภัยแล้งกำลังเกิดขึ้นอย่างแพร่หลายและส่งผลกระทบต่อการทำนา ดังเช่น ประกาศจากกรมชลประทานห้ามเกษตรกรทำนาปลัง หรือให้ชะลอการทำนาไปก่อนในปีทำนา 2553 ที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำ ดังนั้นจากปัญหาตรงจุดนี้จึงทำให้นักวิจัยมองว่าเนื่องจากอายุการปลูกข้าวจนกระทั่งได้ข้าวเปลือกนั้นใช้เวลาที่ค่อนข้างนานประมาณ 120 วัน ซึ่งต้องมีการให้น้ำ ให้น้ำปุ๋ย ดังนั้นหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวโดยที่ไม่จำเป็นต้องรอให้ได้ข้าวที่มีอายุเต็ม เช่น การทำเครื่องดื่มน้ำมันข้าวอายุ เป็นต้น แต่เนื่องจากที่กล่าวมาข้างต้นถึงโทษของกะทิจึงทำให้นักวิจัยเกิดแนวความคิดในการพัฒนาข้าวในระย่น้ำมันเพื่อมาทดแทนกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว ทั้งนี้เพื่อลดระยะเวลาการปลูกข้าว ลดต้นทุน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์ ช่วยเสริมสร้างสุขภาพให้แข็งแรง แต่ในน้ำมันข้าวมีไขมันอยู่ในปริมาณที่น้อยดังนั้นการจะนำน้ำมันข้าวมาทดแทนกะทิ สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ การคงค่าปริมาณไขมันเพื่อการนำไปผลิตเป็นแกง หรือขนมหวานต่างๆ ซึ่งในบรรดาพืชที่ให้น้ำมันนั้นมีอยู่มากมาย เช่น ถั่วเหลือง ปาล์ม มะพร้าว และเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น ซึ่งน้ำมันที่ได้จากพืชเหล่านี้ให้ทั้งคุณและโทษ แต่มีเมล็ดธัญพืชอีกชนิดหนึ่งที่มักถูกมองข้ามแต่ให้คุณประโยชน์อย่างมากมหาศาลนั้น คือ “งา”

งาเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย และมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญมากขึ้นทุกปี เนื่องจากงาเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูงสามารถปลูกขึ้นง่าย ลงทุน น้อย ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี งาเป็นพืชที่มีคุณค่าและมีคุณภาพทางโภชนาการสูง น้ำมันงาประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 85% ประกอบด้วยกรดโอเลอิก 36-40% และกรดลิโนเลอิก 45-50% นอกจากนี้ น้ำมันงายังมีสารกันหืนธรรมชาติ (antioxidants) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเวชภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี โดยเมล็ดงาประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ประมาณ 4.1-6.5% แร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ไอโอดีน สังกะสี และฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังมีวิตามินอีและสารประกอบ lignan สูง จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนประมาณ 17-25% เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่แล้วพบว่า งามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ ประมาณ 4-6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ประมาณ 5% แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้โปรตีนในงายังแตกต่างจากพืชตระกูลถั่วและพืชให้น้ำมันอื่น ๆ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งพืชดังกล่าวขาดแคลน เช่น เมทไธโอนีนและซิสตีน แต่งามีไลซีนต่ำ (วีณา, 2551) ดังนั้น น้ำมันงาเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชอื่นๆ กล่าวคือมีกลิ่นหอม

นำบริโภค เมื่อสกัดบริสุทธิ์ไม่มีกลีโกลินมีสารป้องกันหื่นพวกเซซามอล (sesamol) อยู่ในตัว จึงสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เหม็นหื่นเหมือนน้ำมันพืชอื่นๆ

ตั้งนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษากระบวนการผลิตกะทิพาสเจอร์ไรส์จากนํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชเพื่อการทดแทนกะทิจากมะพร้าว และแผนพัฒนานวัตกรรมในการปรุงอาหารที่ให้คุณประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการจากธัญพืช บนพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตอาหาร ทั้งนี้จากการตรวจเอกสารในเบื้องต้นพบว่ายังไม่พบรายงานผลการวิจัยในส่วนนี้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงหวังว่าหากงานวิจัยนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์กับในหลายส่วน เช่น เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ได้คุณค่าทางอาหารสูงสุด เพื่อทดแทนการบริโภคกะทิจากมะพร้าวและงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร เพื่อการผลิตเชิงพาณิชย์ได้ เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าทางอาหารอย่างแท้จริง รวมถึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวไทยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจ ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่ต้องการอย่างแท้จริง มิใช่เป็นเพียงการโฆษณาเท่านั้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชชนิดอื่น คือ นํ้านมข้าว, กะทิจากมะพร้าว, นํ้ามันงา และถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี
- 1.2.2 ศึกษาผลของการให้ความร้อนกับกะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการโฮโมจีไนส์ที่มีต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์
- 1.2.3 ศึกษาผลของการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชพร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านกระบวนการผลิตจนได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดแล้วกับกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

บนพื้นฐานของทดลองในเบื้องต้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตกะทิพาสเจอร์ไรส์จากนํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชเพื่อการทดแทนกะทิจากมะพร้าว เริ่มจากศึกษาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีเบื้องต้นของกะทิจากมะพร้าว นํ้านมข้าว นํ้ามันงา และถั่วเหลือง โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกะทินํ้านมข้าวร่วมกับธัญพืชชนิด ทั้งนี้พิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี อันประกอบไปด้วย ความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไขมัน สี หลังจากนั้นเมื่อได้อัตราส่วนตามสูตรที่ได้ทดลองเหมาะสมแล้วเลือก

สูตรในการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ดีที่สุด 1 สูตรเพื่อการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการโฮโมจิไนส์ที่มีต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการโฮโมจิไนส์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับกระบวนการแปรรูปกะทิ

การโฮโมจิไนส์เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่งของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารอิมัลชันระหว่างน้ำกับน้ำมันเนื่องจากหากขาดเทคนิคการโฮโมจิไนส์หรือการเติมสารคงตัวที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังอย่างมาก จากงานวิจัยของ Flourey และ Legrand (2000, 2003) พบว่าการให้ความร้อนกับกะทีก่อนการโฮโมจิไนส์มีผลต่อขนาดของเม็ดไขมันรวมถึงขนาดของเม็ดไขมันยังขึ้นอยู่กับความดันในระหว่างการโฮโมจิไนส์ด้วย (Chiewchan และคณะ (inpress)) และจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำในการโฮโมจิไนส์มีผลต่อการแยกตัวของน้ำและน้ำมันรวมถึงนักวิจัยพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการโฮโมจิไนส์ก็มีผลเช่นกัน ดังนั้นจึงได้ศึกษาอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการโฮโมจิไนส์ที่ 3 ระดับ คือ 70°C, 80°C และ 90°C เป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปโฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000–24,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที พร้อมทั้งพิจารณาคูณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี อันประกอบไปด้วย ความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไขมัน สี และลักษณะโครงสร้างของเม็ดไขมันในกะทิเมื่อผ่านกระบวนการทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คาดว่าจะได้ผลิตภัณฑ์กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ดี

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นตัวผลิตภัณฑ์จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจึงศึกษาผลของการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชโดยใช้อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที และ 72°C เป็นเวลา 15 วินาที นั่นคือการเปรียบเทียบสองระบบ คือ อุณหภูมิต่ำเวลานาน (low temperature long time) และ อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (high temperature short time) สุดท้ายเมื่อได้ผลิตภัณฑ์กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชแล้วทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะตามองค์ประกอบของกะทิที่พึงจะมี คือ โปรตีน ปริมาณน้ำ ไขมัน แล็ก ความหนืด สี ระหว่างกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว 100% กับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านกระบวนการผลิตจนได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้ผลงานวิจัยในรูปแบบผลิตภัณฑ์กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์พร้อมทั้งตอบข้อซักถามถึงประโยชน์ที่

แท้จริงของผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาโดยเป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาวัตถุดิบในประเทศนั้นคือ “ข้าว” เพื่อศักยภาพการผลิตทางการตลาด

- 1.4.2 เป็นงานวิจัยที่เพิ่มศักยภาพในการผลิตและเพิ่มมูลค่าของข้าว ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทยซึ่งเป็นการสนับสนุนยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติที่มุ่งเน้นการวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตพืชเศรษฐกิจเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและนำไปสู่การแข่งขันและการพึ่งพาตนเอง รวมไปถึงการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
- 1.4.3 เพิ่มจำนวนนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความรู้และประสบการณ์การนำงานวิจัยพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และพัฒนาเพื่อการนำไปสู่ภาคอุตสาหกรรมได้จริง
- 1.4.4 เพิ่มทักษะการทำงานวิจัยสำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่เพื่อจะได้ผลงานวิจัยที่ดีพิมพ์ในวารสารวิชาการ
- 1.4.5 ได้ผลิตภัณฑ์กะทิ น้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืชที่มีคุณภาพและประโยชน์เสริมสร้างสุขภาพที่แข็งแรงแก่ประชากรทั่วไป และเกษตรกรซึ่งเป็นการสนับสนุนและส่งเสริมสุขภาพของประชาชน ลดปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่ขาดแคลน

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 มะพร้าว

มะพร้าวจัดเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีความสำคัญยิ่งตระกูลหนึ่งของพืชพวกใบเลี้ยงเดี่ยว นอกจากมะพร้าวแล้ว อินทผลัม ปาล์มน้ำมัน ตาลตะโนด จาก หมาก สาคุ ลาน และหวาย ต่างก็เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์มที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.1 ต้นมะพร้าวและผลมะพร้าว (จรัญ, 2552)

#### 2.1.1 คุณลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) **ราก (Roots)** มะพร้าวเป็นพืชยืนต้นชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว มีระบบรากแบบรากฝอย (Fibrous root system) ซึ่งรากมะพร้าวที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวลำต้น ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ นั้น เป็นรากวิสามัญ (Adventitious root) ที่เรียกว่า รากใหญ่ (Main roots) รากใหญ่เหล่านี้เป็นรากถาวรที่งอกกำเนิดออกมาจากส่วนล่างสุดของฐานลำต้นและเป็นรากที่ไม่มี Cambium เพื่อเพิ่มความหนาของราก ดังนั้นรากใหญ่ทั้งส่วนที่ยังลึกฝังลงไป在地ดินและส่วนที่แผ่กระจายออกรอบ ๆ ลำต้นจะมีขนาดรากเท่ากัน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของรากเฉลี่ยประมาณ 8-10 มิลลิเมตร สำหรับจำนวนรากและขอบเขตของรากจะผันแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ อายุพืช ชนิด ดิน ปริมาณน้ำใต้ดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน กล่าวคือเมื่อมะพร้าวเจริญเติบโตเต็มที่ จะมีรากใหญ่ที่เจริญอยู่ในชั้นดินลึก 1.5 เมตร จำนวนประมาณ 2,500 ถึง 3,000 ราก และความยาวรากเฉลี่ย 6 เมตร แต่บางรากอาจมีความยาวถึง 20 เมตรก็ได้ สีของรากจะเปลี่ยนแปลงตามอายุพืช โดยรากที่เจริญออกมาจากลำต้นใหม่ ๆ หรือรากที่มีอายุน้อยจะมีสีขาวหรือสีครีม เมื่อรากมีอายุได้ 5 ปี สีของรากจะเปลี่ยนเป็นสีแดง และหลังจากนั้นถ้ารากมีอายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป รากจะมีสีน้ำตาลแดง ในแต่ละปีที่มีมะพร้าวมีการเจริญอยู่นั้นมะพร้าวจะสร้างรากใหญ่ออกมาเรื่อย ๆ เพื่อทดแทนรากเดิมที่ตายไปและถ้ารากใหญ่ได้รับอันตรายอาจจะมีรากที่มีขนาดเดียวกับ

รากใหญ่เจริญออกมาทางด้านข้างของรากใหญ่ได้เรียกรากที่แตกแขนงจากรากใหญ่นี้ว่า รากแขนง (Branch roots) นอกจากนี้แล้วทั้งรากใหญ่และรากแขนงจะมีรากฝอย (Rootlets) เจริญจาก pericycle ออกมาทางด้านข้างของรากทั้งสองได้และจะแตกแขนงออกไปเรื่อย ๆ จากช่วงที่ 2 ไปจนถึงช่วงที่ 4 ขนาดของรากฝอยมีเส้นผ่าศูนย์กลางรากประมาณ 1-4 มิลลิเมตร รากฝอยของมะพร้าวนี้เป็นรากชั่วคราว อายุรากสั้น เมื่ออากาศแห้งแล้งจะทำให้รากฝอยแห้งตายไปและเมื่อในดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอรากฝอยก็จะงอกออกมาจากรากใหญ่ได้อีกเพื่อทดแทนรากเดิมที่ตายไป เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชที่ไม่มีขนราก (Root hairs)

ดังนั้นรากฝอยที่แผ่กระจายออกไปตามดินชั้นต่าง ๆ ก็จะทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารส่งมายังรากใหญ่พร้อมทั้งช่วยยึดลำต้นไม่ให้โค่นล้มด้วย สำหรับรากใหญ่นั้นมีหน้าที่ลำเลียงอาหารเข้าสู่ลำต้นมากกว่าทำหน้าที่ดูดอาหารโดยตรง แต่รากใหญ่ก็ดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้บ้างเหมือนกันตรงบริเวณที่อยู่ใกล้กับหมวกราก ซึ่งรากใหญ่บริเวณดังกล่าวนี้ผนังเซลล์รากบาง นอกจากนี้แล้วรากใหญ่ยังมีรูสำหรับหายใจทำหน้าที่ดูดเอาอากาศที่มีอยู่ในดินเข้าไปในรากและถ่ายเทอากาศจากรากออกมาให้แก่ดิน ซึ่งอวัยวะที่รากใช้แลกเปลี่ยนอากาศนี้เรียกว่า Pneumatophore or breathing organ มีลักษณะคล้ายหมวกและมีสีขาว (White cap-like structure) รากชนิดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นรากที่เกิดจากส่วนล่างสุดของลำต้นทั้งสิ้น แต่ถ้ามะพร้าวมีอายุมาก ๆ หรือดินมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา รากเหล่านี้ของมะพร้าวจะเน่าตายหรือสิ้นสภาพไป ดังนั้นมะพร้าวจะสร้างรากชุดใหม่ที่เรียกว่า รากอากาศ (Aerial roots) ขึ้นมาทดแทนรากชุดเดิมซึ่งรากชุดใหม่นี้เจริญออกมาจากโคนต้นเหนือผิวดิน

**2) ลำต้น (Stem)** มะพร้าวที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วลำต้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนแรกเป็นส่วนของลำต้นที่อยู่ในดินมีลักษณะทรงกรวยคว่ำพร้อมทั้งมีรากใหญ่เจริญออกมาโดยรอบ เรียกส่วนของลำต้นที่อยู่ในดินนี้ว่า Bole ลำต้นส่วนที่สองคือ ลำต้นที่อยู่เหนือผิวดินขึ้นมาที่เรียกว่า Trunk ลำต้นมะพร้าวในส่วนนี้มีรูปร่างลักษณะเป็นกระบองทรงสูง แต่ตอนส่วนโคนต้นที่อยู่เหนือพื้นดินเล็กน้อยมีลักษณะคล้ายตะโพกและมีขนาดใหญ่กว่าส่วนลำต้นที่อยู่สูงขึ้นไป ที่ส่วนยอดสุดของลำต้นมะพร้าวจะมีตาอยู่เพียงตาเดียวเท่านั้นที่จะเจริญเติบโตเป็นลำต้น ใบและช่อดอก ถ้าหากตายอดนี้ถูกทำลายหรือเน่าตายไป มะพร้าวทั้งต้นก็จะตายไปด้วย ซึ่งตายอดที่มีความสำคัญที่สุดของมะพร้าวนี้เรียกว่า Terminal bud ลำต้นมะพร้าวส่วนที่อยู่เหนือดินจะเริ่มปรากฏรูปร่างเป็นทรงกระบองเมื่อมะพร้าวมีอายุได้ประมาณ 4-5 ปี โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางลำต้นนั้น ตายอดจะเจริญเติบโตทางด้านกว้างเพื่อเพิ่มขนาดของลำต้น จนกระทั่งการเพิ่มขนาดลำต้นเป็นไปตามลักษณะประจำพันธุ์แล้ว ตายอดก็จะเริ่มเจริญเติบโตทางด้านความสูง มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบองสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จนชั่วชีวิต ลำต้นมีสีเทาอ่อนและตั้งตรง แต่มักจะเอียงออกไปหาแสงสว่างหรือเอียงตามทิศทางลมที่พัดประจำมาสู่บริเวณนั้นได้

โดยทั่วไปแล้วลำต้นมะพร้าวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 25-30 เซนติเมตร บนส่วนของลำต้นประกอบด้วย ข้อ ปล้อง และใบ เช่นเดียวกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่ว ๆ ไป แต่ทว่าความห่างของปล้องจะอยู่ใกล้ชิดติดกันมาก ในปีแรก ๆ ของการเจริญเติบโตจนกระทั่งมะพร้าวตกผลนั้น ลำต้นมะพร้าวจะเจริญเติบโตเพิ่มความสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นเจริญเติบโตจะช้าลง และเมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้น หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ลำต้นจะเรียวเล็กลง จำนวนใบและผลก็น้อยลงด้วย ถ้าหากลำต้นมะพร้าวเกิดรอยแผลขึ้นรอยแผลที่เกิดขึ้นนั้นมีรูปร่างอย่างไรก็จะปรากฏรูปร่างอยู่เช่นนั้นตลอดไป ทั้งนี้เพราะว่าลำต้นไม่มีเนื้อเยื่อเจริญพวก Cambium ที่จะสร้างเซลล์ออกมาซ่อมแซมบาดแผลได้ และเมื่อใบร่วงจากลำต้น จะทิ้งรอยแผลเป็น (Leaf scars) ไว้บนลำต้น จำนวนรอยแผลเป็นที่ปรากฏอยู่บนลำต้นนี้จะแสดงถึงอายุของมะพร้าว ซึ่งประมาณว่าภายในแต่ละปี มะพร้าวจะทิ้งรอยแผลเป็นไว้ 12-14 รอย เมื่อผ่าลำต้นมะพร้าวออกตามขวาง จะเห็นเนื้อเยื่อชั้นในหยาบเป็นเส้นแข็ง สีเหลืองจาง และมีท่อน้ำท่ออาหารกระจายอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณใจกลางลำต้นแล้วจะมีท่ออาหารอยู่มากกว่าบริเวณรอบนอก สำหรับเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของลำต้นจะแข็งและค่อนข้างเปราะ ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อพวก Rhytidome และที่ผิวด้านนอกของลำต้นมีรอยแตกตื้น ๆ ขนาดเล็กอยู่ทั่วไป ทำให้น้ำและเชื้อโรคเข้าสู่ลำต้นตรงรอยแตกนี้ได้

**3) ใบ (Leaves)** ใบมะพร้าวมีชื่อเรียกเฉพาะว่า Fronds ซึ่งเป็นใบประกอบแบบ Pinnately compound leaf ที่เกิดจากตาส่วนยอดของต้น และรวมกันอยู่เป็นกระจุก ปลายใบกระจายออกเป็นรัศมีรอบ ๆ ลำต้น โดยจำนวนใบที่คงอยู่บนลำต้นและอัตราการสร้างใบของมะพร้าวในแต่ละปีนั้น ใช้เป็นเครื่องวัดความเจริญเติบโตของมะพร้าวได้เป็นอย่างดี กล่าวคือถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม มะพร้าวที่มีการเจริญเติบโตดี จะสร้างจำนวนใบได้มากและมีใบสดติดอยู่บนลำต้นได้มากด้วย แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนใบที่เกิดขึ้นบนลำต้นจะผันแปรไปตามอายุของมะพร้าว อัตราการเกิดใบ อัตราการร่วงของใบ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพลมฟ้าอากาศต่าง ๆ ซึ่งมะพร้าวที่มีอายุ 1-2 ปี จะมีใบประมาณ 8-10 ใบ ต่อมาเมื่อมะพร้าวมีอายุ 3-4 ปี จะมีใบประมาณ 12-18 ใบ และเมื่อมะพร้าวเริ่มออกดอกหรือมีอายุได้ประมาณ 6 ปี อัตราการสร้างใบในแต่ละปีจะสม่ำเสมอ จำนวนใบบนลำต้นจะมีประมาณ 21-34 ใบ โดยมีอัตราการสร้างใบในแต่ละปีประมาณ 12-18 ใบ แต่เมื่อมะพร้าวมีอายุมาก ๆ จำนวนใบของมะพร้าวจะเริ่มลดลง การเกิดของใบมะพร้าวนั้น กลุ่มเซลล์ที่จะเป็นใบ (Leaf primordia) ใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างประมาณ 30 เดือน จึงจะโผล่ใบอ่อนเป็นยอดแหลมคล้ายลูกศรขึ้นมาจากแผ่นใยของใบ (Fibrous leaf sheath) ที่ห่อหุ้มตายอดอยู่ ใบอ่อนนี้จะยึดตัวอย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาประมาณ 4-6 เดือน และหลังจากที่ใบมะพร้าวเจริญเติบโตเต็มที่แล้วประมาณ 2 1/2 - 3 ปี จึงจะร่วงจากลำต้น โดยใบที่แห้งจนเกือบร่วงจากลำต้นจะทำมุม 120-170 องศา กับลำต้น

ใบมะพร้าวแต่ละใบประกอบด้วย ก้านใบ (Rachis or leaf stalk or petiole) และใบย่อย (Leaflets) ความยาวก้านใบประมาณ 4.5-6.0 เมตร แต่ละใบจะมีใบย่อยประมาณ 200-250 ใบ โดยใบย่อยจะเรียงติดกันเป็นแผงทั้งสองข้างของก้านใบ ใบย่อยที่โคนใบและปลายใบจะมีขนาดใบแคบและสั้นกว่าใบย่อยที่อยู่ตอนกลางใบ ใบย่อยที่โคนใบจะยาวประมาณ 76 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร ส่วนใบย่อยที่ปลายใบจะยาวประมาณ 45 เซนติเมตร กว้าง 1.3 เซนติเมตร สำหรับใบย่อยที่ยาวที่สุดประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะเป็นใบย่อยที่อยู่ประมาณ 1/3 ของก้านใบที่นับจากโคนใบ โคนใบส่วนที่ยึดติดกับลำต้นอย่างเหนียวแน่น มีขนาดใหญ่เกือบครึ่งรอยลำต้นและมีร่องเหนือโคนใบให้น้ำไหลลွ่ยอดได้ ใบที่อยู่บนลำต้นและรวมกันอยู่เป็นกระจุกนั้น แต่ละใบจะมีการเร่งตัวอย่างมีระเบียบเพื่อให้ใบทุกใบรับแสงแดดอย่างเต็มที่ การเรียงของใบมะพร้าว เมื่อมะพร้าวเจริญเติบโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 30-40 ใบ ใบต่าง ๆ บนลำต้นมะพร้าวนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ชุด คือ

ชุดที่ 1 มีใบประมาณ 3-5 ใบ เป็นใบอ่อนที่อยู่ในตามะพร้าว อาจจะมีบางใบที่ใบย่อยเริ่มคลี่ออกบ้างแล้ว

ชุดที่ 2 มีใบประมาณ 10-12 ใบ เป็นใบที่ใบย่อยคลี่ออกแล้ว และมีช่อดอกอายุต่างๆกัน อยู่ระหว่างมุมใบ

ชุดที่ 3 มีใบประมาณ 10-14 ใบ เป็นใบที่รองรับทะเลลายมะพร้าวที่มีอายุต่าง ๆ กัน

ชุดที่ 4 มีใบประมาณ 10-12 ใบ เป็นใบที่ได้เก็บเกี่ยวทะเลลายมะพร้าวแล้ว ใบชุดนี้ไม่มีประโยชน์อะไร

**4) ช่อดอก (Inflorescence)** มะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ช่อดอกจะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่ดอกทั้งสองชนิดอยู่ในช่อดอกเดียวกัน ลักษณะประจำพันธุ์ของมะพร้าวจะเป็นสิ่งกำหนดระยะเวลาการออกดอก มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 6 ปี แต่มะพร้าวพันธุ์เตี้ย หรือพันธุ์ลูกผสมจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 4-5 ปี ช่อดอกมะพร้าวเกิดอยู่ในมุมใบระหว่างส่วนของลำต้นกับโคนใบโดยมีแผ่นใยของโคนใบห่อหุ้มอยู่ มะพร้าวที่มุมใบทุกใบมีช่อดอกเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ เรียกว่า Regular bearer ส่วนมะพร้าวที่มีช่อดอกเกิดไม่สม่ำเสมอ เรียกว่า Irregular bearer ดังนั้นมะพร้าวพวก Regular bearer จะมีจำนวนช่อดอกเท่ากับจำนวนใบ และมีช่อดอกปีละประมาณ 10-14 ช่อดอก มะพร้าวที่เริ่มออกดอกครั้งแรกหรือในกรณีของมะพร้าวที่ถูกขาดช่อดอกทำน้ำตาลเป็นเวลานาน ๆ พบว่าในช่อดอกจะมีเฉพาะดอกตัวผู้เท่านั้น ช่อดอกมะพร้าวหรือที่เรียกว่าจั่น (Spadix) หรือบางท้องถิ่นอาจเรียกว่า นกมะพร้าว นั้น มีกาบ (Spathe) จำนวน 2 อันหุ้มช่อดอก โดยกาบหุ้มอันนอกมีขนาดเล็กจะเจริญเติบโต ออกมาก่อนแล้วหยุดการเจริญเติบโต หลังจากนั้นกาบหุ้มอันในจะเจริญเติบโตแทงทะลุกาบนอกออกมา และทำหน้าที่หุ้มช่อดอกไว้ จั่นมะพร้าว เมื่อแรกเกิดมีสีเหลืองค่อนข้างแบน เมื่อจั่น

เจริญเติบโตเต็มที่จะมีลักษณะคล้ายลูกกระสวย (Fusi-form) สีเขียวกลมยาวและโค้งออก ส่วนโคนเล็กเรียวแต่ส่วนปลายเล็กแหลม ความยาวของจั่นประมาณ 1-2 เมตร บริเวณที่ใหญ่สุดมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร ต่อมาทางด้านล่างของกาบหุ้มจะแตกออกตามแนวยาวจากปลายมายังโคนจั่นโดยการแบ่งตัว เนื่องจากการเจริญเติบโตของช่อดอกที่อยู่ภายในจั่นระยะเวลาที่เกิดการแตกของกาบหุ้มนี้เป็นไปอย่างช้า ๆ ประมาณ 1-3 วัน หลังจากนั้นช่อดอกก็จะโผล่ออกมาพร้อมกับการบานของดอก ซึ่งบางดอกจะบานทันทีหลังจากที่กาบหุ้มแตกออก แต่บางครั้งดอกจะเริ่มบานเมื่อกิ่งของช่อดอกได้แผ่กระจายเต็มที่แล้ว ช่อดอกมะพร้าวเป็นแบบ Panicle ประกอบด้วยแกนกลางช่อดอก (Rachis) ซึ่งมีแขนงช่อดอกแยกออกไปเป็นระแง้ (Panicle) ติดกับช่อดอกเรียงเป็นเกลียว จำนวนประมาณ 40 อัน ในแต่ละระแง้มีดอกตัวผู้อยู่ตอนปลายเป็นจำนวนมาก และตอนโคนของระแง้แต่ละอันจะมีดอกตัวเมียอยู่ประมาณ 1-2 ดอก

**ดอกตัวผู้ (Male flower or male spikelet)** ในแต่ละจั่น จะมีเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ 200-300 ดอก จนถึงจำนวนนับพัน ๆ ดอก โดยอาจจะเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2-3 ดอกก็ได้ ลักษณะของดอกคล้ายข้าวเปลือก เมล็ดใหญ่ ไม่มีก้านดอก ขนาดของดอกยาวประมาณ 0.7-1.3 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.5-0.7 เซนติเมตร มีกลีบดอก (Perianth of floral leaves) สีเหลือง จำนวน 6 กลีบ แยกออกเป็น 2 วง ๆ ละ 3 กลีบ โดยกลีบดอกวงนอกมีขนาดเล็กกว่า และเกิดสลับกับกลีบดอกวงใน เมื่อดอกแก่จะแตกออกตามยาวของดอก ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ (Stamen) จำนวน 6 อัน และแยกออกเป็น 2 วง ๆ ละ 3 Stamen ตรงกลางดอกซึ่งเป็นชั้นในสุด มีเกสรตัวเมียที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ และไม่ทำหน้าที่แล้ว (Rudimentary pistil) ซึ่งปลายแยกเป็น 3 แฉก แต่ละแฉกมีต่อมน้ำหวานเพื่อล่อแมลงให้ช่วยถ่ายเทละอองเกสรตัวผู้ การบานของดอกตัวผู้ นั้น ดอกที่อยู่ปลายระแง้และดอกที่ติดอยู่บนฐานดอกตัวเมียจะเริ่มบานก่อน หลังจากนั้นดอกที่อยู่ถัดลงไปตามระแง้ล่าง ๆ ก็ค่อย ๆ บานทยอยไปเรื่อย ๆ แต่ละดอกจะบานอยู่ประมาณ 1 วัน ก็ร่วงหล่นไป ระยะเวลาตั้งแต่ดอกตัวผู้ดอกแรกเริ่มบานไปจนถึงดอกสุดท้ายร่วง (Male phase) ใช้เวลาประมาณ 20-24 วัน และละอองเกสรตัวผู้ที่แตกออกจากอับเกสรนั้น จะมีละอองเกสรอยู่ 2 ชนิดคือ ละอองชนิดกลมที่ไม่เป็นหมัน กับละอองเกสรที่เหี่ยวที่เป็นหมัน ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์

**ดอกตัวเมีย (Female flowers or button)** ดอกตัวเมียมีลักษณะกลมมน มีกลีบดอก (Perianth) ห่อหุ้มเป็นปลีคล้าย ๆ กับกะหล่ำปลีขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางดอกประมาณ 2-3 เซนติเมตร ดอกตัวเมียนี้อยู่บริเวณโคนของระแง้ ๆ ละ 1-2 ดอก ดังนั้นช่อดอกมะพร้าวแต่ละช่อดอก จะมีดอกตัวเมียโดยเฉลี่ยประมาณ 20-40 ดอก แต่ละดอกมีกลีบดอกใหญ่ขนาดเท่าๆกัน และหนาจำนวน 6 กลีบห่อหุ้มดอกอย่างหนาแน่น โดยกลีบดอกทั้ง 6 กลีบนี้เรียงเป็นวง 2 วงวงละ 3 กลีบ เช่นเดียวกับกลีบดอกตัวผู้ ส่วนของดอกที่ติดกับระแง้จะมีกลีบที่มีขนาดกว้าง

และสั้น(Prophyll or bracteole) อีก 2 กลีบรองรับกลีบดอกอีกครั้งหนึ่ง และที่ฐานด้านข้างของดอกตัวเมียจะมีดอกตัวผู้ 1 หรือ 2 ดอกเกิดขึ้นด้วย ภายในดอกมีเกสรตัวเมีย (Pistil) 1 อัน ซึ่งส่วนปลายของเกสรตัวเมีย (Stigma) แยกจากกันเป็น 3 แฉก ภายในเกสรตัวเมียมีรังไข่ (Ovary) 1 อัน ซึ่งมี 3 พู แต่ละพูมีไข่ (Ovule) 1 อัน และมีไข่เพียงใบเดียวที่จะเจริญเป็นผล ระหว่างรังไข่กับวงของกลีบดอก จะมีวงแหวนสีเหลืองอยู่ล้อมรอบ ซึ่งเป็นที่เกิดของเกสรตัวผู้ที่พัฒนาไม่สมบูรณ์และไม่ทำหน้าที่แล้ว (Rudimentary stamens) จำนวน 6 อัน กลีบดอกตัวเมียจะเริ่มบานออกหลังจากที่ดอกตัวผู้ร่วงหมดแล้วประมาณ 1-4 วัน เมื่อดอกตัวเมียบานจะมีน้ำหวานเยิ้มออกมาจากดอก และปลายดอกจะแยกออกเป็น 3 แฉก หลังจากที่ยอดดอกตัวเมียบานแล้ว 1-2 วัน พร้อมทั้งได้รับละอองเกสรตัวผู้แล้ว ปลายของดอกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและน้ำหวานก็จะหยุดไหล ระยะเวลาที่ดอกตัวเมียดอกแรกจนถึงดอกสุดท้ายภายในจันทน์บานพร้อมที่จะรับการผสม (Female phase) จะใช้เวลาประมาณ 4-7 วัน และเมื่อดอกตัวเมียดอกแรกเริ่มบานนั้น ดอกตัวผู้ภายในจันทน์ได้ร่วงหมดแล้ว ดังนั้น การผสมพันธุ์จะผสมโดยใช้ละอองเกสรจากดอกตัวผู้ภายในจันทน์เดียวกันไม่ได้ ยกเว้นมะพร้าวพันธุ์เดี่ยวจะผสมตัวเองได้ ทั้งนี้เพราะว่ามะพร้าวพันธุ์เดี่ยวนั้น ระยะ Female phase จะสิ้นสุดลงก่อน Male phase ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ เป็นคุณสมบัติอันหนึ่งที่แตกต่างกันระหว่างมะพร้าวพันธุ์เดียวกับพันธุ์ต้นสูง เมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมจากละอองเกสรตัวผู้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเจริญเติบโตเป็นผลต่อไป กลีบดอกตัวเมียทั้ง 6 อัน ที่ติดอยู่กับประแสงก็จะขยายใหญ่ขึ้นและติดอยู่บนฐานของผลต่อไปจนกระทั่งผลแก่และแห้ง

**5) ผล (Fruit)** ผลมะพร้าวจะมีขนาดโตเต็มที่หลังจากที่มีการผสมเกสรแล้ว 6 เดือน และหลังจากนั้นอีก 6 เดือน ผลก็จะสุกแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว ลักษณะของผลเป็นแบบ Fibrous drups ที่เรียกกันว่า Nut ขนาดของผล สีของผล จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะประจำพันธุ์ ผลของมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าวนี้ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น คือ

1. Exocarp คือ เปลือกนอกสุดของผล เป็นแผ่นของเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อผลแก่จะมีสีเขียว แดง หรือเหลืองตามลักษณะประจำพันธุ์ สำหรับผลที่แก่และแห้งจัดจะมีสีน้ำตาลเข้ม

2. Mesocarp เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากเปลือกนอกเข้ามา เมื่อผลยังอ่อนมีลักษณะอ่อนนุ่มบาง พันธุ์อาจมีรสหวานรับประทานได้ แต่เมื่อผลแก่จะกลายเป็นชั้นของเส้นใยที่เรียกว่า กาบมะพร้าว (coir) ซึ่งชั้นนี้จะหนาประมาณ 4-8 เซนติเมตร

3. Endocarp เป็นชั้นในสุดที่มีกาบมะพร้าวหุ้มล้อมรอบ เมื่อผลแก่จะมีลักษณะแข็ง สีน้ำตาลดำ ที่เรียกว่า กะลา (Husk or shell) ซึ่งผิวด้านนอกของกะลาจะมีสันนูน 3 สัน ที่กะลาด้านที่อยู่ทางหัวของผลจะมีตาอยู่ 3 ตา carpel ละ 1 ตา โดยมีตาแข็ง 2 ตา และตานิ่มอันใหญ่ 1 ตา ตานิ่มนี้จะอยู่บนส่วนของกะลาอันใหญ่ที่สุด เมื่อมะพร้าวออกหน่อออกมา ต้นอ่อนจะแทงทะลุผ่านตานิ่มอันนี้

**6) เมล็ด (Seed)** เมล็ดมะพร้าวมีขนาดใหญ่ ซึ่งเมล็ดมะพร้าวนี้ก็คือเนื้อมะพร้าว (kernel or meat or endosperm) ที่อยู่ภายในกะลานั้นเอง ประกอบด้วย Seed coat เป็นแผ่นบาง ๆ สีน้ำตาลคั่นอยู่ระหว่างกะลา กับเนื้อมะพร้าว ซึ่ง Seed coat นี้จะติดแน่นกับเนื้อมะพร้าว เนื้อมะพร้าวโดยทั่วไปจะมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 1-2 เซนติเมตร สีขาวและมีน้ำมันอยู่มาก ส่วนของคัพภะ (Embryo) จะอยู่ใต้ตาน้ำ มีลักษณะคล้ายหัวเข็มหมุดสีเหลืองขนาด 0.5-1 เซนติเมตร ฝังอยู่ในเนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดจะเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ ผลอ่อนจะมีน้ำ (Liquid endosperm) บรรจุอยู่เต็ม ซึ่งน้ำมะพร้าวมีน้ำตาลพวกกลูโคสและซูโคส เมื่อผลแก่จะมีสารที่ขับออกมาจากเซลล์ของ Endosperm รวมอยู่ด้วย ทำให้น้ำมะพร้าวมีรสกร่อยลงไป ปริมาณน้ำก็มีน้อยลง ดังนั้นเมื่อเขย่าผลมะพร้าวจะได้ยินเสียงของน้ำภายในผล และน้ำมะพร้าวภายในผลจะถูกดูดซึมหมดไปภายในเวลา 6 เดือนหลังจากเก็บเกี่ยว เมล็ดมะพร้าวไม่มีการพักตัว ดังนั้นคัพภะจะเจริญเติบโตได้ทันทีหลังจากที่ผลแก่เต็มที่แล้ว โดยคัพภะจะงอกหน่อออกมาทางตาน้ำและไหลยดอ่อนออกมาจากเปลือกของมะพร้าวพร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้นที่หน่ออ่อนด้วย ซึ่งระยะเวลาที่คัพภะเจริญเติบโตเป็นหน่อและมีรากนั้น ใช้เวลาประมาณ 4 เดือน เมื่อนำผลมะพร้าวที่มีลักษณะดังกล่าวนี้มาผ่าออกตามยาวของผลจะพบว่า ส่วนของใบเลี้ยงที่หุ้มยอดอ่อน (Plumule) และรากอ่อนของคัพภะ เกิดการขยายตัวใหญ่ขึ้นภายในช่องว่างของเมล็ดที่เรียกว่า จาวมะพร้าว (Haustorial organ or apple) ซึ่งผิวนอกมีสีเหลืองอ่อน แต่เนื้อเยื่อภายในมีลักษณะพุ่มน้ำคล้าย ๆ กับฟองน้ำ จาวมะพร้าวนี้จะทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจาก Endosperm ไปหล่อเลี้ยงคัพภะ รากอันแรกของมะพร้าวที่เจริญออกมาจากคัพภะนั้น เป็นรากที่มีอายุสั้นช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีรากวิสามัญเจริญเติบโตออกมาจากส่วนข้อของลำต้นแทน พร้อมทั้งมีรากฝอยแตกสาขาเจริญอยู่ภายในชั้น Mesocarp และรากจะแทงทะลุเปลือกของผลออกมาหลังจากที่หน่ออ่อนโผล่ขึ้นมาแล้ว (วาสนา, 2525)

### 2.1.2 การปลูก

การปลูกตามบ้านหรือสวนเล็กๆ ควรปลูกช่วงเดือนเมษายน – พฤษภาคม ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

- เตรียมหลุม 50x50x50 cm หรือมีเวลามากก็ 80x80x80 cm ตากไว้สัก 2 สัปดาห์
- ครอบ 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยคอกก้นหลุม 1 กระสอบเล็ก + หญ้าแห้งหรือใบไหม้แห้ง + ดินปลูกหรือดินที่ขุดขึ้นมา + กระจุกป่น 1 ถู + ปูนขาว 1 กำมือ
- ผสมให้เข้ากันปรับหน้าดินให้เท่ากับพื้นระดับดินเดิม
- ขุดหลุมตรงกลางเท่ากับผลมะพร้าวและวางมะพร้าวลงในหลุม กลบดินให้มะพร้าวส่วนผลให้โผล่มา 1 ใน 3 ส่วน
- กัดดินรอบข้างให้แน่น รดน้ำให้ชุ่ม ทำที่บังแดดหรือนำมาฟางหรือหญ้าแห้งมากลบ

### 2.1.3 การดูแลรักษา

- ประมาณสัก 3 เดือนหลังปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 หรือ 15-15-15 ผสมเกลือสมุทรที่ใช้ปรุงอาหาร 1 กำมือ ผังลงในดินรอบๆ โคนต้นมะพร้าว ให้ห่างจากต้นประมาณฟุต
- กลางตุลาคม ใส่ปุ๋ยคอก 1 กระสอบใหญ่ + 13-13-21 หรือ 15-15-15 =1-2 กำมือ + ปุ๋ยหมัก 2 กระป๋องนม
- ปัดต่อไปให้ปฏิบัติเช่นนี้ แต่ใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกเยอะมากขึ้นและให้ใส่ 3 ช่วง ช่วง พฤษภาคม - สิงหาคม - ตุลาคม ก่อนหมดฝน (จรัญ, 2552)

## 2.2 พืชในกลุ่มเพื่อสุขภาพ

### 2.2.1 ข้าว

**2.2.1.1 คุณลักษณะทางพฤกษศาสตร์** ข้าวเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้าลักษณะทั่วไปแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ

- ราก เป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายแตกแขนงอยู่ใต้ผิวดิน
- ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง
- ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสงเพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วยกาบใบและแผ่นใบ

ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ต้นข้าวขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ได้แก่ รวง ดอกข้าวและเมล็ดข้าว

- รวงข้าว (panicle) หมายถึง ช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง เรียกว่า คอรวง
- ดอกข้าว หมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อ หุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือก

นอกใหญ่แผ่นนอก เรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) ทั้งสองเปลือกนี้ ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้

- เมล็ดข้าว หมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เราบริโภค คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิตและงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ (อังคณา และเครีอวัลย์, 2539)

### 2.2.1.2 พันธุ์ข้าวที่นำมาใช้ในการผลิตกะทิธัญพืช



รูปที่ 2.2 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (อังคณา และเครีอวัลย์, 2539)

ชื่อพันธุ์	• ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1)
ชนิด	• ข้าวเจ้า
คู่ผสม	• BKNA6-18-3-2 / PTT85061-86-3-2-1
ประวัติพันธุ์	• ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 กับสายพันธุ์ PTT85061-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในปี พ.ศ. 2533 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1
การรับรองพันธุ์	• คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2543
ลักษณะประจำพันธุ์	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร</li> <li>• ไม่ไวต่อช่วงแสง</li> <li>• อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 104-126 วัน</li> <li>• ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ทำมุม 45°กับคอรวง รวงอยู่ใต้ใบธง</li> <li>• เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน มีหางเล็กน้อย</li> <li>• ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3-4 สัปดาห์</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เมล็ดข้าวกล้อง กว้าง x ยาว x หนา = 2.1 x 7.6 x 1.7 มิลลิเมตร</li> <li>• ปริมาณอมิโลส 15-19 %</li> <li>• คุณภาพข้าวสุก นุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน</li> </ul>
ผลผลิต	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ประมาณ 650-774 กิโลกรัมต่อไร่</li> </ul>
ลักษณะเด่น	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ผลผลิตสูง</li> <li>• คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105</li> <li>• ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว</li> <li>• ต้านทานโรคไหม้ และโรคขอบใบแห้ง</li> </ul>
ข้อควรระวัง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ค่อนข้างอ่อนแอเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม</li> </ul>
พื้นที่แนะนำ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เขตชลประทานในภาคกลาง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554)</li> </ul>

### 2.2.1.3 น้่านมข้าว

ข้าวระยะน้่านม คือ เมล็ดข้าวที่จะต้องเก็บเกี่ยวในช่วงหลังจากดอกข้าวจะร่วงไม่นาน ประมาณ 7-10 วัน (ซึ่งเรียกว่า ข้าวระยะพลับพลึง) ถือเป็นระยะของข้าวที่จะให้น้่านมที่ดีในช่วงนี้ ปกติข้าวเปลือกก่อนที่จะเข้าโรงสี เมื่อเราเอามือบีบเมล็ดข้าวดู เราจะเห็นว่ามันมีน้่านมออกมา นิดๆ ซึ่งไม่มากเท่าข้าวในระยะพลับพลึง การบริโภคน้่านมข้าว นอกจากจะถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า จากต้นข้าวแล้วเพราะนมข้าว จมูกข้าว ไคลข้าว และ เปลือกข้าว ได้ถูกนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอีกด้วย



รูปที่ 2.3 เมล็ดข้าวระยะมีน้่านม (ศิวานี, 2545)

### 2.2.1.4 คุณประโยชน์

น้่านมข้าวยังให้คุณค่าแก่ร่างกาย มากมายด้วยสารอาหารปราศจากไขมันและสารเคมี มีคุณค่าทางโภชนาการ ต่อร่างกายในระดับหนึ่ง มีธาตุเหล็ก ไฟเบอร์ บีหนึ่ง บีสอง วิตามินอี ที่ใช้

บำรุงเลือดให้แก่สตรี ที่สำคัญมากที่สุดคือไขมันที่เป็นศูนย์ สถาบันอาหารทาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการวิจัยว่ามีสารเอ็นโทรไซยานิน ซึ่งป้องกันการก่อเกิดมะเร็งใน ลำไส้ได้ โดยในช่วงปลายพรรษา หรือที่เขาเรียกกันว่าช่วงฤดู “ปลายฝน ต้นหนาว” เป็นช่วงที่ชาว ชนบทจะเป็นไข้หวัดที่เรียกว่า “ไข้หัวลมระบาด” ชาวบ้านในสมัยก่อนจึงทำการเก็บเกี่ยวข้าว ตั้งแต่ในระยะนมข้าว (ระยะพลับพลึง) เพื่อนำไปทำนมข้าวรับประทานป้องกันไว้ก่อน คนโบราณ เขาถือว่า การเก็บเกี่ยวข้าวระยะตั้งท้อง หรือระยะนํ้านมมาถือว่าเป็นบาป เพราะเป็นข้าวระยะตั้ง ท้อง เหมือนกับผู้หญิงเวลาตั้งท้อง แต่เขาจะเก็บข้าวระยะนํ้านมข้าว มาบดทานเวลาที่ไม่สบาย นอกจากนํ้านมข้าวจะสามารถป้องกันไข้หัวลมได้ ในความคิดของชาวบ้านในสมัยก่อนแล้ว นํ้านม ข้าวยังมีสรรพคุณอื่นๆ อีก เช่น ป้องกันโรคภูมิแพ้ แก่ระบบขับถ่ายไม่สะดวก หลังจาก รับประทานจะสามารถเห็นคุณประโยชน์ ของนํ้านมข้าว จากการบริโภคเป็นประจำ ถ้าทานนํ้านม ข้าวทุกวัน เป็นเวลาสองสัปดาห์จะเห็นผล เช่น ระบบขับถ่ายจะดีขึ้น ทำให้รอบเดือนมาตรงเวลา และคลายอาการปวดท้องน้อย เวลาเป็นประจำเดือน แก่เหน็บชา (ติวานี, 2545)

## 2.2.2 ถั่วเหลือง

### 2.2.2.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลืองมปกคลุมด้วยขน สีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลาย แแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่อ อายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของ ต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อ สุขภาพ น้ำมันและโปรตีนมีอยู่ในถั่วเหลืองทั้งคู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองโดยน้ำหนัก โปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืองเป็นคาร์โบไฮเดรต 35 เปอร์เซ็นต์ เมล็ด ถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลือง เปลือกถั่วเหลืองที่ แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อนํ้า ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่งอก รอยที่คล้ายๆ แผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า Hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็น คล้ายรูเปิดเล็กๆที่สามารถดูดซึมนํ้าเข้าไปได้แต่ที่นำสังเกตคือเมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้สูง และสามารถทำให้แห้งโดยไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมาโดยการใส่นํ้า (อภิพรรณ, 2546)



รูปที่ 2.4 ถั่วเหลือง (อภิพรรณ, 2546)

### 2.2.2.2 คุณสมบัติประโยชน์

ถั่วเหลืองมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย ตัวหนึ่งที่โดดเด่นและน่าสนใจคือ กลุ่มไอโซฟลาโวนส์ (Isoflavones) ตัวอย่างเช่น Geistein, Daidzein ซึ่งทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมน เอสโตรเจนในร่างกาย ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองจึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับคุณสุขภาพสตรี โดยเฉพาะที่มีภาวะหมดประจำเดือน เนื่องจากฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนหลักที่ควบคุมการเสริมสร้างกระดูกของร่างกาย และยังช่วยรักษาความชุ่มชื้น ยืดหยุ่นของผิวหนัง การทานน้ำนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ก็เป็นอีกหนทางที่ดีที่จะช่วยให้คุณสุขภาพสตรีลดหรือบรรเทาอาการข้างเคียงจากภาวะหมดประจำเดือนคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจยังมีอีกเพราะถั่วเหลืองไม่ได้มีคุณสมบัติเพียงแค่ผู้หญิงแต่ผู้ชายจนถึงเด็กๆ ต่างก็ได้รับประโยชน์จากถั่วเหลืองได้ตั้งข้อมูลที่จะกล่าวต่อไป

- มีการวิจัยพบว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองช่วยลดและป้องกันโรคกระดูกพรุนและบรรเทาอาการข้างเคียงจาก ภาวะหมดประจำเดือน
- พบว่าช่วยป้องกันและแก้ไขโรคหัวใจเนื่องจากเป็นอาหารที่ไม่มีคอเลสเตอรอล มีไฟเบอร์สูง นอกจากนี้ยังมี ไอเมกา 3 และวิตามินอี
- พบว่าช่วยป้องกันและยับยั้งโรคกระดูกพรุนต่อมลูกหมาก แม้ว่ากลไกในการทำงานของมันเรายังไม่ทราบ แต่นักวิจัยพบว่าผู้ชายที่รับประทานผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองยิ่งมากเท่าไร การเป็นโรคกระดูกพรุนต่อมลูกหมากยิ่งพบน้อยลง
- ช่วยป้องกันโรคระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากถั่วเหลืองมีไฟเบอร์สูง ไฟเบอร์เหล่านี้จะช่วยทำความสะอาดระบบทางเดินอาหารและจากการวิจัยยังพบว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ได้
- เป็นแหล่งโปรตีนสำคัญสำหรับนักมังสวิรัติ เพราะถั่วเหลืองมีสารอะมิโนเอซิดที่จำเป็นต่อร่างกาย

- ใช้แทนน้ำมันงาในเด็กที่แพ้นมวัวและแพ้น้ำมันในนม สามารถใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนได้
- ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานเพราะถั่วเหลืองมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบน้อย และยังไม่ีคอเลสเตอรอล (อภิพรรณ, 2546)

## 2.2.3 งาและน้ำมันงา

### 2.2.3.1 คุณลักษณะทางพฤกษศาสตร์

งา (Sesame) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* L. วงศ์ Pedaliaceae งาเป็นไม้ล้มลุกและเป็นไม้พื้นเมืองของประเทศแถบเส้นศูนย์สูตร มีชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า *Sesamum indicum* L. งาเป็นต้นไม้ขนาดเล็กสูง 1-2 เมตร มีใบบอบบาง ดอกสีขาวหรือชมพู เมื่อผลแก่จัดจะแตกเมล็ดงาจำนวนมากในฝักนั้น เมล็ดงามีประโยชน์ประกอบด้วยน้ำมันระหว่าง 46.4 – 52.0% มีโปรตีน 19.8 – 24.2% ซึ่งมีลัดสวนดี จึงเป็นอาหารที่ดีมีสารมิไธโอนีนและทรินโทเพนสูง มีแคลเซียม โปรแตสเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี และเหล็ก น้ำมันงาที่ดีได้มาจากการหีบโดยไม่ใช้ความร้อน (Cold pressed) น้ำมันงามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acids) ระหว่าง 40.9 – 42.0% ชนิดไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว (Monounsaturated fatty acids) ระหว่าง 42.5 – 43.3% ซึ่งชนิดหลังนี้ เชื่อว่าช่วยป้องกันหลอดเลือดแดงแข็งและโรคหัวใจ

### 2.2.3.2 คุณประโยชน์

คนโบราณนิยมใช้น้ำมันงาในการรักษาตัวเองมานานหลายพันปีมาแล้ว ทั้งในประเทศอินเดียและจีน สรรพคุณต่างๆที่รวบรวมได้มีดังนี้

- มีสรรพคุณต้านแบคทีเรีย รา และไวรัส
- สามารถลดการอักเสบ
- มีรายงานการทดลองว่าสามารถทำให้หลอดเลือดแดงดีขึ้น ลดการเกิดการอุดตันของหลอดเลือด (Atherosclerosis)
- ใช้กับโรคเรื้อรัง เช่น ตับอักเสบ เบาหวาน และปวดศีรษะเรื้อรัง
- ในการศึกษาทดสอบในห้องปฏิบัติการ น้ำมันงาสามารถลดการเติบโตของเซลล์มะเร็งผิวหนัง (Malignant melanoma) และเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ อาจเป็นเพราะมีกรด Linoleic ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็น (EFA)
- มีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเมื่อซึมซับลงไปใต้ผิวหนังแล้วจะทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จึงมีสรรพคุณต้านการเกิดมะเร็งด้วย
- เมื่อเข้าสู่หลอดเลือดจะช่วยลดจำนวนไลโปโปรตีนชนิดเบา (LDL) ในหลอดเลือดซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

- ภายในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ เซลล์บางชนิดใช้ไขมันแทนน้ำตาล น้ำมันงาจะเป็นอาหารที่จำเป็นสำหรับเซลล์เหล่านี้
- เมื่อใช้กล้วยคอกและบัวบกปากจะลดเชื้อที่ทำให้เกิดเหงือกอักเสบ เชื้อก่อโรคเจ็บคอ และเชื้อหวัด
- ใช้หยอดจมูก (1-2 หยด) เมื่อเป็นไซนัสพบว่าได้ผลดี
- มีผลในการระบายท้อง (Laxative) โดยจับเพียง 1 ช้อนชาก่อนนอน อาจช่วยบรรเทาอาการท้องผูก แต่อย่าใช้ขณะท้องว่าง (วีณา, 2551)

## 2.3 กระบวนการแปรรูปด้วยการพาสเจอร์ไรส์

**2.3.1 กระบวนการพาสเจอร์ไรส์** เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่ไม่รุนแรงนัก ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารให้อยู่ได้นานหลายวัน วิธีนี้สามารถใช้ถนอมอาหารได้โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อความร้อนต่ำ เช่น แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าของอาหารน้อยที่สุด การพาสเจอร์ไรส์เป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ แต่ไม่ใช่ทั้งหมดในอาหาร ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้วต้องผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไปหรือต้องเก็บรักษาในสภาวะที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

### 2.3.1.1 การพาสเจอร์ไรส์แบบ Low Temperature – Long Time (LTLT)

วิธีใช้ความร้อนต่ำ – เวลานาน (LTLT : Low Temperature – Long Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.8 – 65.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อผ่านความร้อนโดยใช้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ต้องเก็บอาหารไว้ในที่เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส กรรมวิธีการนี้นอกจากจะทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคแล้วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยไขมันชนิดไลเปส (Lipase) ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำมันด้วย

### 2.3.1.2 การพาสเจอร์ไรส์แบบ High Temperature – Short Time (HTST)

วิธีใช้ความร้อนสูง – เวลาสั้น (HTST : High Temperature – Short Time) วิธีนี้ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าวิธีแรก แต่ใช้เวลาน้อยกว่าคืออุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส คงไว้เป็นเวลา 15 วินาที อาหารที่ผ่านความร้อนแล้วจะได้รับการบรรจุลงกล่องหรือขวดโดยวิธีปราศจากเชื้อแล้วนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 7.2 องศาเซลเซียส (วีไล, 2543)

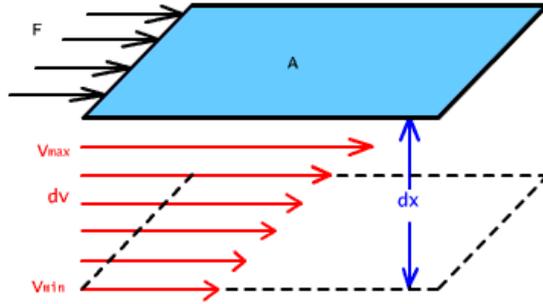
## 2.4 การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร

### 2.4.1 การวัดค่าสี (Color)

องค์การที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานของสีคือ Commission on International del'Eclairage (CIE) หรือชื่อในภาษาอังกฤษว่า International Commission on Illumination มีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส องค์การนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในวงการวิชาการและการวิจัย คือระบบ CIE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงความมืด-สว่างของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง สีเขียว และความสว่าง(Lightness) ตามลำดับ ระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ  $L^* - a^* - b^*$  ซึ่งเป็นการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน  $L^*$  จะบรรยายถึงค่าความสว่าง(Lightness) จากค่า  $+L^*$  แสดงถึงสีขาว ไปจนถึง  $-L^*$  แสดงถึงสีดำ แกน  $a^*$  จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ( $-a^*$ ) ไปจนถึงแดง ( $+a^*$ ) ส่วนแกน  $b^*$  จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ( $-b^*$ ) ไปเหลือง ( $+b^*$ ) นอกจากนี้ บริษัท Hunter Lab ในอเมริกา ก็เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี จนในที่สุดได้ระบบของ Hunter Lab เอง ซึ่งเรียกว่าการวัดระบบสี Hunter Lab scale ซึ่งบรรยายในแกน 3 มิติเช่นเดียวกับระบบ CIE โดยที่ Hunter Lab จะใช้สเกล  $L - a - b$  ในการบรรยายลักษณะสี ข้อแตกต่างระหว่างระบบสี CIE และ Hunter lab คือสูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง  $L - a - b$  และ  $L^* - a^* - b^*$  ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น (วิไล, 2543)

### 2.4.2 ค่าความหนืด (viscosity)

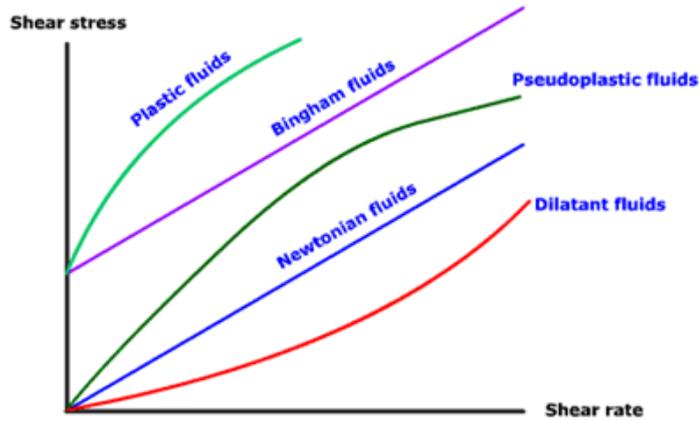
ความข้นหนืด (Viscosity) เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญตัวหนึ่งในด้านสมบัติของอาหารและวัสดุชีวภาพ เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของอาหาร ที่มีสมบัติเป็นของเหลว หรือ กึ่งของแข็ง (Semi-solid food) นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญในการออกแบบระบบการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) และ ระบบถ่ายเทมวลสาร (Mass transfer) ความหนืดเป็นสมบัติของของไหลที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของชั้นของไหล ในการศึกษาเรื่องความหนืดยึดหลักที่ว่าของไหลประกอบด้วยชั้นต่างๆซ้อนกันดังรูปโดยแรง F ออกแรงกระทำต่อแผ่นของไหล ชั้นของไหลมีความสูง  $x$  ความเร็วของของไหลในแต่ละชั้นไม่เท่ากัน โดยชั้นบนสุดของไหล มีความเร็วสูงสุด ขณะที่ชั้นล่างสุดมีความเร็วต่ำที่สุด



รูปที่ 2.5 แผนภาพการไหลของของไหล (วันชัย, 2544)

#### 2.4.2.1 ลักษณะพฤติกรรมของการไหลของไหล

ในการศึกษาเรื่องความหนืด เมื่อทำการพลอตกราฟระหว่างค่า Shear stress กับ Shear rate ในวัสดุชีวภาพใดๆจะได้กราฟดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.6 ลักษณะของพฤติกรรมของการไหล (วันชัย, 2544)

#### 2.4.2.2 การแบ่งประเภทลักษณะพฤติกรรมของการไหล

เราสามารถจำแนกลักษณะการไหลที่เกิดขึ้นออกเป็น 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ คือ

1) Newtonian Fluids: เช่น น้ำ, น้ำมันเจือจาง ค่าความหนืดที่ได้จะมีค่าคงที่อย่างมีนัยสำคัญ ในสมการค่า  $n$  ของของไหลนิวโตเนียนมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ

2) Non-Newtonian Fluid: อาหารชั้นทั่วไป เช่น ซอสมะเขือเทศ มัสตาร์ด มายองเนส ซึ่งในอาหารทั่วไปจะพบว่ามีการไหลเป็นแบบนอน-นิวโตเนียนเป็นส่วนใหญ่ การที่เกิดลักษณะการไหลประเภทนี้เป็นเพราะภายในของไหลมีขนาดของอนุภาคที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ ซึ่งทำให้ในระหว่างช่วงการไหลเกิดลักษณะไม่ราบรื่น ในการไหลแบบนอน-นิวโตเนียนมีปัจจัยหลายๆอย่างที่มีผลทำต่อ Shear rate ของไหลนอน-นิวโตเนียนสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่

### ก. พวกที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent non-newtonian fluids)

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้จะขึ้นอยู่กับ Shear stress และ Shear rate แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับความเค้นเฉือน (Shear stress) แต่อย่างใด นั่นคือความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress และ Shear rate จะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา

- ของไหลซูโดพลาสติก (Pseudoplastic fluids) ลักษณะของการไหลประเภทนี้คือ ค่าความหนืดมีค่าลดลงเมื่อแรงเฉือนเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ลักษณะการไหลประเภทนี้ยังมีชื่อเรียกอื่นๆว่า Shear-thinning และ Power law liquid ตัวอย่างทั่วไปของของไหลประเภทนี้ได้แก่ นม, Fruit puree, มายองเนส, มัสตาด และ ซุปผัก
- ของไหลไดลาแทนต์ (Dilatant fluids) ลักษณะของการไหลประเภทนี้คือ ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงเฉือนเพิ่มสูงขึ้น ของไหลไดลาแทนต์จะพบเห็นได้ในของไหลหรืออาหารลักษณะมีตะกอนของแข็งนอนกัน ยกตัวอย่างเช่น Candy compound , น้ำแป้งข้าวโพด นอกจากนี้ลักษณะของไหลไดลาแทนต์ยังเรียกอีกอย่างได้ว่าลักษณะการไหลแบบ Shear-thickening
- ของไหลพลาสติก (Plastic fluids) และของไหลบิงแฮม (Bingham fluid) ของไหลประเภทนี้ที่ค่าแรงเฉือนมีค่าต่ำๆ จะไม่มีการเคลื่อนที่แต่อย่างใด จนกระทั่งค่าแรงเค้นเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกจุดที่แรงเค้นมีผลทำให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่นี้ว่า Yield value หรือในบางตำราเรียกว่า Yield stress ในของไหลบิงแฮม(Bingham fluids) เมื่อออกแรงเค้นจนถึงจุด Yield stress หลังจากนั้นของไหลจะมีพฤติกรรมเหมือนของไหลนิวโตเนียน ตัวอย่างของของไหลที่มีพฤติกรรมแบบนี้ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ (Tomato catsup) ส่วนของไหลพลาสติกนั้นเมื่อออกแรงจนถึงจุด Yield stress ของไหลก็จะมีพฤติกรรมการไหลคล้ายกับของไหล Pseudoplastic

### ข. พวกที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent non-newtonian fluids)

ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่า Shear stress และ Shear rate แล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับแรงเค้นเฉือน

- ของไหลไทรโซทรอปิค(Thixotropic fluids) ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะลดลงตามระยะเวลา เมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลประเภทนี้พบได้น้อย แต่ก็พบบ้างในวัสดุประเภท Grease, สีทาบ้านและน้ำหมึกสำหรับเครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่
- ของไหลรีโอเพคซิก (Rheopexic fluids) ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลแบบรีโอเพคซิกนี้ค่อนข้างจะพบได้ยาก (วันชัย, 2544)

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นศึกษากระบวนการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชพาสเจอร์ไรส์เพื่อทดแทนกะทิจากมะพร้าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ

3.1 ศึกษาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีเบื้องต้นของวัตถุดิบหลักและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชชนิดอื่น คือ น้ำนมข้าว, กะทิจากมะพร้าว, งด้า และถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี

#### 3.1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

##### เตรียมวัตถุดิบ

- เตรียมน้ำนมข้าว: ผสมตัวอย่างข้าว 2 ส่วนกับ น้ำ 1 ส่วน ปั่นให้เข้ากัน แล้วกรองเอาเฉพาะน้ำ
- ตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลือง ดังรูปที่ 3.1
  1. แช่ถั่วเหลืองไว้จนนิ่มโดยใช้เวลาประมาณ 1 คืน
  2. ผสมน้ำ 1.5 ส่วน กับถั่วเหลือง 1 ส่วน ปั่นให้เข้ากัน แล้วกรองเอาแต่น้ำ
- เตรียมตัวอย่างน้ำมันงา
- เตรียมตัวอย่างกะทิสด



น้ำนมข้าว



น้ำถั่วเหลือง

รูปที่ 3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำนมข้าวและน้ำถั่วเหลือง



น้ำมันงา



กะทิสด

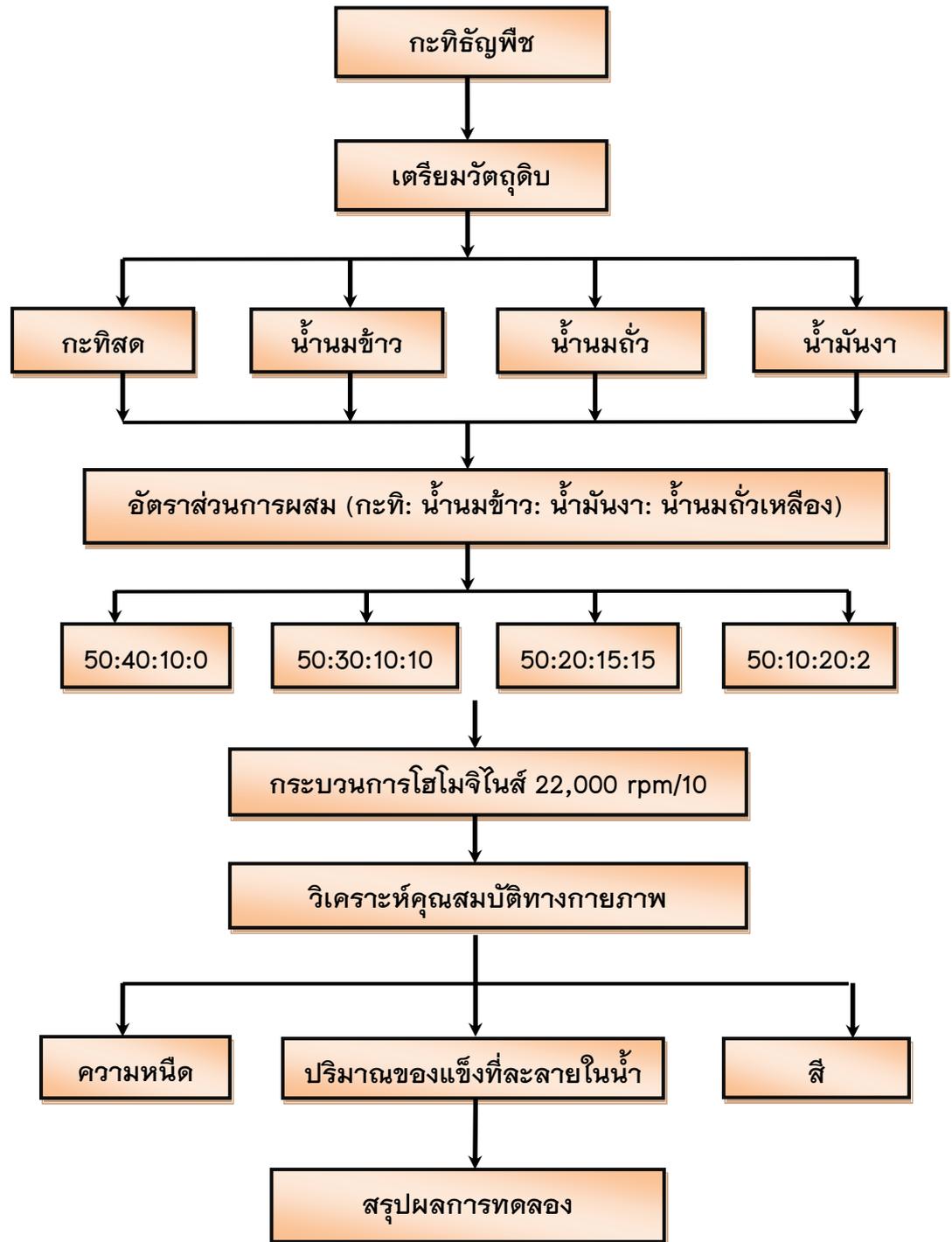
รูปที่ 3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำมันงาและกะทิสด

### 3.1.2 ทดสอบหาอัตราส่วนของกะทิน้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืช

เตรียมตัวอย่างกะทิ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันข้าว และผสมตามอัตราส่วนที่ตั้งไว้ ก่อนนำมาไฮโมจิไนส์ที่ 22,000 rpm /10 min และวิเคราะห์คุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี ดังแผนการทดสอบที่แสดงในรูป 3.4



รูปที่ 3.3 เตรียมตัวอย่างกะทิ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันข้าวและการไฮโมจิไนส์



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของกะทิน้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืช

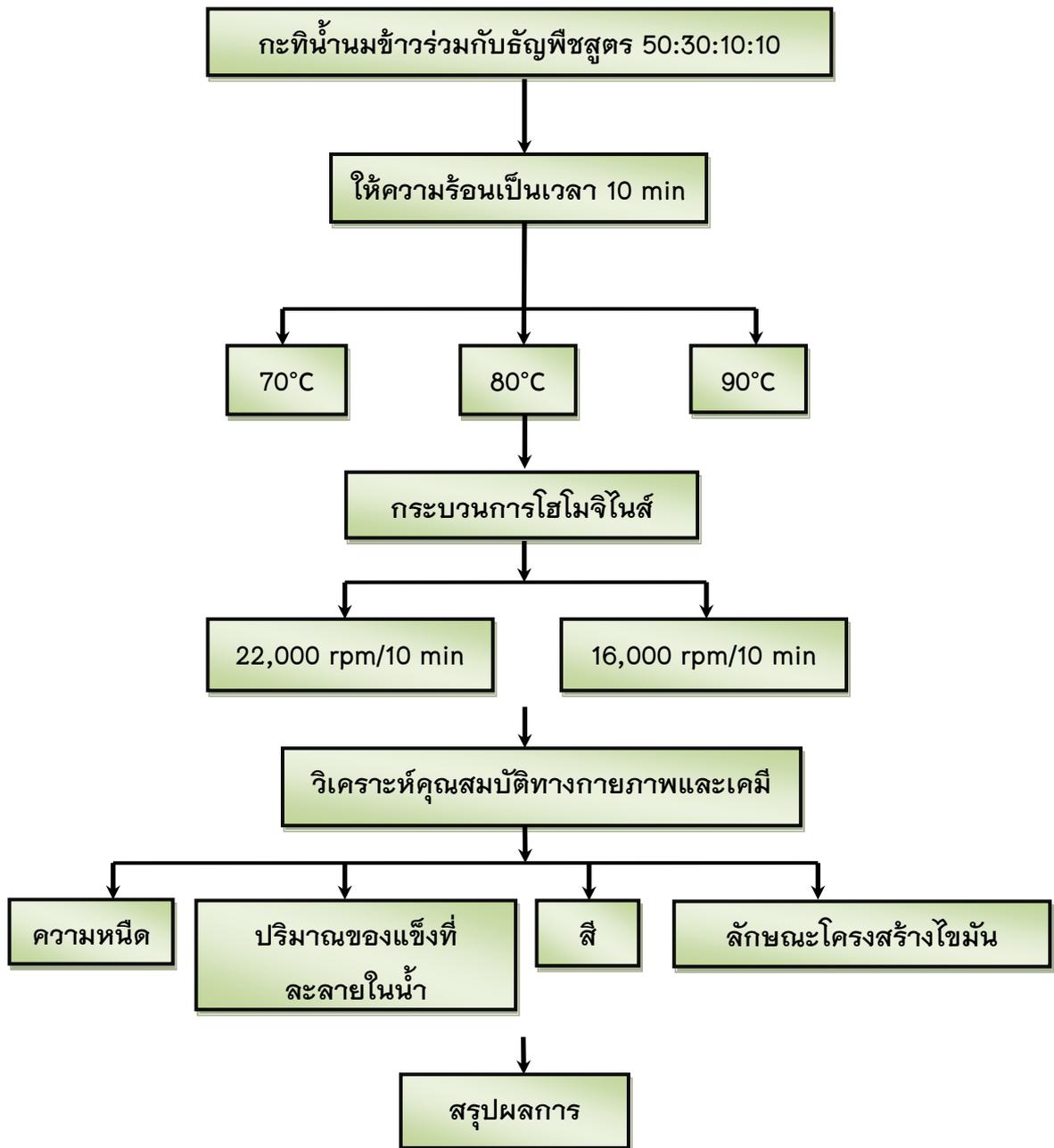
### 3.2 ศึกษาผลของการให้ความร้อนกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการไฮโมจิไนส์ที่มีต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์

หลังจากเมื่อได้ส่วนสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชแล้วหลังจากขั้นตอนที่เลือกมาสูตรที่ดีที่สุดมา 1 สูตรเพื่อการทดลองศึกษาผลการให้ความร้อนกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการไฮโมจิไนส์ที่มีต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการไฮโมจิไนส์ที่ 70°C, 80°C และ 90°C เป็นเวลา 10 min และพิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี อันประกอบไปด้วย ความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไขมัน สี และลักษณะโครงสร้างเม็ดไขมันในกะทิ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

- เตรียมตัวอย่างกะทิ น้ำนมถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำนมข้าว ดังที่ได้นำเสนอแล้วในหัวข้อ 3.1.1
- ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C 80°C และ 90°C ตามลำดับ
- นำมาไฮโมจิไนส์ที่ 22,000 rpm/ 10 min และ 16,000 rpm/ 10 min



รูปที่ 3.5 ให้ความร้อนตัวอย่างกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนไฮโมจิไนส์

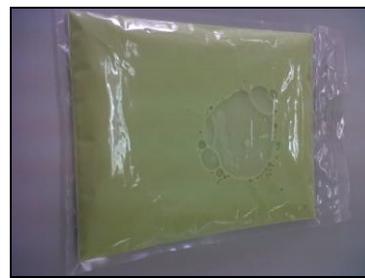


รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลของความร้อนและการโฮโมจีไนส์ต่อคุณภาพของกะทิ น้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืช

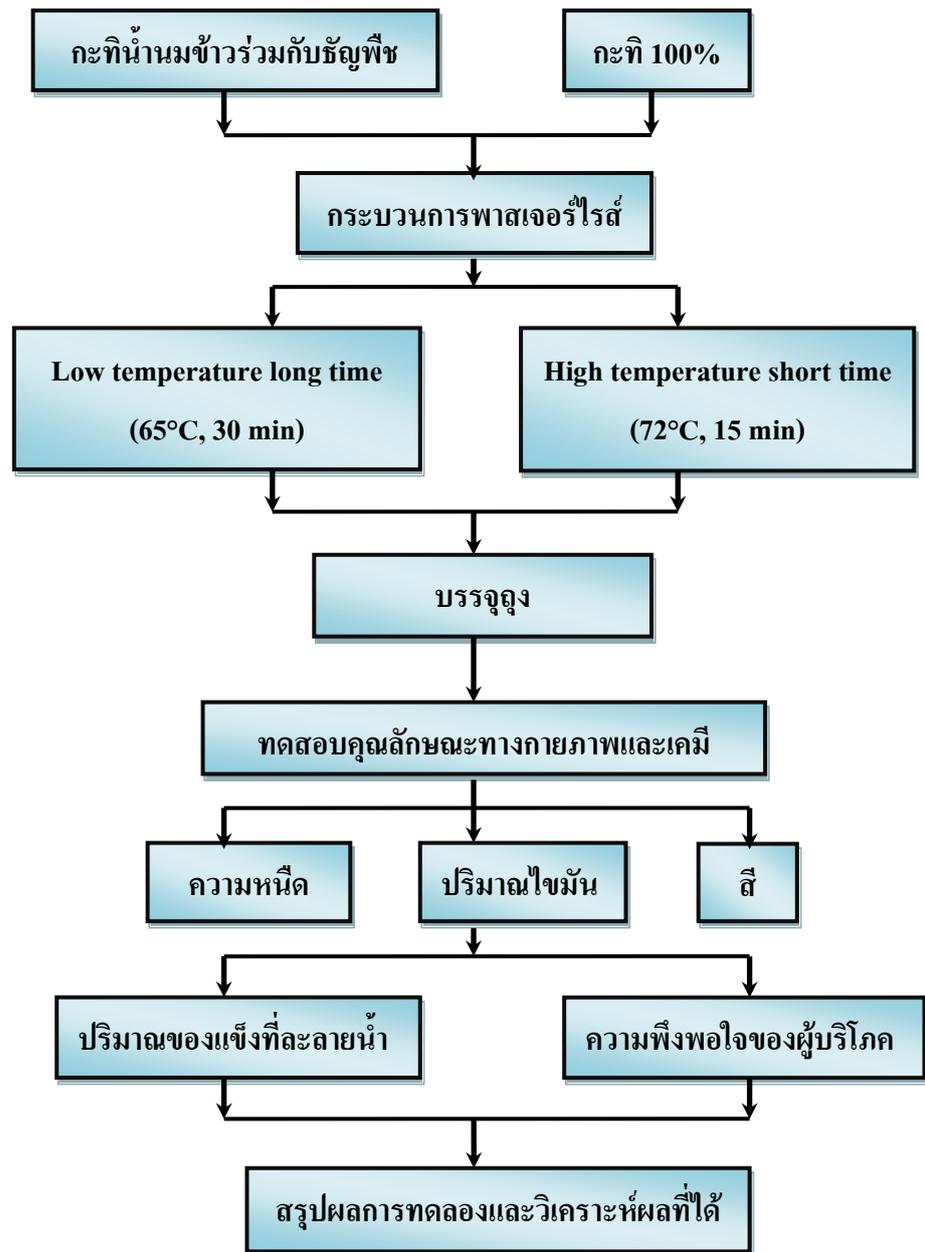
### 3.3 ศึกษาผลของการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชพร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านกระบวนการผลิตจนได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดแล้วกับกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว

เมื่อผ่านกระบวนการทั้งหมดดังกล่าวที่ได้กล่าวมาแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชแล้ว เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นดังนั้นจึงผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรส์ดังนั้นจึงศึกษาผลของการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชโดยใช้อุณหภูมิ 65°C นาน 30 นาที และ 72°C นาน 15 วินาที นั่นคือการเปรียบเทียบสองระบบ คือ อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low temperature long time) และอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High temperature short time) พร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามองค์ประกอบของกะทิที่พึงจะมี คือ โปรตีน ปริมาณไขมัน ความหนืด สี ระหว่างกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว 100% กับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช และทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคในขั้นตอนสุดท้ายดังแผนการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 3.8

- เตรียมตัวอย่างกะทิ ถั่วเหลือง น้ำมันงา นํ้านมข้าว
- นำมาไฮโมจิไนส์ที่ 22,000 rpm/10 min
- ทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low temperature long time) และอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High temperature short time) บรรจุถุงและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี



รูปที่ 3.7 เตรียมตัวอย่างวัตถุดิบก่อนการไฮโมจิไนส์ การพาสเจอร์ไรส์ และบรรจุถุง



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชเปรียบเทียบกับกะทิจากมะพร้าว

### 3.4 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวัดค่าดังนี้

3.4.1. วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำวัดด้วย Refractometer รายงานผลเป็น Degrees Brix ซึ่งค่า Brix คือ หน่วยที่ใช้บอกความเข้มข้น ของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มักใช้กับน้ำเชื่อม น้ำผลไม้ น้ำผลไม้เข้มข้น เช่น น้ำเชื่อมเข้มข้น 10 บริกซ์ หมายถึง น้ำเชื่อมหนัก 100 กรัม มีน้ำตาลซูโครสละลายอยู่ 10 กรัม (ที่

อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) การวัดค่า Brix เป็นการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่รวมทั้งหมด (total soluble solid) ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก และแร่ธาตุต่างๆ



รูปที่ 3.9 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ

### 3.4.2. วัดค่าความหนืด

เครื่องวัดค่าความหนืดสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0.01 - 200 RPM โดยเราเลือกใช้ที่ 180 RPM และเลือกใช้ Spindle เบอร์ 3 โดยค่าความหนืด สามารถแสดงผลในหน่วย cP หรือ mPa.s



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดค่าความหนืด

### 3.4.3. วัดค่าสี

ระบบการวัดค่าสีโดยกำหนดค่าแสดงสี คือ  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  คล้ายพิกัดแกน x,y,z โดยที่

$L^*$	หมายถึง	ค่าความสว่างมีค่า 0 - 100
0	หมายถึง	สีมืดที่สุด
100	หมายถึง	สว่างที่สุด
$a^*$	หมายถึง	ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง หรือเขียว
$+a^*$	หมายถึง	แสดงความเป็นสีแดง

-a*	หมายถึง	แสดงความเป็นสีเขียว
b*	หมายถึง	ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง หรือน้ำเงิน
+b*	หมายถึง	แสดงความเป็นสีเหลือง
-b*	หมายถึง	แสดงความเป็นสีน้ำเงิน



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดค่าสี

3.4.4. ทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค (Sensory test) ตามแผนการทดสอบแบบ “Hedonic Scale” จำนวนผู้ทดสอบ 15 คน

#### 3.4.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ณ บริษัท ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด โดยวิเคราะห์ดังนี้

- ก. Ash (AOAC, 2005)
- ข. Carbohydrate (In-house method TE-CH-169 based on compendium of method for food analysis Thailand, 1<sup>st</sup> edition, 2003)
- ค. Fat (ISO 1211, 2010)
- ง. Moisture (ISO 6731, 1989)
- จ. Protein (Modified method based on AOAC (2005))
- ฉ. Total plate count (Maturin and Peeler 2001)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี คือ คุณสมบัติในด้านสี (Color), ค่าปริมาณของแข็ง (Total solid), ค่าความหนืด (Viscosity), ปริมาณไขมัน (Total Fat), ปริมาณจุลินทรีย์รวม (Total Microorganism) และความพึงพอใจของผู้บริโภค เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของกะทิจากมะพร้าว ซึ่งในผลการทดลองหลังจากนี้เพื่อความเข้าใจและง่ายต่อการอธิบายจะนิยามสัญลักษณ์ดังนี้

#### **ขั้นตอนหาอัตราส่วนที่เหมาะสม**

CC-01 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 1 ส่วนผสมคือ กะทิสด50: น้ำนมข้าว40: น้ำถั่วเหลือง10: น้ำมันงา 0

CC-02 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 2 ส่วนผสมคือ กะทิสด50: น้ำนมข้าว30: น้ำถั่วเหลือง10: น้ำมันงา 10

CC-03 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 3 ส่วนผสมคือ กะทิสด50: น้ำนมข้าว20: น้ำถั่วเหลือง15: น้ำมันงา 15

CC-04 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 4 ส่วนผสมคือ กะทิสด50: น้ำนมข้าว10: น้ำถั่วเหลือง20: น้ำมันงา 20

#### **ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการให้ความร้อนก่อนการโฮโมจิไนส์**

T70/16 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 16,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

T80/16 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 16,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

T90/16 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 16,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

T70/24 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 24,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

T80/24 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 24,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

T90/24 หมายถึง กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชจากขั้นตอนที่ 1 ผ่านการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และโฮโมจิไนส์ที่ 24,000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 10 นาที

### ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์

พิจาณาเกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนและไฮโมจิไนส์แล้วจากชั้น  
สอนที่ 1 และ 2 นำมาทดสอบกระบวนการฆ่าเชื้อโดยการพาสเจอร์ไรส์

CC65/30 หมายถึง เกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่  
อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

CC72/15 หมายถึง เกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่  
อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

CM65/30 หมายถึง เกทิจากมะพร้าว ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 65  
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

CM72/15 หมายถึง เกทิจากมะพร้าว ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72 องศา  
เซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

#### 4.1 ผลศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชชนิดอื่น คือ น้ำนมข้าว, เกทิจากมะพร้าว, งาดำ และถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทาง กายภาพและทางเคมี

จากการศึกษากระบวนการผลิตเกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชพาสเจอร์ไรส์เพื่อทดแทน  
เกทิจากมะพร้าว ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้นำเกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่มีความแตกต่างกันด้าน  
ส่วนผสมทั้ง 4 สูตร มาศึกษาคุณสมบัติในด้านสี (Color), ค่าปริมาณของแข็ง (Total solid), ค่า  
ความหนืด (Viscosity), ปริมาณไขมัน (Total Fat) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของเกทิ  
จากมะพร้าว ซึ่งให้ผลการทดลองดังจะกล่าวต่อไป

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าสีของเกทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

ตัวอย่างที่	ค่าสี		
	L*	a*	b*
เกทิสด	83.16 ± 0.05 <sup>d</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>d</sup>	5.39 ± 0.02 <sup>e</sup>
CC-01	77.04 ± 0.14 <sup>e</sup>	-2.41 ± 0.02 <sup>e</sup>	15.95 ± 0.15 <sup>d</sup>
CC-02	78.54 ± 0.13 <sup>d</sup>	-1.98 ± 0.04 <sup>d</sup>	15.22 ± 0.23 <sup>b</sup>
CC-03	80.10 ± 0.10 <sup>c</sup>	-1.08 ± 0.04 <sup>c</sup>	13.16 ± 0.16 <sup>c</sup>
CC-04	81.10 ± 0.10 <sup>b</sup>	-0.5 ± 0.02 <sup>b</sup>	12.42 ± 0.11 <sup>d</sup>

<sup>abc</sup> อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อ  
เปรียบเทียบโดย DMRT (mean ± SD)

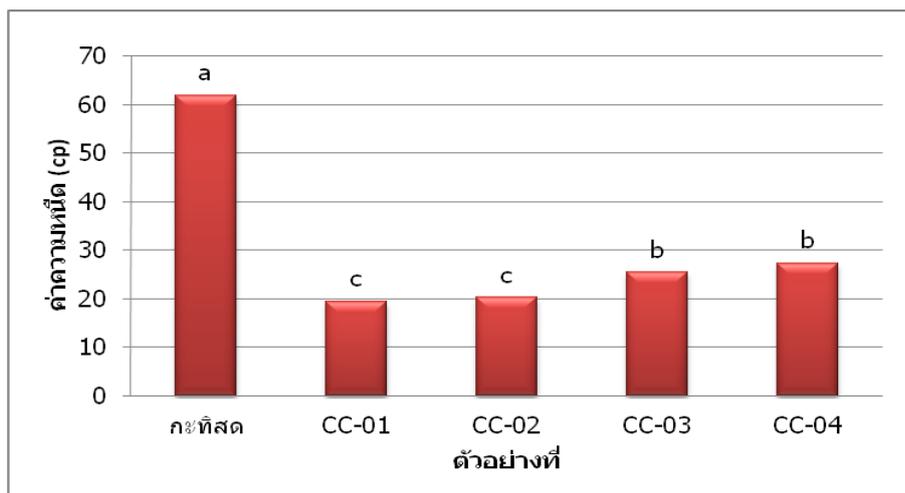
#### 4.1.1 การทดสอบค่าสี (Color)

จากการทดลองวัดค่าสีดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าสีที่ปรากฏนั้นมีความแตกต่างไปตามวัตถุดิบที่นำมาประกอบ ทั้งนี้ตัวอย่าง CC-04 มีค่าสีใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนของน้ำมันข้าวคั่วค่อนข้างน้อย คือ 10% ซึ่งน้ำมันข้าวหลังจากการคั่วจนเมล็ดจะมีสีค่อนข้างเขียว ดังนั้นจึงส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มา โดยจะเห็นได้ชัดว่าการลดปริมาณน้ำมันข้าวที่มีค่าความเป็นสีเขียวยิ่งมากขึ้นทำให้ค่าความขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เช่นเดียวกับค่า  $a^*$  ซึ่งบอกค่าความเป็นสีเขียวพบว่าแนวโน้มของค่า  $a^*$  นั้นมีค่าที่ลดลง เนื่องจากการลดลงของส่วนผสมที่เป็นน้ำมันข้าวและการเพิ่มขึ้นของส่วนผสมที่เป็นถั่วเหลืองและน้ำมันงา ทางด้านค่า  $b^*$  ก็มีแนวโน้มการลดลงของค่าสีเหลืองเนื่องจากการลดลงของส่วนผสมที่เป็นน้ำมันข้าวเช่นกัน

#### 4.1.2 การทดสอบค่าความหนืด (Viscosity)

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของกะทิน้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืชของน้ำมันข้าวทั้ง 4 สูตรเปรียบเทียบกับกะทิสดโดยทำการโสมิโวจิโนส์ที่ความเร็วรอบและระยะเวลาที่เท่ากันพบว่า ค่าความหนืดของกะทิจากมะพร้าวมีค่าสูงกว่ากะทิน้ำมันข้าวร่วมกับธัญพืช โดยจากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความหนืดเมื่อส่วนผสมมีการเปลี่ยนแปลง คือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันงาและน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันปริมาณน้ำมันข้าวที่ลดลงส่งผลต่อค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นเพราะในน้ำมันข้าวมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากดังนั้นจึงทำให้ค่าความหนืดมีค่าน้อยลง

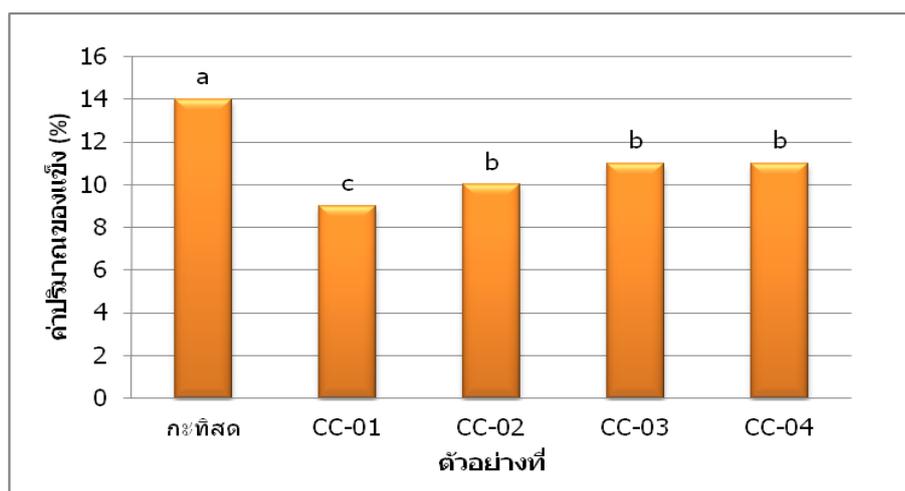
ทั้งนี้ CC-01 และ CC-02 มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างกับกะทิจากมะพร้าวเพราะที่ CC-01 และ CC-02 นั้นยังมีปริมาณน้ำมันข้าวอยู่ในปริมาณที่สูงและมีปริมาณน้ำมันงาน้อยจึงทำให้มีค่าความหนืดต่ำและแตกต่างกับกะทิสดอยู่มาก ส่วนที่ CC-03 และ CC-04 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างเมื่อเทียบกับกะทิจากมะพร้าว ซึ่งจากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า CC-03 และ CC-04 มีการลดปริมาณน้ำมันข้าวและเพิ่มปริมาณน้ำมันงา



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความหนืด (Viscosity)

#### 4.1.3 การทดสอบค่าปริมาณของแข็ง (Total Solid)

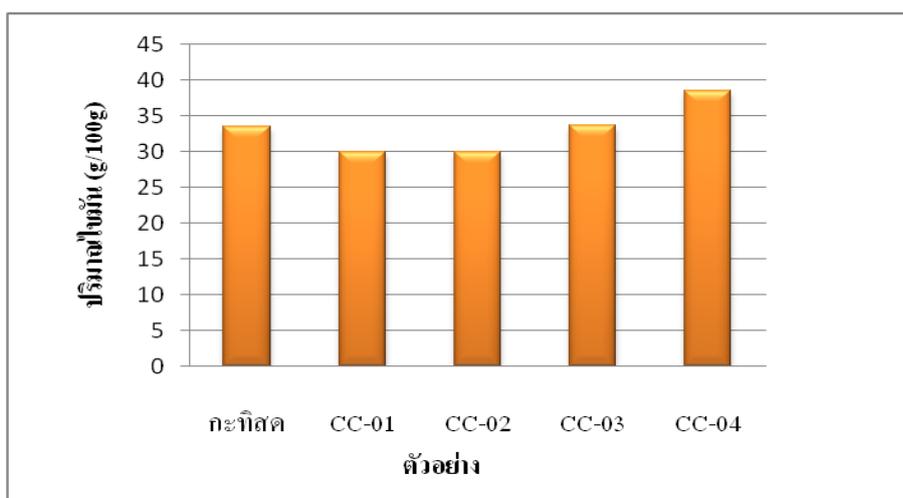
จากการทดลองหาค่าปริมาณของแข็งหรือค่าความหวานดังรูปที่ 4.2 พบว่ากะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชทั้ง 4 สูตรมีค่าปริมาณของแข็งแตกต่างกันจากกะทิสดอยู่มาก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง และการลดลงของปริมาณน้ำนมข้าวเพราะปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในน้ำมันถั่วเหลืองนั้นมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในน้ำนมข้าวจึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ CC-02, CC-03 และ CC-04 ไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณของแข็งตามลำดับ เพราะมีการเพิ่มของปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองและลดปริมาณน้ำนมข้าวลง ส่วน CC-01 มีปริมาณของน้ำนมข้าวอยู่มากจึงมีความแตกต่างกับกะทิสดอย่างเห็นได้ชัด



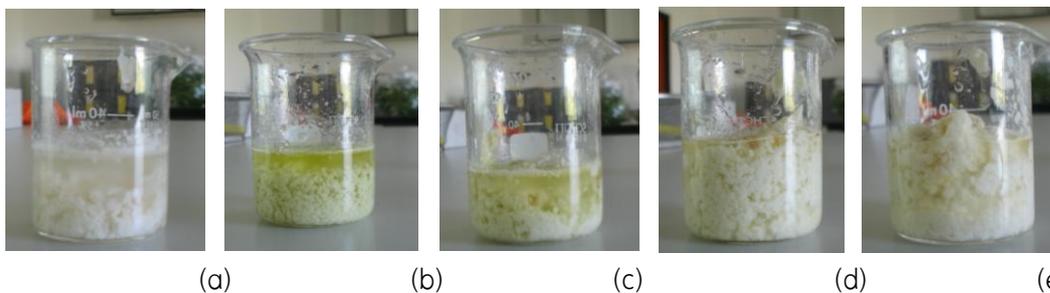
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณของแข็ง (Total solid) ในแต่ละตัวอย่าง

#### 4.1.4 การทดสอบค่าปริมาณไขมัน (Total fat)

จากการทดสอบปริมาณไขมันในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชและกะทิจากมะพร้าวด้วยวิธี AOAC (2005), พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันงาส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันทั้งหมดของกะทิ โดยเฉพาะสูตร CC-4 มีปริมาณไขมันที่สูงกว่ากะทิจากมะพร้าว และในทางกลับกันคือการลดอัตราส่วนของน้ำมันข้าวลงส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณไขมันด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ในน้ำนมข้าวมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากนั่นเอง อย่างไรก็ตามจากการทดลองสูตร CO-03 นั้นให้ค่าปริมาณไขมันใกล้เคียงกับกะทิสดมากที่สุด



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงปริมาณไขมันในแต่ละตัวอย่าง



รูปที่ 4.4 แสดงการแยกตัวของชั้นไขมันเมื่อผ่านการเคี่ยวด้วยความร้อนของกะทิแต่ละสูตร

- (a) การแยกตัวของกะทิจากมะพร้าว (b) การแยกตัวของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 1  
(c) การแยกตัวของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 2 (d) การแยกตัวของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 3  
(e) การแยกตัวของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 4

หลังจากเตรียมส่วนผสมทั้งหมดและทำการตรวจวัดค่าต่างๆ เรียบร้อย จึงได้ทดลองนำกะทิแต่ละสูตรมาเคี่ยวที่ความร้อนเดียวกัน จากรูปที่ 4.4 พบว่ารูป (a) กะทิจากมะพร้าวมีการแยกตัวของชั้นไขมันอย่างเห็นได้ชัดและในปริมาณกะทิตี่เท่ากันทุกสูตรพบว่าน้ำมันจากกะทิมะพร้าวแยกตัวออกมามากกว่ากะทิสสูตรอื่นๆ ซึ่งคาดว่าจะป็นไขมันร้ายประเภทไขมันทรานส์ซึ่ง

เป็นอันตรายต่อร่างกายหากรับประทานเข้าไปเป็นจำนวนมากดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ส่วนรูป (b) กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 1 มีการแยกตัวของไขมันไม่มากเท่ากะทิจากมะพร้าว ซึ่งเป็นผลเนื่องจากมีส่วนผสมของกะทิจากมะพร้าวในปริมาณเพียง 50% ของปริมาณทั้งหมด ส่วนน้ำมันที่พบส่วนหนึ่งมาจากน้ำมันงาซึ่งเป็นไขมันดี มีสารมิโทไอนีนและทรินโทแพนสูง มีแคลเซียม โปรแตสเซียมฟอสฟอรัส วิตามินบี และเหล็ก ช่วยป้องกันหลอดเลือดแดงแข็งและโรคหัวใจ สำหรับในเรื่องของการจับตัวเป็นก้อนนั้นจะยังไม่พบเนื่องจากไม่มีส่วนผสมที่เป็นถั่วเหลือง อีกทั้งจะเห็นได้ว่าลักษณะของกะทิธัญพืชสูตรนี้ยังมีลักษณะทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้ชัดคือมีสีเขียวมากกว่ากะทิจากมะพร้าวและกะทิสสูตรอื่นๆ เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมที่เป็นน้ำมันข้าวในอัตราสูง คือ 40% ของปริมาณทั้งหมดจึงทำให้กะทิสสูตรที่ 1 ยังมีความแตกต่างกับกะทิจากมะพร้าวอยู่มาก

จากรูป (c) เป็นกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำมันออกมาค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกะทิจากมะพร้าวเช่นเดียวกับสูตรที่ 1 นอกจากนี้น้ำมันงายังเป็นตัวช่วยในการรวมกันของส่วนผสมต่างๆ ดังนั้นเมื่อทำการเคี้ยวกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชแล้วจึงทำให้มีปริมาณของการแยกตัวของชั้นไขมันน้อยกว่า ส่วนในเรื่องการจับตัวเป็นก้อนนั้นยังพบเห็นได้น้อยเนื่องจากปริมาณถั่วเหลืองที่เป็นส่วนผสมยังมีปริมาณน้อยและในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 2 นี้มีลักษณะสีที่ใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวมากขึ้นเนื่องจากได้มีการลดส่วนผสมของน้ำมันข้าวลงเหลือ 30% ทำให้สีจากน้ำมันข้าวมีลักษณะที่อ่อนลงจึงใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวยิ่งขึ้น จากรูป (d) พบว่าสามารถสังเกตเห็นได้ถึงลักษณะทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าคือมีสีที่ใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวมากกว่าทั้ง 2 สูตรข้างต้น แต่ในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 3 นี้มีการจับตัวกันอย่างเห็นได้ เนื่องจากมีส่วนผสมของถั่วเหลืองที่ค่อนข้างมากถึง 15 % ของปริมาณทั้งหมด ดังนั้นเมื่อทำการเคี้ยวกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 3 ทำให้เริ่มมีการจับตัวกันเป็นจำนวนมากจึงเป็นส่วนผสมที่ไม่เหมาะจะนำมาทดแทนกะทิจากมะพร้าว จากรูป (e) มีลักษณะทางกายภาพคือสีใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวมากที่สุดแต่กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรนี้มีลักษณะการจับเป็นก้อนมากกว่ากะทิธัญพืชสูตรอื่นๆ เนื่องจากมีอัตราส่วนถั่วเหลืองถึง 20% ของปริมาณทั้งหมด จึงไม่เหมาะที่จะนำมาผลิตทดแทนกะทิจากมะพร้าว

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้ข้อสรุปว่ากะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่ 2 มีคุณสมบัติเหมาะสมและใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวมากที่สุด แต่ ดังนั้นเราจึงทำการเลือกกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชในสูตรที่ 2 เนื่องจากมีลักษณะการแตกตัวของไขมันคล้ายคลึงกับกะทิและมีการจับตัวกันของก้อนแป้งน้อย อีกทั้งยังมีลักษณะทางกายภาพอื่นๆ คือ สี ที่ใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าว

#### 4.2 ผลการศึกษาผลของการให้ความร้อนกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการโฮโมจิไนส์ที่มีต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์

จากการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชดังหัวข้อที่ 4.1 จึงได้กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่มีส่วนผสมที่เหมาะสมคือการผสมระหว่างกะทิ 50%, น้ำนมข้าว 30%, น้ำมันงา 10% และถั่วเหลือง 10% จากนั้นนำกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชสูตรที่เลือกมาทำการทดลองศึกษาผลการให้ความร้อนกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชก่อนกระบวนการโฮโมจิไนส์ที่มีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการโฮโมจิไนส์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับกระบวนการแปรรูปกะทิ ดังนั้นจึงได้ศึกษาการให้ความร้อนกับตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการ โฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000 และ 24,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และพิจารณาจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี ที่เปลี่ยนแปลงอันประกอบไปด้วยความหนืด, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด, ปริมาณไขมัน, สี และลักษณะโครงสร้างเม็ดไขมันในกะทิซึ่งได้ผลดังนี้

**ตารางที่ 4.2** ผลการวัดค่าสีจากการวิเคราะห์ผลของความร้อนและการโฮโมจิไนส์ต่อคุณภาพของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
กะทิสด /70°C	83.16±0.45 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	5.39±0.02 <sup>c</sup>
กะทิสด /80°C	83.21±0.45 <sup>b</sup>	0.06±0.01 <sup>a</sup>	5.41±0.02 <sup>c</sup>
กะทิสด /90°C	83.12±0.45 <sup>b</sup>	0.07±0.01 <sup>a</sup>	5.40±0.02 <sup>c</sup>
T70/16	80.43±0.81 <sup>c</sup>	-1.56±0.10 <sup>c</sup>	19.57±1.88 <sup>b</sup>
T80/16	80.83±0.73 <sup>c</sup>	-1.55±0.15 <sup>c</sup>	19.66±1.81 <sup>b</sup>
T90/16	80.17±1.26 <sup>c</sup>	-1.81±0.22 <sup>d</sup>	22.16±0.28 <sup>a</sup>
T70/24	83.71±0.05 <sup>ab</sup>	-1.16±0.01 <sup>b</sup>	22.10±0.06 <sup>a</sup>
T80/24	84.68±0.09 <sup>a</sup>	-1.10±0.01 <sup>b</sup>	19.74±0.10 <sup>b</sup>
T90/24	83.86±0.05 <sup>ab</sup>	-1.11±0.01 <sup>b</sup>	20.31±0.06 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup> อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean ± SD)

จากการทดลองวัดค่าสี L\* หรือค่าความขาวพบว่ากะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนทั้ง 3 ระดับอุณหภูมิรวมกับการโฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm มีค่าความขาวลดลงเมื่อเทียบกับกะทิจากมะพร้าว ในขณะที่กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้

ความร้อนแล้วนำมาไฮโมจิโน้สที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm มีค่าความขาวใกล้เคียงกะทิจากมะพร้าวมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ทำให้กระบวนการไฮโมจิโน้สสมบูรณ์ขึ้นโดยทำให้ส่วนผสมต่างๆ มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความขาวสว่างเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่เดียวกันค่าความเป็นสีเขียวหรือ  $a^*$  ของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ แล้วนำมาทำการไฮโมจิโน้สที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนำมาทำการไฮโมจิโน้สที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm ปรากฏว่าค่าสี  $a^*$  ของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งเนื่องจากคาดว่าความร้อนที่ให้แก่กะทิดูเหมือนจะร่วมกับน้ำนมข้าวที่มีปริมาณสูงจึงทำให้อัตราการระเหยของน้ำในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชมีมากขึ้น จึงพบว่ากะทิจะขึ้นขึ้นรวมถึงอาจเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์

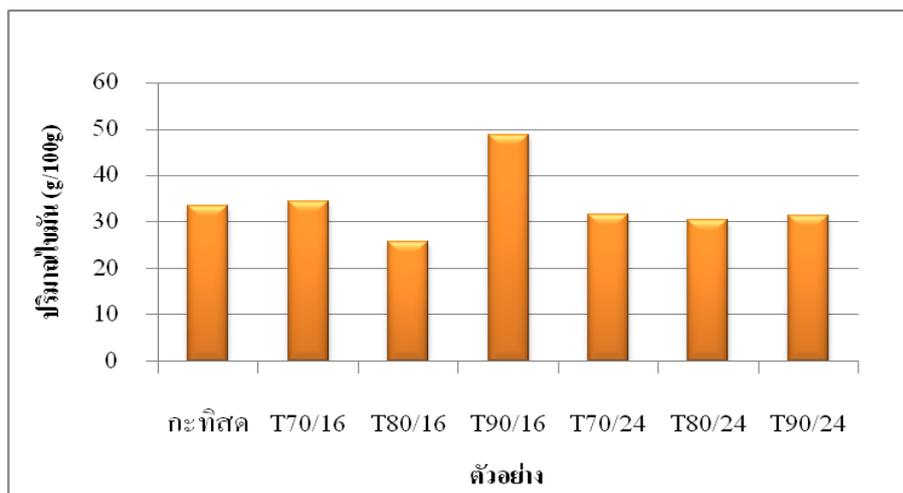
ส่วนค่าความเป็นสีเหลืองหรือ  $b^*$  ของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับพบว่ากะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนำมาไฮโมจิโน้สที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm และ 24,000 rpm ที่ความเร็วทั้ง 2 มีค่าสี  $b^*$  เพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนก่อนทำการไฮโมจิโน้ส ซึ่งส่งผลให้กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นเนื่องจากคาดว่าความร้อนที่ให้แก่กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชนั้นอาจจะทำให้น้ำมีการระเหยน้ำมากขึ้นทำให้ความเข้มข้นของน้ำนมถั่วเหลืองมีมากขึ้นจึงทำให้สีของน้ำเข้มข้นตามไปด้วย ดังนั้นค่าสีที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้กระบวนการไฮโมจิโน้สมีความสมบูรณ์มากขึ้นโดยความร้อนเป็นตัวทำให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการไฮโมจิโน้สที่เหมาะสม โดยความเร็วรอบ ที่ทำให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุดสังเกตจากความสม่ำเสมอของสีคือ 24,000 rpm และภาพรวมของสีกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ได้จากการให้ความร้อนก่อนการไฮโมจิโน้สมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งมาจากถั่วเหลือง ในขณะที่เดียวกันค่าความเป็นสีเขียวที่มาจากน้ำนมข้าวก็ลดลงจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.3** ผลการเปรียบเทียบค่าความหนืดและค่าปริมาณของแข็งจากการวิเคราะห์ผลของความร้อนและการไฮโมจิไนส์ต่อคุณภาพของกะทิ นำนมข้าวร่วมกับธัญพืช

อุณหภูมิ	ความเร็ว (rpm)	ความหนืด (cP)	ปริมาณของแข็ง (%Brix)
70°C	16,000	25.9±0.86 <sup>d</sup>	9.33±0.58 <sup>cd</sup>
	24,000	34.6±1.19 <sup>c</sup>	10±0.00 <sup>bc</sup>
80°C	16,000	23.1±0.86 <sup>e</sup>	8.67±0.58 <sup>d</sup>
	24,000	35.4±0.64 <sup>c</sup>	7.67±0.58 <sup>e</sup>
90°C	16,000	20.9±0.29 <sup>f</sup>	9.33±0.58 <sup>cd</sup>
	24,000	37.7±0.26 <sup>b</sup>	10.33±0.58 <sup>b</sup>
กะทิสด		61.2±0.86 <sup>a</sup>	14±0.58 <sup>d</sup>

<sup>abc</sup> อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean ± SD)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนำมาทำการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm มีค่าความหนืดและปริมาณของแข็งหรือค่าความหวานสูงกว่าการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm โดยตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 3 ระดับ คือ 70 °C, 80 °C, 90 °C แล้วนำมาทำการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm ผลปรากฏว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของความหนืดและปริมาณของแข็งตามลำดับเช่นเดียวกัน การไฮโมจิไนส์เป็นการลดขนาดของเม็ดไขมัน ในขณะที่เดียวกันยังช่วยเพิ่มความสามารถในการรวมตัวของส่วนผสมอีกด้วย ทั้งนี้การไฮโมจิไนส์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและความร้อนทำให้ความสามารถในการรวมตัวของผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น (John, 2005) โดยตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อน 90 °C และทำการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm มีค่าความหนืดเท่ากับ 37.7 ± 0.26 cP และปริมาณของแข็ง 10.33 ± 0.58 %Brix



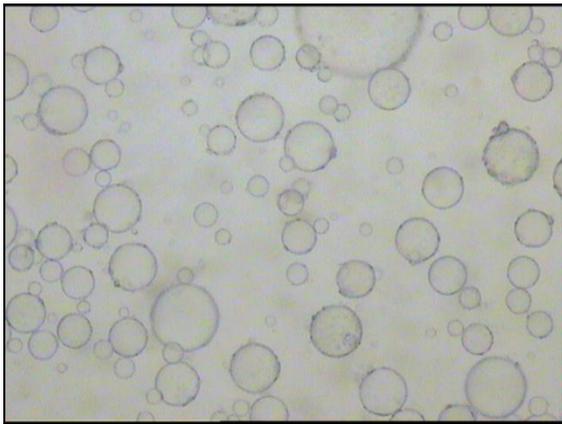
**รูปที่ 4.5** กราฟแสดงปริมาณไขมันในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชในแต่ละตัวอย่าง

จากการทดสอบปริมาณไขมันในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชและกะทิจากมะพร้าวด้วยวิธี AOAC (2005), พบว่ากะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านการให้ความร้อนทั้ง 3 ระดับ ก่อนนำไปทำการไฮโมจิไนส์ด้วยความเร็ว 16,000 rpm มีปริมาณไขมันมากกว่าการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm โดยกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ให้ความร้อน 70°C, 80°C และ 90°C แล้วนำไปทำการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm มีปริมาณไขมัน 34.56 , 25.94 และ 48.84 g /100 g ตามลำดับ จากผลการทดสอบที่ได้ ทำให้ทราบว่าที่ระดับ ความเร็วรอบ 16,000 rpm ในการไฮโมจิไนส์นั้นยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะทำให้โมเลกุลของไขมันแตกตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมอื่นได้อย่างสม่ำเสมอ โดยสามารถสังเกตได้จากปริมาณไขมันที่ตรวจพบในตัวอย่างที่ให้ความร้อน 80°C และ 90°C แล้วจึงนำไปไฮโมจิไนส์ ซึ่งมีความแปรปรวนอย่างมากน่าจะเป็นผลมาจากการสุมตัวอย่างโดยการนำส่วนผสมที่มีปริมาณไขมันที่ยังเกาะตัวกันหนาแน่นในตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 90°C มาทำการทดสอบ ผลที่ได้จึงมีปริมาณไขมันสูงและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นมาก ส่วนตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งมีปริมาณไขมันทั้งหมดน้อยมาก น่าจะเกิดจากการนำส่วนผสมที่มีองค์ประกอบของไขมันอยู่น้อยอันเป็นสาเหตุมาจากการเกาะตัวกันเป็นก้อน ผลที่ได้จึงทำให้ตัวอย่างที่นำไปตรวจสอบพบปริมาณไขมันทั้งหมดเพียง 25.94 g/100g โดยสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้ในทั้ง 2 กรณี เป็นผลมาจากการไฮโมจิไนส์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ส่วนผสมทั้งหมดยังไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

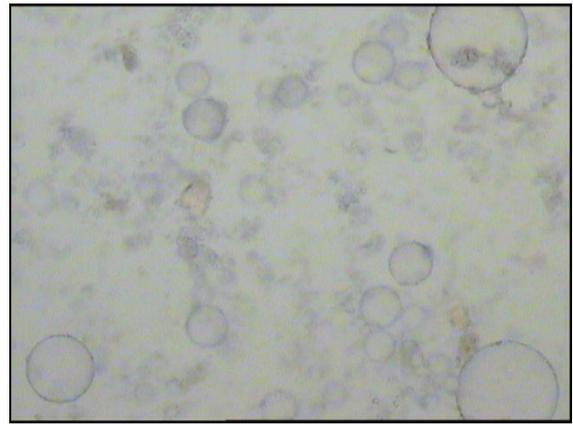
การไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C, 80°C และ 90°C เมื่อนำตัวอย่างไปทำการทดสอบหาปริมาณไขมันพบว่าปริมาณไขมันเท่ากับ 31.75, 30.51 และ 31.62 g ต่อ 100g ตามลำดับ นั้นหมายความว่า การให้ความร้อนทั้ง 3 ระดับ มีผลทำให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ผลในการทดสอบหาปริมาณไขมันจึงมีค่า

ค่อนข้างเสถียร เนื่องจากในการไฮโมจิไนส์ได้ใช้ระดับความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ 24,000 rpm ตัวอย่างที่นำไปใช้ในการทดสอบจึงมีความเป็นเนื้อเดียวกันไม่ตกตะกอนหรือลอยตัว ดังนั้นไม่ว่าจะเทหรือตัดตัวอย่างไปทดสอบ ผลที่ได้จึงไม่แตกต่างกันเพราะส่วนผสมทั้งหมดมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

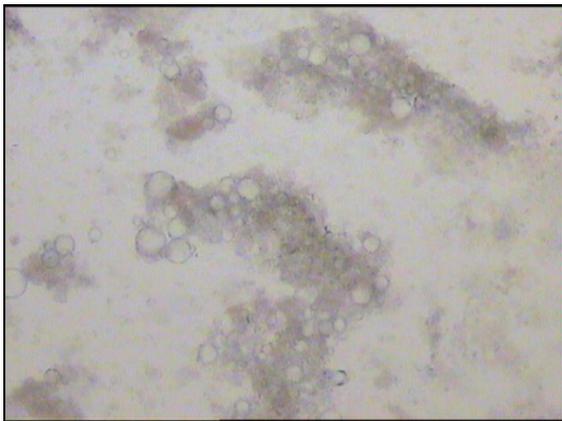
เมื่อนำผลการทดสอบหาปริมาณไขมันในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชโดยใช้ ความเร็วรอบในการไฮโมจิไนส์ที่ 24,000 rpm เปรียบเทียบกับกะทิจากมะพร้าว พบว่าปริมาณไขมันทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับกะทิจากมะพร้าวและมีแนวโน้มไปในทางลดลงดังรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นผลดีและคาดว่าไขมันที่วัดได้จากกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชนั้นเป็นไขมันจาก น้ำมันงาและถั่วเหลือง จากการศึกษาข้อมูลของน้ำมันงาและน้ำมันจากถั่วเหลืองพบว่า เป็นไขมันดีซึ่งมีประโยชน์อย่างมากสำหรับคุณสุขภาพสตรี โดยเฉพาะที่มีภาวะหมดประจำเดือน เนื่องจากสารกลุ่มไอโซฟลาโวนส์ซึ่งทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมน เอสโตรเจนในร่างกาย ที่ควบคุมการเสริมสร้างกระดูกของร่างกาย และยังช่วยรักษาความชุ่มชื้น ยืดหยุ่นของผิวหนัง ที่พบในถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณช่วยต้านแบคทีเรีย รา และไวรัส สามารถลดการอักเสบและยังมีรายงานการทดลองว่าสามารถทำให้หลอดเลือดแดงดีขึ้น ลดการเกิดการอุดตันของหลอดเลือด และประโยชน์อื่นๆ อีกมากมายดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 นั้นหมายความว่าอัตราส่วนผสมระหว่างกะทิ 50%, น้ำมันข้าว 30%, น้ำมันงา 10%, ถั่วเหลือง 10% มีแนวโน้มที่จะสามารถผลิตเพื่อทดแทนกะทิจากมะพร้าวได้ตามวัตถุประสงค์



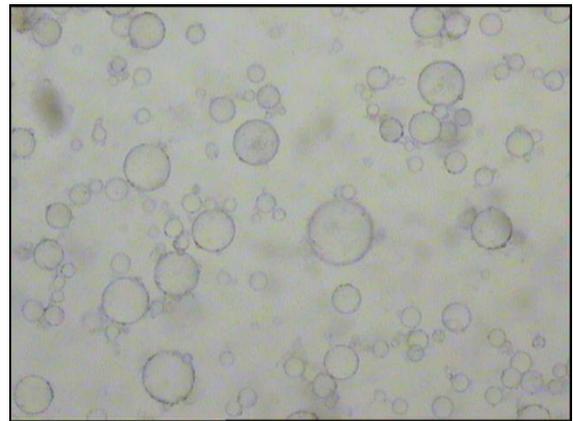
(a)



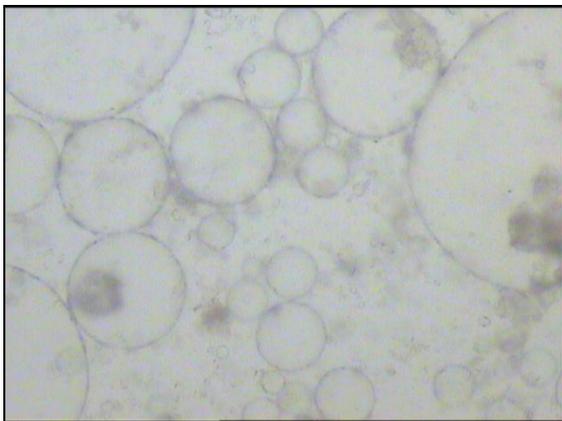
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**รูปที่ 4.6** แสดงลักษณะการแตกตัวของไขมันที่สภาวะต่างๆ

- (a) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 70 °C และที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm
- (b) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 70 °C และที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm
- (c) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 80 °C และที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm
- (d) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 80 °C และที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm
- (e) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 90 °C และที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm
- (f) ลักษณะการแตกตัวของไขมันที่อุณหภูมิ 90 °C และที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นลักษณะการแตกตัวของไขมันที่แต่ละอุณหภูมิและแต่ละระดับการไฮโมจิไนส์ จากภาพ (a) และ (b) จะเห็นว่าที่อุณหภูมิ 70°C ที่การไฮโมจิไนส์ทั้ง 16,000 rpm และ 24,000 rpm ยังพบการแตกตัวของไขมันที่ยังไม่คั้น ไขมันยังมีโมเลกุลที่ค่อนข้างใหญ่และตัวผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นเนื้อเดียวกันเนื่องจากอุณหภูมิที่ให้อย่างไม่เพียงพอและเหมาะสมต่อกระบวนการไฮโมจิไนส์ และจากภาพ (c) ที่อุณหภูมิ 80°C พบว่าที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm ลักษณะของเม็ดไขมันมีการจับตัวเป็นกลุ่มอาจจะเป็นเนื่องจากการไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบต่ำเกินไปเมื่อเทียบกับภาพถ่ายไขมัน (d) ที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm มีลักษณะการแตกตัวของเม็ดไขมันที่ค่อนข้างดี โมเลกุลมีขนาดปานกลางแตกตัวอย่างสม่ำเสมอกว่า แต่ยังมีโมเลกุลของไขมันที่มีขนาดใหญ่ปะปนอยู่ ส่วนภาพ (e) ที่อุณหภูมิ 90°C ไฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 16,000 rpm พบว่าลักษณะการแตกตัวของเม็ดไขมันค่อนข้างเล็กแต่ยังมีโมเลกุลขนาดกลางปะปนอยู่ ส่วนภาพ (f) จะเห็นได้ชัดว่าโมเลกุลไขมันมีขนาดเล็กและกระจายตัวอย่างค่อนข้างสม่ำเสมอซึ่งเป็นผลที่น่าพอใจ

ดังนั้นอุณหภูมิความร้อนที่ควรให้กับผลิตภัณฑ์ก่อนทำการไฮโมจิไนส์จึงควรเป็น 90°C และควรใช้ความเร็วรอบที่ 24,000 rpm ในการไฮโมจิไนส์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการแตกตัวของโมเลกุลไขมันและความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด

#### 4.3 ผลการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิหน้านมข้าวร่วมกับธัญพืชพร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติกับกะทิที่ผลิตจากมะพร้าว

จากกระบวนการทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองมานั้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์กะทิหน้านมข้าวร่วมกับธัญพืชแล้ว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บได้ยาวนานขึ้นจึงต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการพาสเจอร์ไรส์ จึงมีการศึกษาผลของการใช้ความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ที่มีต่อคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีของกะทิหน้านมข้าวร่วมกับธัญพืชโดยใช้อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที และ 72°C เป็นเวลา 15 วินาที นั่นคือการเปรียบเทียบสองระบบ คือ อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time) และอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Shot Time) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งสองกระบวนการมาเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามองค์ประกอบของกะทิที่พึงจะมี คือ สี (Color), ความหนืด (Viscosity), ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total solid) และความพึงพอใจของผู้บริโภค (Sensory) ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

จากการทดลองใช้ความร้อนในการพาสเจอร์ไรส์ได้ผลดังตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากะทิที่นำไปพาสเจอร์ไรส์ด้วยระบบทั้งสองคือ อุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time) และอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Shot Time) มีสีที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ นั้น

หมายความว่า การพาสเจอร์ไรส์ทั้ง 2 ระบบไม่ส่งผลต่อสีของกะทิจากมะพร้าวและกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง CC และ CO พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า

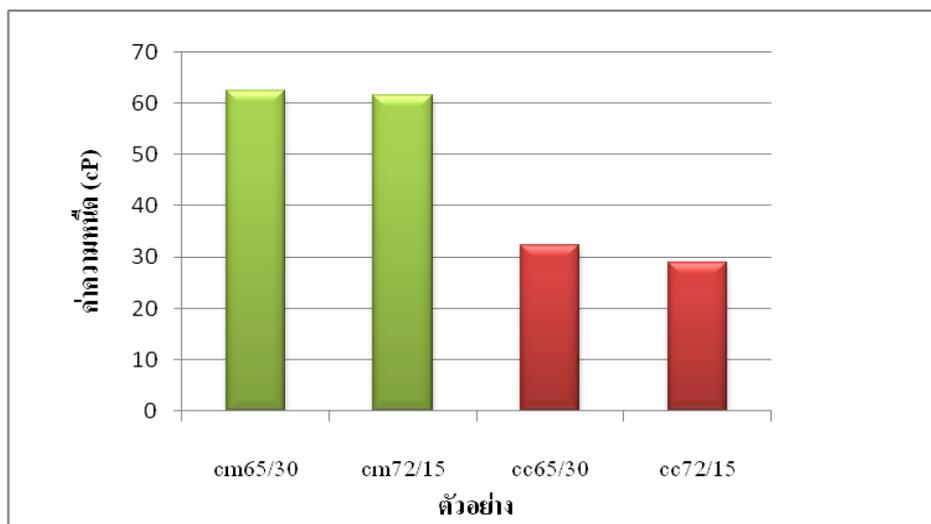
ดังนั้นไม่ว่าผลิตภัณฑ์จะผ่านการพาสเจอร์ไรส์ด้วยระบบอุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time) หรืออุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Shot Time) ก็ไม่ส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 4.4** การวัดค่าสีหลังการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำของกะทิร่วมกับธัญพืช เปรียบเทียบกับกะทิจากมะพร้าว

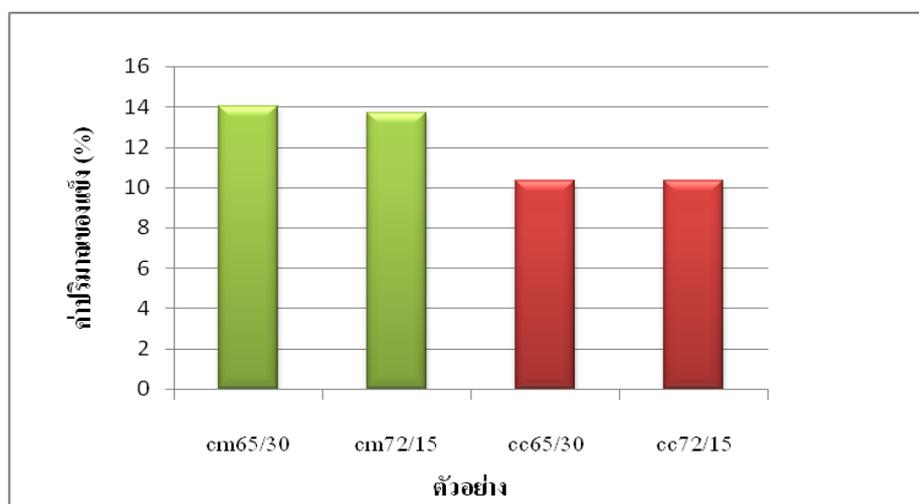
ตัวอย่างที่	ค่าสี		
	L*	a*	b*
CM65/30	83.16 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.37 ± 0.05 <sup>b</sup>
CM72/15	83.20 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.35 ± 0.17 <sup>b</sup>
CC65/30	85.10 ± 0.19 <sup>a</sup>	-2.23 ± 0.05 <sup>c</sup>	16.63 ± 0.34 <sup>a</sup>
CC72/15	85.18 ± 0.34 <sup>a</sup>	-2.14 ± 0.06 <sup>b</sup>	16.31 ± 0.35 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean ± SD)

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.7 พบว่าค่าความหนืดของทั้งกะทิจากมะพร้าวและกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ด้วยระบบอุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time) จะมีค่าความหนืดของกะทิจากมะพร้าวและกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชที่ 62.47 ± 0.35 cP และ 32.23±0.55 cP ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าระบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Shot Time) ที่มีค่าเท่ากับ 61.63±0.12 cP และ 29.03±0.15 cP ตามลำดับ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการให้ความร้อนที่นานขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดมากขึ้นเพราะกะทิที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์มีค่าความหนืดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 25 – 30 cP



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์



รูปที่ 4.8 ปริมาณของแข็ง (Brix) ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์

เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายได้หรือค่าความหวานจากการทดสอบพบว่าทั้งกะทิจากมะพร้าวและกะทิจากน้ำมันข้าวรวมกับธัญพืช กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันทั้งสองกระบวนการ

#### 4.4 ผลการทดสอบประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบประสาทสัมผัสพบว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อกะทิสดเคี้ยวและ CC 65/30 มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุดโดยมีค่าใกล้เคียงกับกะทิสดและ CC-02 ที่ผ่านการเคี้ยว ส่วน CC72/15 มีค่าความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบประสาทสัมผัสความพึงพอใจของผู้บริโภค

ผลิตภัณฑ์	ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	ความหนืด	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความพึงพอใจโดยรวม
กะทิสด	6.33±1.29	7.13±1.25	5.33±2.16	5.60±1.84	5.13±2.47	5.47±2.00
CC65/30	6.67±1.35	5.80±1.70	6.20±1.70	6.47±1.30	4.87±2.00	5.93±1.62
CC72/15	6.53±1.25	5.73±1.71	4.53±2.42	6.07±1.58	3.47±2.20	4.13±2.50
CC-02 เคี้ยว	5.87±1.25	6.93±1.44	5.00±2.33	4.87±2.10	4.80±2.40	5.27±2.12
กะทิสดเคี้ยว	6.33±1.29	6.67±1.99	5.33±2.16	6.00±1.65	5.27±2.22	6.07±1.44

\* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD)

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาระบวนการผลิตกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชพาสเจอร์ไรส์เพื่อทดแทนกะทิจากมะพร้าว โดยมุ่งที่จะลดการรับประทานกะทิจากมะพร้าวให้น้อยลงเนื่องจากกะทิจากมะพร้าวนั้นมีโทษต่อร่างกายมากกว่าให้ประโยชน์ โดยผลิตจากธัญพืชที่อัตราส่วนต่างกันทั้งหมด 4 สูตร เพื่อพิจารณาหาส่วนผสมที่เหมาะสมที่ให้คุณค่าทางโภชนาการอาหารมากที่สุด ซึ่งแต่ละสูตรประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ คือ กะทิ : น้ำนมข้าว : น้ำมันงา : ถั่วเหลือง โดยมีอัตราส่วนเป็น สูตรที่ 1, 50:40:10:0 สูตรที่ 2, 50:30:10:10 สูตรที่ 3, 50:20:15:15 สูตรที่ 4, 50:10:20:20 ตามลำดับ

5.1.1 จากการทดลองทำการโฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที และทดลองเคี้ยว พบว่ากะทิน้ำนมข้าวสูตรที่ 2 มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทดแทนกะทิจากมะพร้าวได้ดีที่สุด เนื่องจากมีสี ความหนืด กลิ่น รส ลักษณะการแตกมันที่ดีกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนอัตราส่วนสูตรอื่นๆ นั้น ยังมีข้อเสียอยู่จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน เช่น การจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากมีส่วนผสมของถั่วเหลืองมากเกินไป

5.1.2 จากการตรวจสอบทั้งสีและไขมันในตัวอย่างที่ทำให้ความร้อนพบว่า การให้ความร้อนมีส่วนช่วยให้กระบวนการโฮโมจิไนส์สมบูรณ์ขึ้น โดยส่งผลให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นและโมเลกุลของไขมันแตกตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ ความเร็วรอบในการโฮโมจิไนส์มีผลอย่างมากในการทำให้กระบวนการทั้งหมดเกิดความสมบูรณ์ โดยความเร็วรอบที่ต่ำเกินไปส่งผลให้ส่วนผสมยังคงเกาะตัวกันและตกตะกอน แต่ที่ความเร็วรอบสูงซึ่งเหมาะกับการโฮโมจิไนส์ในกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชคือ 24,000 rpm นั้นสามารถทำให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความเป็นเนื้อเดียวกันและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

โดยตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อน 90 °C และทำการโฮโมจิไนส์ที่ความเร็วรอบ 24,000 rpm มีค่าความหนืดเท่ากับ  $37.7 \pm 0.26\%$  และปริมาณของแข็ง  $10.33 \pm 0.58\%$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกะทิสดมากที่สุด

5.1.3 ผลที่ได้จากการทดลองทำให้ทราบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรส์ไม่มีผลต่อคุณสมบัติด้านสี (Color) และปริมาณของแข็ง (Total Solid) แต่มีผลต่อค่าความหนืดโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ระบบอุณหภูมิต่ำเวลานานจะมีค่าความหนืดมากกว่าระบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น

เนื่องจากการให้ความร้อนเป็นเวลานานต่อกะทิ มีผลทำให้ค่าความหนืดและความสามารถในการจับตัวเพิ่มขึ้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. น้ํานมข้าวเมื่อนํามาคั้นเอาน้ํานมสิ่งที่ได้ตามมาก็คือกลิ่นและรสเฝื่อนของเปลือกข้าว มีผลทำให้รสชาติที่ได้ไม่น่าพึงพอใจเท่าที่ควร จึงควรเปลี่ยนจากน้ํานมข้าวเป็นการใช้ข้าวเต็มเมล็ดแทน

2. น้ํามันงาที่ใช้เป็นส่วนผสมค่อนข้างมีราคาแพง ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูงตามไปด้วย จึงควรทดลองเปลี่ยนมาใช้น้ํามันถั่วเหลืองแทน

3. ควรเก็บกะทิจากมะพร้าวที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม เนื่องจากกะทินั้นมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นถ้าเก็บในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมหรือควรเก็บในตู้เย็น

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมการข้าว.2554. มปป.."พันธุ์ข้าวนาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง"[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก: [http://www.brrd.in.th/rkb/data\\_002/a2/rice\\_xx2-3\\_ricebreed\\_pathum\\_thani\\_1.html](http://www.brrd.in.th/rkb/data_002/a2/rice_xx2-3_ricebreed_pathum_thani_1.html) (2 มกราคม 2554)
- จूरีย์ ไก่แก้ว. 2552. "มะพร้าวพืชมหัศจรรย์" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://sites.google.com/site/sciedinnovation/home> (15 เมษายน 2555)
- ชาญวิทย์ รัตนราศรี .2550. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ [ออนไลน์] ค้นได้จาก: <http://www.nia.or.th/innolinks/200701/innovtrend.htm> [11 กันยายน 2553]
- วาสนา วงษ์ใหญ่. 2525. พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. มะพร้าว. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มก. วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม หน้า 118-126.
- วิไล รังสาดทอง. 2543. การพาสเจอร์ไรส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- วีณา เชิตบุญชาติ. 2551. "งาและน้ำมันงา". [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.salasamunprai.com/herbs/sesame.html> (7 ธันวาคม 2553)
- วันชัย สุทธิบุญ. 2544. "ความหนืดและพฤติกรรมการไหลของของไหล". [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: [http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/fluid\\_mech/viscosity\\_behavior.htm](http://pirun.ku.ac.th/~g4765306/fluid_mech/viscosity_behavior.htm) (2 มกราคม 2554)
- ติวฉวี หฤทัยถาวร 2545. "น้ำมันข้าว มากด้วยคุณค่า" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.nationejobs.com/content/worklife/worklife/template.php?conno=411> (15 เมษายน 2555)
- สำนักงานการค้าภายในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ .2552."สถิติราคามะพร้าว" [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: <http://www.dit.go.th/PrachuapKhiriKhan/content.asp?depid=70&catid=152> [11 กันยายน 2554]
- อังคณา เหลืองศิริรัตน์ และเครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2539. เรื่องของเมล็ดข้าว. กรุงเทพฯ :สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- อภิพรธณ พุกภักดี.2546. ถั่วเหลือง : พืชของไทย. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900. 264 หน้า

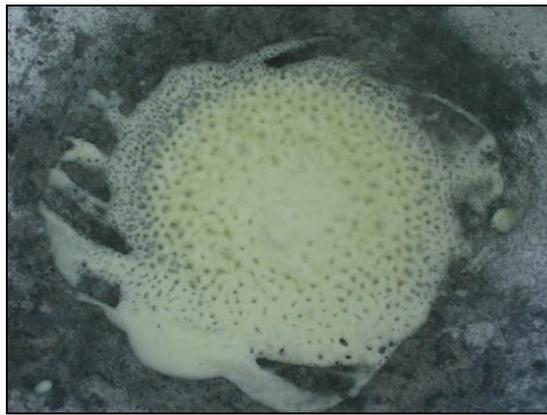
- AOAC, 2005. Association of Official Analytical Chemists, 18th ed. AOAC Official Methods of Analysis, Gaithersburg, MD
- Chiewchan, N., Phungamngoen, C., and Siriwattanyothin (in press). Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk. *Journal of Food Engineering*, doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.01.003.
- Floury, J., Desrumaux, A., and Legrand, J. 2000. Effect of high pressure homogenization on droplet size distributions and rheological properties of model oil-in-water emulsions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1, 127–164.
- Floury, J., Desrumaux, A., Axelos, M. A. V., and Legrand, J. 2003. Effect of high pressure homogenization on methylcellulose as food emulsifier. *Journal of Food Engineering*, 58, 227–238.
- Gonzalez, O.N. 1991. Coconut-based beverages pp. 49–72. In J.A. Banzon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez (eds). Coconut as Food. Philippine Coconut Research and Development Fundamental, Inc. Quezon City.
- Gwee, C.N. 1988. New technologies opens the passage into new usage of coconut milk product. pp.157–162. In S. Maneepun, P. Varangoon and B. Phithakpol (eds). Food Science and Technology in Industrial Development. Vol.1 Proceeding of the food conference, 88 Bangkok, Thailand. 24–26 October 1988. Institute of Food Research and Product Development, Bangkok.
- ISO 6731. 1989. Methods for chemical analysis of liquid milk and cream. Determination of total solids content of liquid milk, cream and unsweetened condensed milk. ISBN 0 580 18258 4
- ISO 1211.2010. Milk. Determination of fat content. Gravimetric method (Reference method). 18 page.
- John N. Coupland, and Nattapol Tangsuphoom, 2005. “Effect of Heating and Homogenization on the Stability of Coconut Milk Emulsion.” *Journal of Food Science*. Vol.70, : 466–470.

- Nattapol T. 2002. Formulation of canned coconut milk product with modified fatty acid profile. Food and Nutrition for Development Faculty of Graduate studies. Mahidol University. Thesis ISBN 974-04-2576-3
- Maturin, L and Peeler, J.T. 2001. Aerobic Plate Count. Chapter 3. Bacteriological Analytical Manual, Edition 8.
- Ponngsawatmanit R. and Chonweerawong T. (2003). Effect of modified starch and guar gum on the stability of sterilized coconut milk. BioThailand 2003: Starch update 2003: The 2<sup>nd</sup> Conference on Starch Technology, 19-20 July 2003, Pattaya, Thailand.
- Simuang, J., Chiewchan, N., and Tansakul, A. (2004). Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 64, 193-197.
- Thitima P. and Nhaporn C. (2005) Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. *Journal of Food Engineering*. 77: 653-658

ภาคผนวก ก.  
รูปกะทิที่ผ่านการเคี้ยว



รูปที่ ก.1 กะทิสดที่ผ่านการเคี้ยว



รูปที่ ก. 2 CO-01 ที่ผ่านการเคี้ยว



รูปที่ ก. 3 CO-02 ที่ผ่านการเคี้ยว

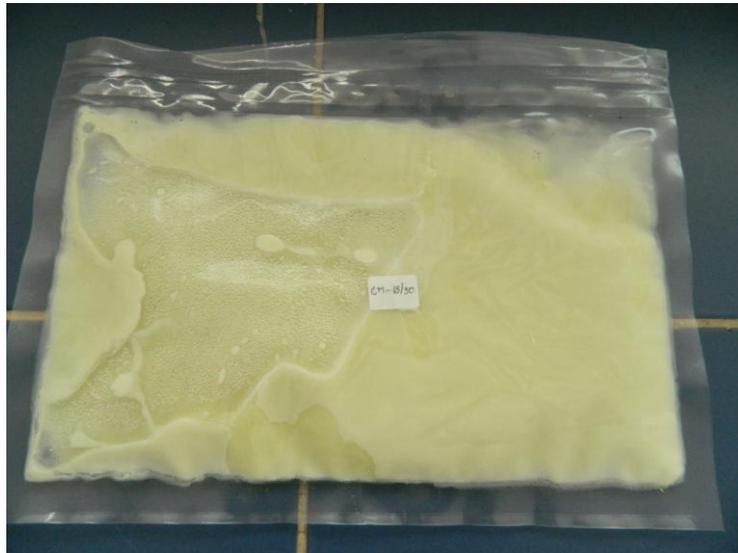


รูปที่ ก. 4 CO-03 ที่ผ่านการเคี้ยว



รูปที่ ก.5 CO-04 ที่ผ่านการเคี้ยว

ภาคผนวก ข.  
ภาพกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช

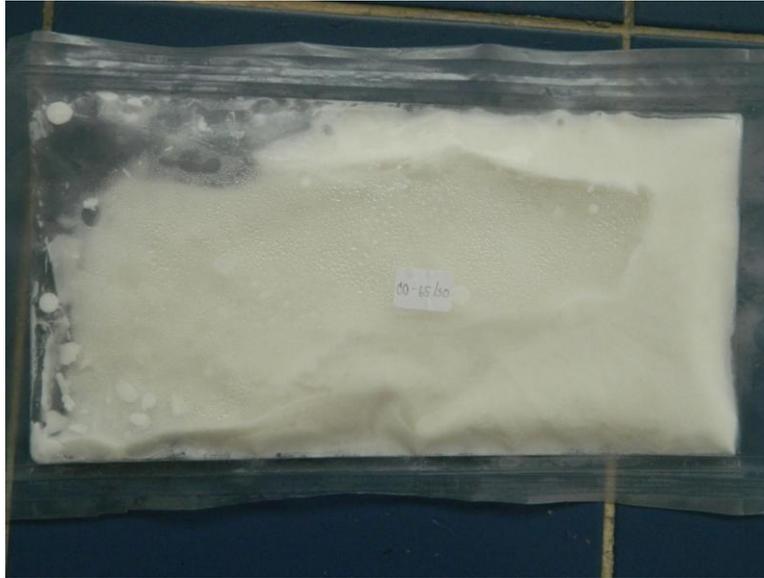


CM 65/30

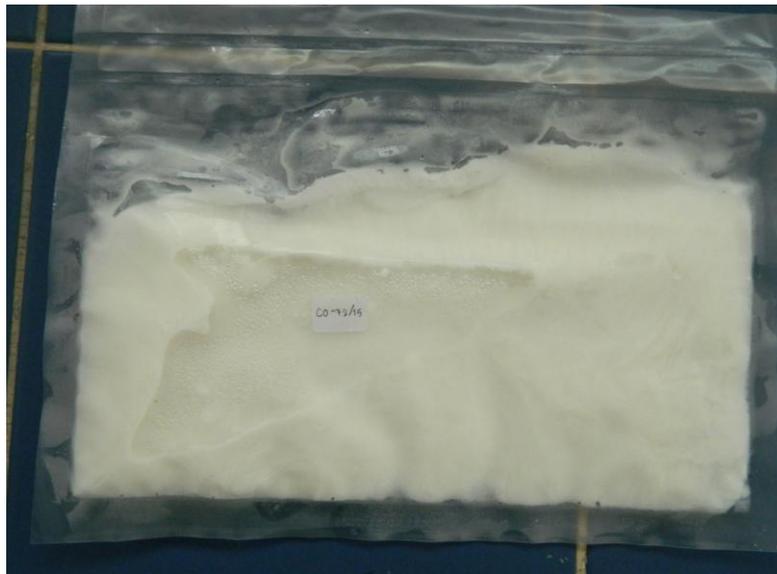


CM 72/15

รูปที่ ข.1 กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชหลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์



CC 65/30



CC 72/15

รูปที่ ข.2กะทิจากมะพร้าวหลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์

ภาคผนวก ค.

ผลการทดสอบประสาทสัมผัส

ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างกะทิจากมะพร้าวและกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืช

ตาราง ค.1 กะทิสด

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผู้ทดสอบ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	6	5	7	7	8	6	5	6	8	8	4	8	6	6	5
สี	8	7	8	8	8	9	9	7	7	7	6	7	6	5	5
กลิ่น	5	5	7	7	8	6	1	5	2	7	6	8	5	6	2
ความหนืด	6	6	6	6	1	7	7	2	5	6	5	8	6	7	6
รสชาติ	6	8	6	6	1	5	1	5	3	6	7	8	7	7	1
ความพึงพอใจโดยรวม	6	7	7	7	1	7	2	6	3	7	6	7	4	6	6
รวม	37	38	41	41	27	40	25	31	28	41	34	46	34	37	25

ตาราง ค.2 กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 30 นาที

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผู้ทดสอบ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	6	7	6	5	5	8	8	8	7	8	6	6	8	4	8
สี	6	6	8	6	7	6	6	1	5	4	6	6	8	7	5
กลิ่น	6	8	5	7	6	5	5	8	8	8	5	6	8	6	2
ความหนืด	8	4	7	5	5	6	6	8	8	7	7	5	6	7	8
รสชาติ	3	4	6	7	5	3	4	8	5	2	6	6	6	7	1
ความพึงพอใจโดยรวม	6	7	6	7	5	6	6	8	9	4	5	6	6	6	2
รวม	35	36	38	37	33	34	35	41	42	33	35	35	42	37	26

**ตาราง ค.3** กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 15 วินาที

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผู้ทดสอบ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	6	8	5	5	6	8	8	7	7	5	6	8	6	8	5
สี	6	8	6	6	4	5	1	6	6	7	6	5	8	7	5
กลิ่น	5	8	6	1	2	7	1	3	3	7	4	2	5	7	7
ความหนืด	4	7	7	4	5	9	8	6	6	5	5	8	7	4	6
รสชาติ	3	7	1	2	1	5	8	2	2	2	3	2	6	3	5
ความพึงพอใจโดยรวม	1	7	1	2	2	8	1	4	4	5	5	2	7	7	6
รวม	25	45	26	20	20	42	27	28	28	31	29	27	39	36	34

**ตารางที่ ค.4** กะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชเดี่ยว

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผู้ทดสอบ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	5	6	6	4	6	5	7	7	8	6	5	6	8	4	5
สี	5	5	7	5	8	7	8	8	8	9	9	7	7	6	5
กลิ่น	2	6	4	2	5	5	7	7	8	6	1	5	2	8	7
ความหนืด	6	7	6	2	6	6	6	6	1	7	7	2	5	2	4
รสชาติ	1	7	7	3	6	8	6	6	1	5	1	5	3	7	6
ความพึงพอใจโดยรวม	6	6	8	2	6	7	7	7	1	7	2	6	5	4	5
รวม	25	37	38	18	37	38	41	41	27	40	25	31	30	31	32

ตารางที่ ค.5 กะทิสดเคี้ยว

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผู้ทดสอบ														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ลักษณะการแยกตัวของชั้นไขมัน	5	6	6	8	6	5	7	7	8	6	5	6	8	8	4
สี	5	5	6	7	8	7	8	8	1	9	9	7	7	6	7
กลิ่น	2	6	6	8	5	5	7	7	8	6	1	5	2	5	7
ความหนืด	6	7	6	8	6	6	6	6	8	7	7	2	5	7	3
รสชาติ	1	7	5	7	6	8	6	6	8	5	1	5	3	7	4
ความพึงพอใจโดยรวม	6	7	5	7	6	7	7	7	8	7	2	6	5	6	5
รวม	25	38	34	45	37	38	41	41	41	40	25	31	30	39	30

ตารางที่ ค.6 ข้อมูลการทดสอบความชอบของกะทิน้ำนมข้าวร่วมกับธัญพืชผ่านการพาสเจอร์ไรส์และกะทิสด

ผู้ทดสอบ	สิ่งที่ทดลอง					รวม
	1	2	3	4	5	
1	37	35	25	25	25	147
2	38	36	45	37	38	194
3	41	38	26	38	34	177
4	41	37	20	18	45	161
5	27	33	20	37	37	154
6	40	34	42	38	38	192
7	25	35	27	41	41	169
8	31	41	28	41	41	182
9	28	42	28	27	41	166
10	41	33	31	40	40	185
11	34	35	29	25	25	148
12	46	35	27	31	31	170
13	34	42	39	30	30	175
14	37	37	36	31	39	180
15	25	26	34	32	30	147

ภาคผนวก ง.  
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางโภชนาการ