

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 กะทิ

กะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการล้างสกัดไขมัน โปรตีนและน้ำ จากเนื้อมะพร้าวชูด โดยกะทิอยู่ในรูปอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion ; O/W) ซึ่งเป็นลักษณะของหยดน้ำมันกระจายอยู่ในสารละลายน้ำและล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน (Seow and Gwee, 1997) คุณสมบัติทางอิมัลชันของกะทิพบว่าไม่มีความเสถียรต่อระยะเวลาและความร้อน โดยเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำและน้ำมัน เช่น เกิดครีมมะพร้าว เกิดการรวมตัวของไขมัน ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (McClement, 2005) มะพร้าวจัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. ประเทศไทยมีดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมะพร้าวเป็นอย่างยิ่ง จึงสามารถปลูกมะพร้าวได้ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคใต้ มะพร้าวเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์นานัปการ ใช้บริโภคเป็นอาหารโดยตรงในรูปผลอ่อนและคั้นกะทิจากผลแก่เพื่อนำไปประกอบอาหารคาวหวานได้มากมายในด้านอุตสาหกรรมนั้นมีการใช้มะพร้าวแห้งเพื่อนำมาสกัดน้ำมันมะพร้าว ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆเพื่อการอุปโภคและบริโภค อาทิ การผลิตเนยเทียม สบู่ เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น ลูกกวาดและขนม เป็นต้น ประเทศไทยมีการใช้มะพร้าวในรูปของกะทิเพื่อประกอบอาหารอย่างกว้างขวางทุกครัวเรือน เนื่องจากกะทิเป็นส่วนประกอบสำคัญในการปรุงอาหารคาวหวาน (Onsaard และคณะ, 2006) ผลมะพร้าวประกอบด้วย เปลือกมะพร้าว 38.5 เปอร์เซ็นต์ เนื้อมะพร้าว 51.7 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมะพร้าว 9.8 เปอร์เซ็นต์ และในเนื้อของมะพร้าวประกอบด้วย ไขมัน 35.2 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.8 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ (Kwon และคณะ, 1996)

2.1.1 การคั้นกะทิ

การคั้นกะทิในขั้นแรกเป็นการใช้แรงงานคน เช่น การปอกเปลือกและกะลา ปอกส่วนที่เป็นสีน้ำตาลออกเพราะจะทำให้กะทิมีสีน้ำตาลและมีรสขม เนื้อมะพร้าวที่ได้นำมาล้างน้ำแล้วชูดด้วยเครื่องจักร Arumughan และคณะ (1993) กล่าวว่า การล้างเนื้อมะพร้าวด้วยน้ำที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน ตามด้วยการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ได้ การคั้นกะทิในระดับครัวเรือนจะบีบเนื้อมะพร้าวที่ห่อด้วยผ้าขาวบางด้วยมือ เพื่อแยกเอาส่วนกะทิออกมา ปกติทำการคั้น 2-3 ครั้ง โดยการเติมน้ำที่อุณหภูมิห้องลงไป ทำให้กะทิที่ได้ในแต่ละครั้งเจือจางลงเพื่อต้องการให้ได้กะทิปริมาณมากที่สุด กะทิที่ได้ถูกนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน (Seow and Gwee, 1997)

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

กะทิมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีความผันแปรอย่างมาก เนื่องจากแหล่งที่มา พันธุ์ สภาพทางภูมิศาสตร์ การเพาะปลูก อายุ ของมะพร้าว รวมถึงวิธีการคั้นและระดับความเจือจางในการเตรียมกะทิจากมะพร้าว Anon (1984) ได้รายงานองค์ประกอบทางเคมีของกะทิที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวและไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของกะทิที่ไม่มีการเจือจางด้วยน้ำ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	53.9
ไขมัน	34.7
โปรตีน (N x6.25)	3.6
เถ้า	1.2
คาร์โบไฮเดรต	6.6

ที่มา : Anon. (1984)

คาร์โบไฮเดรตที่พบมากในเนื้อมะพร้าว คือ น้ำตาลซูโครสและสตาร์ช ดังตารางที่ 2.2 แร่ธาตุหลักที่พบในกะทิ คือ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและโปแตสเซียม กะทิที่คั้นได้ใหม่ๆมีวิตามินบีและวิตามินซีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย (Seow and Gwee, 1997)

ตารางที่ 2.2 คาร์โบไฮเดรตที่พบในเนื้อมะพร้าว

คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณ (กรัม/100กรัม น้ำหนักแห้ง)
Total available carbohydrate	11.70
Total soluble sugars	8.32
Reducing sugars	0.82
Ribose	เล็กน้อย
Rhamnose	เล็กน้อย
Fructose	0.20
Glucose	0.32
Galactose	0.28
Sucrose	7.50
Starch and dextrins	3.36

หมายเหตุ : เล็กน้อย = 10 – 30 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

ที่มา : Jeyalekshmy และคณะ (1991)

โปรตีนที่พบมากในกะทิ หากจำแนกตามสมบัติการละลาย คือ อัลบูมิน (albumin) และกลอบูลิน (globulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีปริมาณมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวปริมาณของโปรตีนในน้ำที่ได้จากการการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวอยู่ในช่วง 3.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 2.1 โดยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนละลายอยู่ในเฟสที่เป็นน้ำ ส่วนโปรตีนที่ไม่ละลายจะแสดงสมบัติเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งอยู่ล้อมรอบอนุภาคไขมัน จากการทำ Differential Scanning Calorimetry (DSC) โดย Kwon และคณะ (1996) พบว่า โปรตีนในกะทิมีอุณหภูมิในการเสียสภาพ (denature temperature) 2 อุณหภูมิ คือ 92 องศาเซลเซียสเป็นการเสียสภาพของอัลบูมินและกลอบูลินบางส่วน และที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นการเสียสภาพของกลอบูลิน

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินในโปรตีนของเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน (defatted coconut meal) โดยทั่วไปโปรตีนเหล่านี้พบ กลูตามิก อาร์จินิกและแอสพาร์ติก ในปริมาณสูง แต่มีเมทไทโอนีนในปริมาณต่ำมาก ซึ่งถือเป็น limiting amino acid

ตารางที่ 2.3 กรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของอัลบูมินและกลอบูลินที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวปราศจากไขมัน (กรัมต่อ 100 กรัมของโปรตีน)

กรดอะมิโน	อัลบูมิน	กลอบูลิน
Isoleucine	2.8	4.1
Leucine	3.9	6.5
Lysine	5.1	3.5
Methionine	1.2	2.9
Phenylalanine	2.7	5.9
Threonine	3.3	3.3
Valine	3.5	7.5
Histidine	1.8	1.9
Tyrosine	3.0	3.7
Aspartic acid	5.6	8.9
Proline	2.7	3.4
Serine	3.1	5.0
Glutamic acid	24.9	17.5
Glycine	4.0	4.9
Alanine	2.9	4.1
Arginine	17.9	15.0

ที่มา : Kwon และคณะ (1996)

2.2 กรดไขมัน (Fatty Acids)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลของไขมัน มักเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนใหญ่

2.2.1 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดคือ กรดบิวทิริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มี

จำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6-10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไปไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และประไพศรี ศิริจักรวาล (2549) กล่าวไว้ว่า การรับประทานอาหารที่ปรุงด้วยน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง จะทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง กรดไขมันชนิดนี้มีมากในไขมันจากสัตว์ต่างๆ เช่น หมู เนื้อวัว ไก่ เป็นต้น และไขมันจากพืชบางชนิด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันในเมล็ดปาล์ม (Palm kernel oil)

2.2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่ง การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติและช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด พบได้ในไขมันที่มาจากพืชและเมล็ดพืชต่างๆ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันมะกอก เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งออกได้เป็น (ประไพศรี ศิริจักรวาล, 2549)

1) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพันธะคู่พันธะเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) คือมีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) มีรายงานการศึกษาในคนปกติที่มีสุขภาพดี พบว่าการรับประทานน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณที่พอเหมาะ จะช่วยป้องกันโรคหัวใจช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด น้ำมันที่กรดไขมันชนิดนี้สูง ได้แก่ น้ำมันมะกอก (60 – 80 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันข้าวโพด (26 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (23 เปอร์เซ็นต์) และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (22 เปอร์เซ็นต์) เป็นต้น

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพันธะคู่หลายพันธะ (polyunsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ซึ่งมีสมบัติดีพอใช้ คือ หากรับประทานกรดไขมันชนิดนี้ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไปจะมีผลทำให้ระดับไขมันตัวดี (HDL cholesterol) ในเลือดลดลงด้วย นอกจากนี้ไขมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้สูงจะมีข้อเสียคือจะหืนง่าย กรดไขมันประเภทนี้พบได้ในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (66 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันถั่วเหลือง (63 เปอร์เซ็นต์) น้ำมันข้าวโพด (61 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไขมันที่แนะนำให้บริโภคควรเป็นสัดส่วนไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด สำหรับข้อปฏิบัติการกินอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีของคนไทยแนะนำให้กินไขมันใน 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเราได้ไขมันที่แทรกในอาหารธรรมชาติ เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่วเมล็ดแห้ง ดังนั้นจึงควรมีการจำกัดปริมาณไขมันในการปรุงอาหารผัดทอด สำหรับผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 1,600 มะพร้าวที่อ่อนกว่ามี C6 – C10 คือกรดลอริกต่ำ มีกรดปาล์มมิก กรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิกที่สูงกว่า (Salunkhe และคณะ, 1992)

2.3 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชอยู่ในตระกูล leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์หลายชื่อ เช่น *Glycine soja*, *Soja hispida*, *Phaseolus max* เป็นต้น แต่ชื่อที่ยอมรับกันในปัจจุบันคือ *Glycine max* (L.) Merrill ส่วนชื่อสามัญเรียกต่างกันไปเช่น Soja bean, Chinese pea และ Soybean ซึ่งชื่อ Soybean เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด (อภิพรธ พุกภักดี, 2546)

2.3.1 องค์ประกอบสำคัญของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและไขมันที่สำคัญของมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใยและเถ้า (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
โปรตีน	34.81
คาร์โบไฮเดรต	35.6
ไขมัน	19.73
ความชื้น	7.50
เส้นใย	5.29
เถ้า	4.57

ที่มา : Rehman และคณะ (2007)

1) โปรตีน ในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นและพบมากในถั่วเหลือง คือไลซีนใช้ประโยชน์ในการเสริมโปรตีนในธัญชาติที่มีไลซีนต่ำ เช่น ข้าวโพด ส่วนกรดอะมิโนจำเป็นที่ขาดแคลนในโปรตีนถั่วเหลืองได้แก่ เมทไธโอนีน ถั่วเหลืองเมล็ดแห้งมีโปรตีนอยู่ประมาณ 34 – 40 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นประเภทกลูบูลิน ซึ่งมีสมบัติ คือ ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายได้ในกรณีที่เติมเกลือของโซเดียม หรือแคลเซียมคลอไรด์ลงไป

2) ไขมัน โดยเฉลี่ยถั่วเหลืองมีไขมันอยู่ในประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันที่พบในถั่วเหลืองจะประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมักมีอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 15 ต่อ 85 (กรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไม่อิ่มตัว) ในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวนี้พบว่ามีไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อการบริโภค (essential fatty acids) ในปริมาณสูง 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะเป็นพวก กรดลิโนเลอิก และ กรดลิโนเลนิก เป็นต้น ในไขมันถั่วเหลืองยังประกอบด้วยไขมันอีกชนิดหนึ่งคือสารที่เรียกว่าฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ซึ่งเป็นไขมัน มีสมบัติในด้านอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี

3) คาร์โบไฮเดรต มีปริมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ ในถั่วเมล็ดแห้งแบ่งเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ 10 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมดได้แก่ น้ำตาลต่างๆ เช่น ซูโครส ราฟิโนส สตาคิโอส ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส

4) แร่ธาตุและวิตามิน ในถั่วเหลืองมีวิตามินที่ละลายน้ำ ได้แก่ ไทอะมินไพริดอกซิน และกรดโฟลิก จัดว่าเป็นแหล่งของวิตามินบีรวมค่อนข้างสูงกว่าวิตามินอื่นๆ แต่ปริมาณวิตามินเหล่านี้จะลดลง ถ้าได้รับความร้อนสูง และมีวิตามินอีซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์

5) สารไฟโตเคมีคอล (Phytochemical) เป็นสารที่สังเคราะห์จากพืช ซึ่งพบได้ในถั่วเหลือง มีประโยชน์ต่อสุขภาพและเป็นที่สนใจอยู่ปัจจุบัน ได้แก่ (ประไพศรี ศิริจักรวาล และประภาศรี ภูวเสถียร, 2547)

ก. ไอโซฟลาโวน หรือบางที่เรียกว่า เอสโตรเจนของพืช (ไฟโตเอสโตรเจน) เป็นสารประกอบฟีนอลิก ที่ช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญอาหารที่บริโภคเข้าไป อันเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในร่างกายตามธรรมชาติ หากอนุมูลเหล่านี้ไม่ถูกกำจัดจะมีผลไปทำลาย เปลี่ยนแปลงหรือก่อผลเสียอื่นๆแก่เซลล์ต่างๆในร่างกาย ผู้บริโภคถั่วเหลืองเป็นประจำจึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ อีกนัยหนึ่งไอโซฟลาโวน มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิงแต่มีฤทธิ์อ่อนกว่า ไอโซฟลาโวนเหล่านี้มีผลต่อการลดอุบัติการณ์ของมะเร็งเต้านม โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด โรคกระดูกพรุนและลดอาการของหญิงวัยหมดประจำเดือน กล่าวว่าการทำงานของไฟโตเอสโตรเจน สามารถปรับไปตามระดับเอสโตรเจนในร่างกาย

หากอยู่ในช่วงประจำเดือนมาปกติ ซึ่งร่างกายยังผลิตเอสโตรเจนได้มาก ไฟโตเอสโตรเจนจะทำหน้าที่ต้านเอสโตรเจนในร่างกาย โดยไปจับที่เซลล์แล้วกันไม่ให้เอสโตรเจนชนิดแรง คือ เอสทราดีออล (estradiol) และเอสโตรนอน (estron) เข้ามาจับแล้วขับมันออกไปทางปัสสาวะ เท่ากับลดระดับเอสโตรเจนแรงในกระแสโลหิตลง แต่ถ้าเป็นช่วงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งร่างกายผลิตเอสโตรเจนเองน้อย ไฟโตเอสโตรเจนจะจับเข้าที่เซลล์แล้วทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในร่างกายช่วยบรรเทาอาการหมดประจำเดือน (นิคดา หงส์วิวัฒน์, 2548)

ไอโซฟลาโวนที่พบในเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณ 2 - 4 มิลลิกรัมต่อเมล็ดถั่วเหลือง 1 กรัม ไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองประกอบด้วยสาร 2 ชนิด เจนิสทิน (genistein) และไดเซน (daidzein) มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนอ่อนๆ ช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของกระดูกพบว่าหญิงที่บริโภคอาหารจากถั่วเหลืองเป็นประจำมีภาวะโรคกระดูกบางต่ำ และพบว่ากลุ่มคนเอเชียที่มีการบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองมาก มีระดับไฟโตเอสโตรเจนในเลือดสูงกว่าคนตะวันตกถึง 100 เท่า เอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนที่สร้างขึ้นในร่างกายเพศหญิงและจะลดลงพร้อมกับการหยุดทำงานของรังไข่ในช่วงหมดประจำเดือน มีผลเกิดอาการเหงื่อออกตอนกลางคืน ร้อนวูบวาบ และหงุดหงิดได้ในหญิงวัยหมดประจำเดือนหรือวัยทอง นอกจากนี้ยังพบการลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม ซึ่งผู้หญิงชาวเอเชียโดยรวมจะเกิดโรคมะเร็งเต้านมน้อยกว่าหญิงชาวตะวันตกถึง 5 เท่า เนื่องจากมีระดับเจนิสทินในเลือดสูงจึงมีแนวโน้มลดความเสี่ยงของมะเร็งเต้านม โดยเจนิสทินมีผลยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Liu, 1997) ดังนั้นจึงสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเจนิสทินทำหน้าที่แทนเอสโตรเจนในการป้องกันโรคและอาการที่เกิดจากการขาดฮอร์โมนในหญิงวัยทองที่บริโภคอาหารถั่วเหลืองเป็นประจำได้

ข. ไฟเตท (phytate) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดไฟติก (phytic acid) หรือจับกับโปรตีน ไฟเตทถูกสร้างและสะสมในถั่วขณะมีการเจริญเป็นถั่วเมล็ดแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งของฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานระหว่างเมล็ดงอก กรดไฟติก สามารถจับแร่ธาตุได้หลายชนิด เช่น แคลเซียม เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม ดังนั้นจึงจัดเป็นสารขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุเหล่านี้ และถ้ากรดไฟติกจับอยู่กับโปรตีนจะทำให้การย่อยและการดูดซึมโปรตีนน้อยลง การกำจัดทำได้โดยการทำให้เมล็ดถั่วเหลืองงอก อย่างไรก็ตามมีการรายงานคุณสมบัติของกรดไฟติก มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง กระบวนการป้องกันการเกิดมะเร็งยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีการตั้งสมมติฐานว่ากรดไฟติกจะยับยั้งการกระจายของเซลล์มะเร็ง โดยอาจจับเพอร์ริคไออน กรดไฟติกทำหน้าที่ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังจับกับธาตุแมกนีเซียมและสังกะสี ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นในการแบ่งตัวและกระจายตัวของเซลล์ ดังนั้นจึงทำให้การเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกหรือเซลล์มะเร็งลดลง ซึ่งอาจมีอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวกับการกรดไฟติกซึ่งมีผลต่อการมีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ซึ่งต้องมีการศึกษาค้นคว้าต่อไป (Graf and Eaton, 1993)

ค. สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin Inhibitor) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งในถั่วเหลือง ทำหน้าที่ป้องกันเมล็ดจากการทำลายของแมลง ในการศึกษาจากสัตว์พบว่าทริปซิน อินฮิบิเตอร์จับกับน้ำย่อยทริปซิน ทำให้โปรตีนไม่ถูกย่อยและสัตว์มีการเจริญเติบโตลดลงสำหรับผลต่อคนยังไม่ชัดเจน โดยปกติจะต้องมีการกำจัดสารนี้ด้วยความร้อน เช่น นมถั่วเหลืองต้มเดือด 20-30 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10 นาที กรณีจะใช้เนื้อถั่วเหลืองหลังสกัดนมมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารจะต้องทำให้สุกโดยการนึ่ง 20 นาที หรือนึ่งภายใต้ความดัน 10-15 นาที (Rackis and Gumbmann, 1982)

ง. ซาโปนิน(Saponins) เป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการตัวหนึ่งซึ่งปกติพบในพืชหลายชนิด แต่ซาโปนินในถั่วเหลืองไม่จัดเป็นสารต้านคุณค่าทางโภชนาการ ซาโปนินในถั่วเหลืองเมื่ออยู่ในลำไส้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากแบคทีเรีย แต่ไม่พบว่าถูกดูดซึมเข้าในเลือดสัตว์ทดลอง และพบว่าแทบไม่มีผลต่อการขัดขวางการ

ดูดซึมสารอาหารอื่นจึงจัดได้ว่าปริมาณซาโปนินในถั่วเหลืองไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน Sung และคณะ (1995) กล่าวว่า ซาโปนินจากถั่วเหลืองมีส่วนในการลดโคเลสเตอรอลโดยการจับกับกรดน้ำดีและเป็นสารต้านมะเร็งอีกด้วยสมบัติในการต้านมะเร็งของซาโปนินอาจเป็นไปได้หลายอย่าง รวมถึงความสามารถในการทำลายเซลล์มะเร็งโดยตรง การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย การจับกับกรดน้ำดีในทางเดินอาหารเพื่อป้องกันเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ที่เปลี่ยนกรดน้ำดีเป็นสารก่อมะเร็งจึงลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าสารซาโปนินช่วยยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งด้วย

2.4 นมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปั่นเมล็ดถั่วเหลืองกับน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและราคาถูก มีวิธีการเตรียมที่ไม่ยุ่งยาก ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมได้ให้ความหมายของน้ำนมถั่วเหลืองไว้ว่า น้ำนมถั่วเหลือง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวสกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max Merr.* หรือแป้งถั่วเหลืองด้วยน้ำอาจผสมนม และหรือสารที่ให้คุณค่าทางอาหาร หรือสารปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือไม่ก็ได้ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภค (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2533)

2.4.1 ขั้นตอนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพน้ำนมถั่วเหลือง

การผลิตน้ำนมถั่วเหลืองนั้นไม่มีวิธีมาตรฐาน ดังนั้นส่วนประกอบทางเคมีหรือคุณค่าทางอาหารของนมถั่วเหลืองจึงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีขั้นตอนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเอาเปลือกถั่วเหลืองออก

การผลิตนมถั่วเหลืองนั้นอาจใช้เมล็ดถั่วเหลืองทั้งเปลือกหรือเมล็ดถั่วเหลืองที่เอาเปลือกออกแล้ว ซึ่งการเอาเปลือกถั่วเหลืองออกจะต้องทำก่อนการแช่น้ำ โดยนำถั่วเหลืองไปไม่ผ่าซีกแล้วแยกเอาเปลือกออก การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วที่เปลือกออกจะใช้เวลาในการแช่น้ำน้อยกว่า ได้น้ำนมที่มีสีขาวนวลรับประทาน มีกลิ่นถั่วน้อย (ปาริฉัตร ใจจักรคำ, 2548)

2) อุณหภูมิการแช่ถั่ว

อุณหภูมิของน้ำในการแช่ถั่วเหลืองมีผลต่อการดูดซึมน้ำของถั่วเหลือง น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป (2540) ศึกษาผลระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วเพิ่มขึ้น 2 เท่า ของน้ำหนักถั่วเหลืองเริ่มต้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 30 นาที ถ้าแช่ต่อไปจะทำให้ถั่วมีลักษณะเปื่อย ยุ่ย ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความอืดตัวของถั่วคงที่เมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง และถ้าแช่มากกว่า 24 ชั่วโมงจะเกิดกลิ่นของแอลกอฮอล์เกิดขึ้น และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ถั่วอืดตัวเมื่อระยะเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมินี้สามารถแช่ได้นานมากกว่า 24 ชั่วโมงโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ น้ำทิพย์ วงศ์ประทีปและยุพร พิษกมฺพร (2544) ทำการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) และปริมาณโปรตีนของนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองที่แช่ที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 5 25 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการแช่ถั่วที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณโปรตีนของนมถั่วเหลืองมีค่าแตกต่างกัน โดยการแช่ถั่วที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณสูงที่สุดรองลงมาคือ ที่ 25 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3) การตีบ้นิ้วเหลือง

การตีบ้นิ้วเหลือง น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำร้อนหรือน้ำเย็นก็ได้ ถ้าใช้น้ำร้อนในการตีบ้นิ้วเหลืองจะมีกลิ่นและรสชาติดีกว่านมที่ได้จากการตีบ้นิ้วด้วยน้ำเย็นและยังช่วยลดกลิ่นนิ้วได้มากกว่าเนื่องจากความร้อนสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นนิ้ว แต่อย่างไรก็ตาม ปาริฉัตร ใจจักรคำ (2548) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพนมถั่วเหลืองที่ได้จากการปั่นด้วยน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) และน้ำที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าถึงแม้การใช้อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) จะทำให้ปริมาณของแข็งที่สกัดสูงขึ้น กลิ่นถั่วลดลง แต่ลักษณะปรากฏและความหนืดไม่แตกต่างกัน ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างและยอมรับในนมถั่วเหลืองทั้งสองตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและทำให้ผู้ผลิตสามารถปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น จึงสามารถเลือกใช้สภาวะการตีบ้นิ้วด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)

4) การให้ความร้อน

การให้ความร้อนมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ เพิ่มอายุการเก็บรักษา เพื่อทำลายสารบางชนิดในถั่วเหลือง จำพวกสารต้านโภชนาการรวมทั้งเพื่อกำจัดกลิ่นถั่วแต่การให้ความร้อนที่สูงเกินไปนั้นส่งผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลืองได้ เช่น คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น ลดลง รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการลดลง (Kumar และคณะ 2003)

2.4.2 ลักษณะของนมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองที่เตรียมจากวัตถุดิบหรือกรรมวิธีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ได้นมถั่วเหลืองที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเช่น กลิ่นถั่ว เนื้อสัมผัส และความคงตัวของนมนมถั่วเหลือง

กลิ่นถั่ว (beany flavor) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ กลิ่นถั่วเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสซึ่งมีอยู่ในถั่วเหลืองตามธรรมชาติ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนสเป็นเอนไซม์ในกลุ่มออกซิโดรีดักเตส (oxidoreductase) สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก ที่มีอยู่ในถั่วเหลือง โดยปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีเมื่อมีออกซิเจนและน้ำ ทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวเกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตนและแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดกลิ่นถั่วในผลิตภัณฑ์ สารชนิดสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วคือเฮกซานัล ความร้อนและความดันสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ Wang และคณะ (2007) ศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส กับไขมันในถั่วเหลือง โดยศึกษาการใช้ความดัน 0.1 ถึง 650 MPa และอุณหภูมิ 5 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่ากลิ่นถั่วลดลงเมื่อใช้ความดันหรือความร้อนมากขึ้นหรือการใช้ทั้งสองปัจจัยร่วมกันสามารถยับยั้งเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้ นอกจากนี้ Puechkamut (2004) ศึกษาผลการใช้เกลือในการลดกลิ่นถั่ว พบว่าการแช่ถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.25 ถึง 0.75 เปอร์เซ็นต์หรือการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการบด สามารถลดแอกติวิตี้ของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนสได้

ความคงตัวของนมถั่วเหลืองหรือการที่นมถั่วเหลืองไม่เกิดการตกตะกอนแยกชั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค Malaki และคณะ (2008) ศึกษาผลการโฮโมจีไนส์และการให้ความร้อนกับนมถั่วเหลือง พบว่าการโฮโมจีไนส์ร่วมกับการให้ความร้อนส่งผลให้ขนาดอนุภาคโปรตีนในนมถั่วเหลืองลดลงและมีการ

กระจายตัวที่ดี เมื่อยังใช้ระดับความดันในการโฮโมจีไนซ์ที่สูงยิ่งทำให้นมถั่วเหลืองมีความคงตัว จึงสามารถป้องกันการตกตะกอนได้ นอกจากนี้ Cruz และคณะ (2007) ศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยี ultra high pressure homogenization (UHPH) ในตัวอย่างนมถั่วเหลืองที่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ลักษณะทางเคมีกายภาพ และลักษณะโครงสร้างของนมถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค ultra high temperature (UHT) โดยพบว่า การใช้ UHPH ส่งผลให้สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่าง UHT ส่วนผลทางด้านลักษณะทางเคมีกายภาพ โดยวัดขนาดของอนุภาคพบว่า UHPH มีผลต่อการลดขนาดอนุภาคมากที่สุดและมีผลต่อความคงตัวมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยี UHPH ส่งผลให้ค่าความสว่างของตัวอย่างต่ำกว่าตัวอย่าง UHT

ความหนืดเป็นลักษณะของของเหลวที่มีอนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนตัวได้ช้าและไม่สามารถที่จะรวมตัวกันได้ ในหลายๆผลิตภัณฑ์ความหนืดและความคงตัวเป็นคุณภาพที่สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (นิธิยา รัตนพานนท์, 2534) การเพิ่มความหนืดในนมถั่วเหลืองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มอัตราส่วนของถั่วเหลืองต่อน้ำ พบว่าความหนืดของนมถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลือง ความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแข็งที่เพิ่มมากขึ้น อัตราส่วนของเนื้อถั่วเหลืองต่อน้ำ มีผลต่อคุณภาพของนมถั่วเหลือง คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ที่เป็นองค์ประกอบในนมถั่วเหลือง นั่นคือ ปริมาณสารเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของถั่ว : น้ำ เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.6 อย่างไรก็ตามการใช้อัตราส่วนถั่ว มากนั้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียของแข็งระหว่างกระบวนการผลิตมาก ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสูงขึ้น (น้ำทิพย์ วงศ์ประทีป, 2540)

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนของถั่วและน้ำที่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดและโปรตีน

อัตราส่วน ถั่ว : น้ำ	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)
1 : 10	5.6	2.6
1 : 7	7.9	3.8
1 : 5	9.2	4.5

ที่มา: อาณัติ นิติธรรมยง และประไพศรี ศิริจักรวาล (2543)

นอกจากนี้การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยให้เกิดความหนืดและความคงตัวในนมถั่วเหลืองหรือผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอื่นๆได้ ดังเช่น การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในโยเกิร์ตของประเทศตุรกี (ayran) Koksoy และคณะ (2003) ศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อความคงตัวของโยเกิร์ต ayran โดยศึกษาชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่ โลคัสปิงกัม กัวร์กัม ไฮทเมทอกซีเพคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และเจลาติน ที่ระดับ 0 - 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก พบว่า กัวร์กัม ให้ความหนืดสูงที่สุดและป้องกันการแยกชั้นของชีร์มได้ แต่ยังพบปัญหาในการทดสอบประสิทธิภาพสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสและด้านรสชาติ ส่วนโลคัสปิงกัม ที่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ป้องกันการแยกชั้นของชีร์มได้ และโยเกิร์ต ayran มีความคงตัว ส่วนการทดสอบทางด้านกลิ่นรสนั้น เป็นที่ยอมรับ ส่วนไฮทเมทอกซีเพคติน และ เจลาติน ไม่สามารถป้องกันการแยกชั้นของชีร์มโยเกิร์ตได้และไม่เป็นที่ยอมรับด้านประสิทธิภาพสัมผัส แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยป้องกันการแยกชั้นได้ แต่

อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่มากเกินไปส่งผลให้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ ปาริฉัตร ใจจักรคำ (2548) ศึกษาวิธีการเตรียมต่อคุณภาพนํ้านมถั่วเหลือง โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัมและแซนแทนกัม ที่ระดับ 0 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าแซนแทนกัมให้ค่าความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองมากกว่ากัวร์กัม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ความหนืดของนํ้านมถั่วเหลืองจะลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความเข้มข้น 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำแซนแทนกัมมาใช้ร่วมกับกัวร์กัม พบว่ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.5 การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหย

การทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำ (evaporator) เป็นการใช้ความร้อนเพื่อระเหยเอานํ้าบางส่วนออกจากอาหาร เพื่อให้อาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น (Garg และคณะ 2008) แต่การใช้ความร้อนนั้นส่งผลต่อคุณภาพอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น นํ้าผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำจะมีสีเข้มขึ้นและมีกลิ่นสุก (cooked flavor) จึงทำให้ความพึงพอใจของผู้บริโภคลดลง และเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินที่ไม่ทนร้อน แต่อย่างไรก็ตามการทำเข้มข้นนั้นยังเป็นที่นิยมเนื่องจากการระเหย หรือการทำเข้มข้นสามารถลดปริมาณน้ำในอาหาร ลดปริมาตรอาหาร จึงสามารถลดต้นทุนด้านบรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และการขนส่งได้ (Hongvaleerat และคณะ 2008)

นมสตรระเหย (evaporated milk) เป็นการเอานมสด (whole milk) มาระเหยเอานํ้าออกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันไม่ต่ำกว่า 7.90 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total milk solids) ไม่ต่ำกว่า 25.9 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเพื่อทำการระเหยในนมที่ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในแต่ละโรงงานผู้ผลิต แต่มีผลที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ คือ สีของนมเข้มข้นความหนืดเพิ่มมากขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) เพิ่มมากขึ้น (นภาศรี ไวศยะนันท์, 2526) และ Nindo และคณะ (2007) ศึกษาการทำให้เข้มข้นนํ้าบลูเบอร์รีที่ส่งผลต่อลักษณะด้านความหนืดของนํ้าบลูเบอร์รี ระดับความเข้มข้นของนํ้าบลูเบอร์รีที่ทำการศึกษาคือ 10 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และนำไปทำการระเหย ที่อุณหภูมิ 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของบลูเบอร์รีที่เพิ่มขึ้น ที่ 25 องศาเซลเซียส นํ้าบลูเบอร์รีที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 12 ปาสคาล ส่วนนํ้าบลูเบอร์รีที่ความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืด 165 ปาสคาล จึงกล่าวได้ว่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลาย

2.6 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) (นิธิยา รัตนานนท์, 2534)

ไฮโดรคอลลอยด์ เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ได้จากพืช เช่น หัวบุก หรือสัตว์เช่น สารโคโตซานในเปลือกกุ้ง เปลือกปู รวมถึงจุลินทรีย์และโพลิเมอร์ดัดแปลงจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์โดยโพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นตัวช่วยให้เข้ากับน้ำมันเข้ากันและเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัวป้องกันปฏิกิริยาการตกตะกอนและการแยกตัวของนํ้าออกจากเนื้ออาหาร

การใช้ประโยชน์ของไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เติมนํ้าในผลิตภัณฑ์นมไอศกรีม หรือในไส้ขนมอบของเบเกอรี่ชนิดต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์ คือ ทำให้อาหารมีความเหนียวหนืด นุ่ม คงรูป เป็นที่ถูกรับของผู้บริโภค ส่วนผลพลอยได้ในการเติมไฮโดรคอลลอยด์ก็คือทำให้อุตสาหกรรมอาหารเหล่านี้ลดการใช้ไขมันหรือแป้งลง เนื่องจากเมื่อเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ลงไปในอาหาร จะทำให้อาหารยังคงมีความนุ่ม คงรูปมันวาว เหมือนมี

แป้งหรือไขมันผสมอยู่ ดังนั้นหากลดการเติมไขมันหรือแป้งลงได้ ก็จะมีผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่มีแคลอรีต่ำ ตัวอย่างไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่

2.6.1 แขนแทนกัม (xanthan gum)

แขนแทนกัมเป็นกัม ที่ได้โดยการหมักด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* หลังจากกระบวนการหมักแล้วจะนำมาตกตะกอนด้วย ไอโซโพรพิล (isopropyl alcohol) แยกเอาแขนแทนกัมออกมาทำให้แห้งแล้วบดให้ละเอียด

แขนแทนกัม มีโครงสร้างเป็น cellulosic backbone และมีแขนงแยกเป็น trisaccharide ทุกๆ โมเลกุลเว้นโมเลกุลของกลูโคสในสายเซลลูโลส แขนแทนกัม ไม่มีสมบัติเป็นทำให้เกิดเจล แต่สามารถเกิดเจลยืดหยุ่น ผันกลับด้วยความร้อนได้ (elastic thermoreversible gel) ได้เมื่อร่วมกับโลคัสปินกัม และเมื่อรวมกับกัวร์กัม จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง

แขนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้ความเข้มข้นจะต่ำและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและ pH โดยเฉพาะความหนืดของสารละลาย แขนแทนกัม จะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส หรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 ก็ตามนอกจากนั้นสารละลาย แขนแทนกัมยังมีคุณสมบัติเป็นซูโดพลาสติก (pseudoplastic) ซึ่งมีความสำคัญต่อกลิ่น ลักษณะปรากฏและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) ของผลิตภัณฑ์อาหาร

แขนแทนกัมใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัว และทำให้อนุภาคแขวนลอยได้ดี เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม แขนแทนกัมที่ผสมกับโลคัสปินกัม นิยมใช้กับอาหารประเภท ขนมหวาน ซอสมะเขือเทศ สำหรับพิซซ่า ไส้ขนมอบและไส้พาย เป็นต้น นอกจากนั้นยังผสมทั้ง โลคัสปินกัมและกัวร์กัม ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความข้นหนืดและคุณสมบัติเฉพาะตามต้องการสำหรับอาหารชนิดหนึ่งๆ เช่น ในผลิตภัณฑ์ประเภท frozen desserts, pasteurized process ches spread, cottage cheese salad dressing, sour cream, fruit syrups และ ไอศกรีม เป็นต้น

2.6.2 กัวร์กัม (guar gum)

กัวร์กัม ได้จาก เอนโดสเปิร์ม (endosperm) ของเมล็ดต้นกัวร์ (*Cyamopsis tetragonolobus*) มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดียและปากีสถาน ปัจจุบันมีปลูกในรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเมื่อราวปี ค.ศ. 1950 เนื่องจากขาดแคลนโลคัสปินกัม

โครงสร้างของ กัวร์กัม เป็นโพลิเมอร์สายยาวของ แมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ β -(1,4) และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) หนึ่งโมเลกุลทุก ๆ 2 โมเลกุลของ แมนโนส ต่อกับ 1 โมเลกุลของกาแลคโตสด้วยพันธะ 1,6 ทำให้อัตราส่วนของ แมนโนส ต่อ กาแลคโตส เป็น 2:1 ซึ่งแสดงว่า กัวร์กัม มีกิ่งแขนงของ กาแลคโตสมากกว่าโลคัสปินกัม

กัวร์กัมมีสมบัติเป็นไม่เกิดเจล แต่กระจายตัวและอมน้ำได้ดีในน้ำเย็น จึงใช้ทำหน้าที่หลักเป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัวและอมน้ำ สามารถเกิดปฏิกิริยาร่วมกับแขนแทนกัมทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา ความเข้มข้นและขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจาก กัวร์กัม เป็น non-ionic และทนต่อ pH ช่วงกว้างตั้งแต่ 4-10 ทำให้สามารถเติม อิเล็กโตรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโตรไลต์สูงกว่า

5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำและเกิดเจล กว้างๆ มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงสุดที่ pH 7.5-9.0

ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำกัวร์กัมไปใช้ได้แก่ ขนมหวาน ซอส ซุป ไอศกรีม น้ำสลัด ซุปผงและใช้เป็น ส่วนผสมของน้ำเกรวี่

2.6.3 คาร์ราจีแนน (caragenan)

คาร์ราจีแนนเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) คาร์ราจีแนนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แคปปา (kappa), ไอโอตา (iota) และแลมบ์ดา (lambda) สาหร่ายทะเลส่วนใหญ่มีคาร์ราจีแนนอย่างน้อย 2-3 ชนิด ผสมกันอยู่ ชนิดแคปปาและไอโอตาเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเกิดเจลได้

คาร์ราจีแนนทั้ง 3 ชนิดมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตสที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์ด้วยกรดซัลฟูริกที่ระดับต่างๆ กัน ด้วยพันธะ 1, 3 และ 1, 4 สำหรับแคปปาและไอโอตาจะเกิดเจลเป็นแบบ ผั่นกลับได้ด้วยความร้อน (thermoreversible aqueous gel) โดยมีกลไกการเกิดเป็นโพลีเมอร์ที่เป็นเฮลิคซ์คู่ double-helix carragenan polymers

แคปปาและไอโอตา ไม่ละลายในน้ำเย็น (ยกเว้นที่เป็น sodium form) จะละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คาร์ราจีแนนที่อยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น random coil เมื่อทำให้เย็นลงจะเกิดโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ แต่ละสายของโพลีเมอร์จะรวมตัวกันเข้าเกิด junction point เมื่อปล่อยให้เย็นลงอีก จะมีการเกาะตัวกันของ junction point มากขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวของเจลแคปปา คาร์ราจีแนนจะเกิดเจลที่เปราะแตกง่ายและมี syneresis เกิดขึ้น ส่วน ไอโอตา คาร์ราจีแนน จะเกิดเจลที่มีความยืดหยุ่น (elastic) และเป็น syneresis – free gel สำหรับแลมบ์ดาคาร์ราจีแนนละลายได้ในน้ำเย็นและมีสมบัติเป็นไม่เกิดเจล

การเติมโลหะออลอนจะมีผลต่อการเกิดเจล เช่น แคปปา คาร์ราจีแนน เมื่อเติมโปแตสเซียมออลอนจะเกิดเจลยืดหยุ่น ถ้าเติมแคลเซียมออลอน จะเกิด rigid gel ส่วน ไอโอตา คาร์ราจีแนน เมื่อเติมแคลเซียมออลอนจะเกิดเป็นเจลยืดหยุ่น (elastic gel) เป็นต้น

หากผสมคาร์ราจีแนนชนิด แคปปา และ ไอโอตา เข้าด้วยกันจะทำให้มีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้มากขึ้น เจลที่ได้มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและเกิด syneresis น้อยลง ในทางการค้าได้มีการผสมคาร์ราจีแนนทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้มีสมบัติในการทำหน้าที่เป็นเจลได้ดีขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น dessert gels, whipping topping และ fluid milk products คาร์ราจีแนนสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับผลิตภัณฑ์นม เช่น เติมคาร์ราจีแนนลงในส่วนผสมของไอศกรีมเพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว ช่วยให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายและไม่มีส่วนที่เป็นของเหลวแยกตัวออกมา (whey off) ระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณคาร์ราจีแนนที่ใช้ประมาณ 0.01-0.02 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด

2.6.4 โลคัสปินกัม (locust bean gum)

โลคัสปินกัมได้จาก endosperm ของเมล็ดต้น carob (ceratonia siliqua) บางครั้งเรียกว่า carob seed gum ต้น carob เป็นพืชที่ปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียน โมร็อกโกและ โปรตุเกตุ โลคัสปินกัมไม่สามารถละลายในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโลคัสปินกัมให้มีสมบัติพองตัวได้ในน้ำเย็นและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์นม โครงสร้างของโลคัสปินกัมเป็น โพลีเมอร์สายยาวของแมนโนส (mannose) ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตส (galactose) ต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตสเป็น 4 : 1 โดยลักษณะโครงสร้างเช่นนี้จึงทำให้โมเลกุลมีส่วนที่เป็นสายหลักของแมนโนสสลับกับส่วนที่เป็น

กึ่งแข็ง

โลคัสบีบกันไม่สามารถเกิดเจลได้ต้องนำมาผสมกับแทนแทนกัน จึงจะทำให้เกิดเจลได้หรืออาจผสมรวมกับแคปปา คาร์ราจีแนน จะช่วยเพิ่ม gel strength และลดการเกิด syneresis หน้าที่หลักของโลคัสบีบกัน คือเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอิมัลชันและยับยั้งการเกิด syneresis ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ อาหารกระป๋อง ซอส ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เนื้อ ในเนยแข็งโลคัสบีบกันช่วยเร่งให้เกิด coagulation เร็วขึ้น และทำให้ได้เนื้อตะกอนของ curd เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในไอศกรีมโลคัสบีบกัน จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวและช่วยอุ้มน้ำทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อเนียน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระทิทดัดแปร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดัดแปรกระทิเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่กระทิที่น่าสนใจ ดังเช่น สุคนธ์ชื่น ศรีงาม (2542) ศึกษาการพัฒนากระทิแปลงไขมันด้วยการแทนที่น้ำมันมะพร้าวบางส่วนด้วยน้ำมันพืชที่ระดับการทดแทน คือ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการแทนที่น้ำมันมะพร้าวที่ระดับต่างๆกันไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติ จึงสามารถแทนที่น้ำมันได้สูงสุดที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์

ธนวรรณ บุญปิ่นและคณะ (2542) ศึกษาการนำ soy/oat-1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนผสมของแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันและสาร Nu-Trim ที่ได้จากการสกัดจากข้าวโอ๊ตในอัตราส่วน 1:1 โดยทดแทนการใช้กระทิด้วย soy/oat-1 ที่ระดับ 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า soy/oat-1 สามารถนำมาใช้ทดแทนกระทิในอาหารไทยได้บางชนิดโดยเฉพาะในอาหารคาวที่มีเครื่องเทศและถั่วต่างๆเป็นองค์ประกอบสามารถทดแทนได้ในระดับถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกลิ่นเครื่องเทศนั้นกลบกลิ่นถั่วได้ ส่วนในอาหารหวานสามารถใช้ทดแทนกระทิได้ในบางชนิด ปัญหาที่พบในอาหารหวานคือ ไม่มีกลิ่นหอมของกระทิและมีสีคล้ำของ soy/oat-1 จึงทำให้อาหารหวานบางชนิดไม่เป็นที่ยอมรับหรือสามารถใช้ทดแทนกระทิได้แต่ในปริมาณต่ำ เพียง 50 เปอร์เซ็นต์