บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

น้ำนมเป็นอาหารที่สำคัญและใช้เป็นอาหารหลักสำหรับทารกและเด็กตลอดจนเป็นอาหารเสริมที่ดีของผู้ใหญ่ทุกเพศทุกวัย เพราะมีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย แต่ขณะเดียวกันอัตราการผลิตนมโคเพื่อใช้ในการบริโภคและทำเป็นผลิตภัณฑ์นั้นยังอยู่ในอัตราที่ต่ำมาก พบว่าประเทศไทยได้สั่งนมผงเข้ามาบริโภคถึงปีละ 20,000 ตัน ซึ่งส่วนใหญ่จะมาจากประชาคมยุโรป นิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย โดยมีแนวโน้มของความต้องการสูงขึ้นทุกปี (14) แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตนมโคในปริมาณจำกัด และเนื่องจากน้ำนมโคมีราคาสูงจึงทำให้การบริโภคน้ำนมยังน้อยมาก มีบริโภคกันเฟียงในทารกและในเด็กก่อนวัยเรียนเท่านั้น ในปี พ.ศ.2534 พบว่าประชากรโดยเฉลี่ยบริโภคน้ำนมโคประมาณ 0.26 ออนซ์ หรือ 7 กรัมต่อวัน (4)

ดังนั้น จึงต้องพยายามหาแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีนและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งยังมีราคาถูกเหมาะสำหรับผู้มีรายได้ต่ำ ซึ่งอาหารที่นักโภชนาการให้ความสนใจคือ น้ำนมถั่วเหลือง (15)

น้ำนมถั่วเหลือง จัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับบุคคลทั่วไปมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ โดยได้รับการพิจารณาจากนักโภชนาการให้เป็นอาหารที่สามารถทดแทนนมโคได้อย่างเหมาะสมตามภาวะเศรษฐกิจ ในอันที่จะแก้ปัญหาภาวะทุโภชนาการในประเทศที่กำลังพัฒนา (6) นอกจากเหมาะสำหรับบุคคลธรรมดาแล้ว ยังสามารถใช้กับบุคคลเฉพาะกลุ่มบางประเภท เช่นในรายเด็กที่มีอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ผู้ที่มีระบบการทำงานของลำไส้เล็กไม่เป็นปกติ ผู้ป่วยโรคหัวใจ ผู้รับประทานอาหารมังสวิรัติ รวมทั้งบุคคลผู้มีอาการแพ้น้ำตาล

แลคโตส (lactose) ในนมโคหรือแพ้โปรตีนจากสัตว์ ซึ่งผู้ป่วยประเภทนี้แพทย์จะแนะนำให้ใช้น้ำนมถั่วเหลืองแทนน้ำนมโค (16)

น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมโค มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกัน (ประมาณร้อยละ 3.5-4.0) และเมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบของกรดอะมิโน (amino acid) ในโปรตีนของน้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมโค และน้ำนมมารดา จะพบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก (17) ดังในตารางที่ 2-1

2.1 การผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

ปัจจุบันการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบบอุตสาหกรรมในครัวเรือน ส่วนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมีทั้งสิ้น 4 ราย โดยเป็นเอกชน 3 ราย และหน่วยราชการ 1 ราย มีกำลังการผลิตทั้งสิ้น 65.0 ล้านลิตรต่อปี (18) ดังตารางที่ 2-2

น้ำนมถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารประเภทนมเทียม (imitation milk) ซึ่งหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับน้ำนมแต่ไม่มีส่วนประกอบของน้ำนมอยู่ด้วย โดยเฉพาะไขมันนม (19) วิธีในการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองจำแนกออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองโดยวิธีใช้น้ำสกัดจากถั่วทั้งเมล็ด

2. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองที่ละลายน้ำ หรือแป้งถั่วเหลือง กับน้ำมัน แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำตาล ซึ่งวิธีที่ 2 นี้ ต้นทุนในการผลิตจะสูงกว่าวิธีใช้น้ำสกัดจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด (20)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้พยายามศึกษาค้นคว้าถึงสาเหตุของปัญหาเกี่ยวกับกลิ่น รสของน้ำนมถั่วเหลือง พอสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2-1 A COMPARISON OF THE ESSENTIAL AMINO ACID COMPOSITION OF SOYBEAN MILK WITH COW'S AND HUMAN'S MILK.* (17)

ESSENTIAL AMINO ACID	SOURCE OF MILK		
	SOYBEAN	COW	HUMAN
HISTIDINE	3.25	2.69	2.21
ISOLEUCINE	4.70	6.51	5.50
LEUCINE	8.19	10.02	9.07
LYSINE	7.23	7.94	6.61
METHIONINE	1.44	2.50	2.05
PHENYLALANINE	5.25	4.94	4.35
THREONINE	4.74	4.70	4.54
TRYPTOPHAN	1.36	1.44	1.65
VALINE	4.99	7.01	6.26

* CALCULATED FROM g/g OF TOTAL N IN EDIBLE PORTIONS OF FOODS (USDA HOME ECONOMICS RESEARCH REPORT # 4, 1957).

ตารางที่ 2-2 อัตราการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองในประเทศ ความต้องการของน้ำนมพร้อมดื่ม และผลิตภัณฑ์น้ำนมทั้งหมดของตลาดในประเทศ (18)

ปี	กำลังการผลิตของน้ำนมถั่วหลือง (ล้านลิตร)	ปริมาณการผลิตของน้ำนมถั่วเหลือง (ล้านลิตร)	ความต้องการในประเทศ*	
			น้ำนมพร้อมดื่ม (ล้านลิตร)	ผลิตภัณฑ์น้ำนมทั้งหมด (ล้านลิตร)
2520	40	17.2	47.2	508.8
2521	40	20.3	55.8	501.8
2522	40	33.9	72.7	513.5
2523	40	31.1	73.0	498.0
2524	64	42.3	86.3	536.0

หมายเหตุ * ความต้องการในประเทศเท่ากับปริมาณการจำหน่ายในประเทศ และการนำเข้า

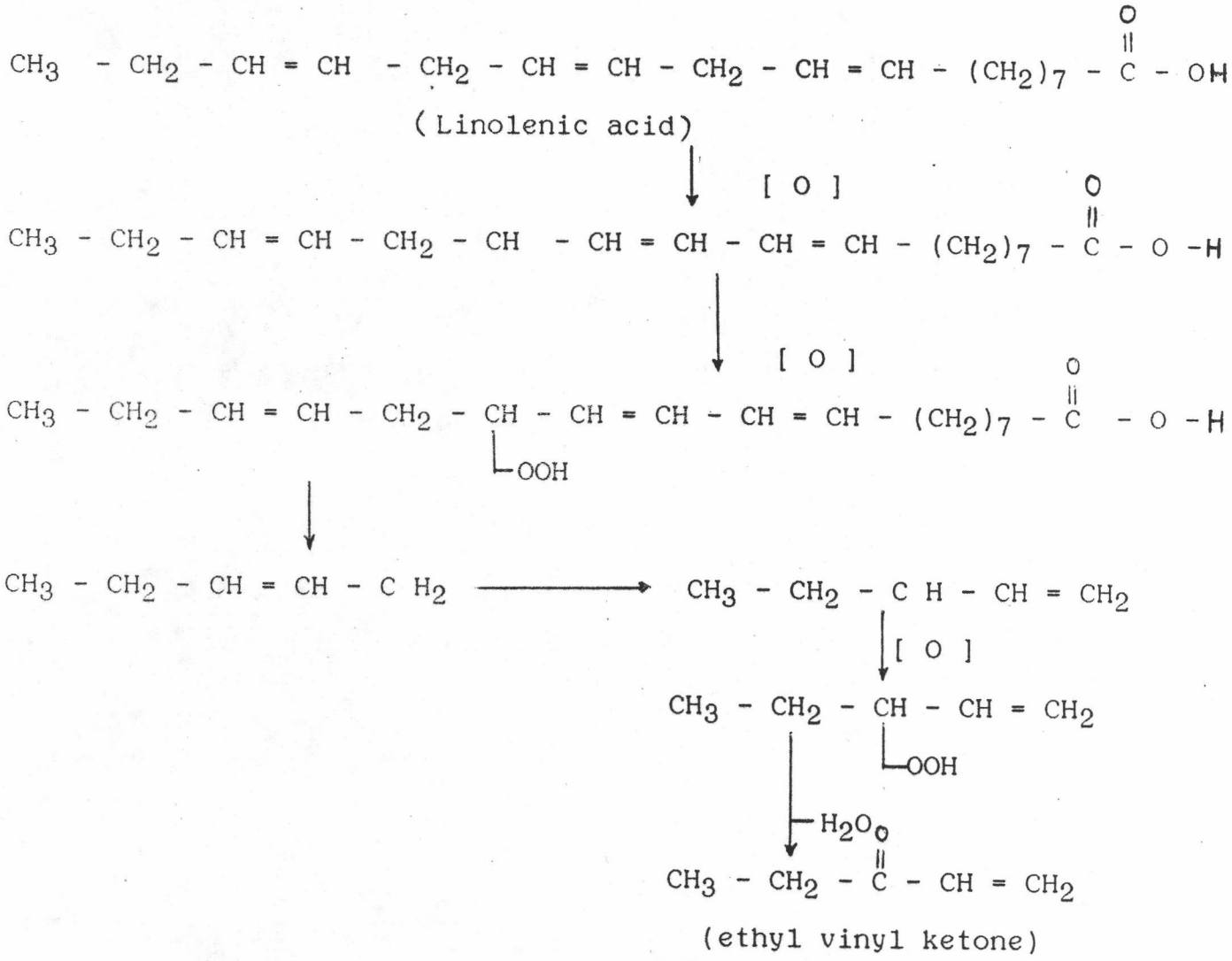
Mattick และ Hand พบว่าสารตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วอันไม่พึงประสงค์ในน้ำนมถั่วเหลืองคือ ethyl vinyl ketone ซึ่งเป็นสารประกอบระเหยง่าย (volatile compound) สาเหตุเนื่องมาจากไขมันในเมล็ดถั่วเหลืองถูกออกซิไดซ์ โดยมีเอนไซม์ไลพอกซิเดส (lipoxidase) ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองตามธรรมชาติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (21) กลไกของปฏิกิริยาการเกิด ethyl vinyl ketone แสดงไว้ในรูปที่ 2-1

การแช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำก่อนที่จะนำมาผลิตน้ำนมถั่วเหลืองนั้นเป็นสาเหตุทำให้เกิด 1-octen-3-ol ซึ่งสารนี้เป็นสารประกอบระเหยง่ายตัวหนึ่งเหมือนกันที่ทำให้เกิดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด 1-octen-3-ol ในเมล็ดถั่วคือ เวลาในการแช่ถั่วเหลืองและ pH พบว่าเมื่อเวลาในการแช่ถั่วเพิ่มขึ้นจะมีสารประกอบนี้เพิ่มขึ้น ส่วน pH ที่เหมาะสมในการเกิดสารนี้คือที่ pH 6-7 กลไกในการเกิดสารนี้เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันในเมล็ดถั่ว โดยมีเอนไซม์เป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาที่ pH 6-7 (22)

จากรายงานดังกล่าวข้างต้น และผลงานของนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ซึ่งทำการทดลองในด้านนี้ จึงเป็นแรงกระตุ้นให้นักวิจัยทั้งหลายพยายามค้นคว้าหาวิธีที่จะป้องกันและกำจัดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งมีอยู่หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้ความร้อน
2. การใช้สารเคมี เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต แอลกอฮอล์
3. การใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดกลิ่นถั่ว
4. การใช้เอนไซม์

Wilken และคณะ พบว่ากลิ่นถั่วอันไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในน้ำนมถั่วเหลืองนั้น มิได้มีอยู่ในเมล็ดถั่วแห้ง แต่กลิ่นถั่วนี้จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต โดยมีเอนไซม์ไลพอกซิเดส (Lipoxidase) อันเป็นเอ็นไซม์ย่อยสลายคาโรตินในถั่วเหลืองซึ่งเรียกว่า คาโรทีน ออกซิเดส (Carotene



รูปที่ 2-1 กลไกของปฏิกิริยาการเกิด ethyl vinyl ketone (21)

Oxidase) เป็นตัวการสำคัญ และพบในพืชตระกูล Legumes โดยเฉพาะถั่วเหลืองจะมี enzyme activity สูง เอนไซม์นี้จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับไขมันและกรดไขมันที่มี cis, cis penta-1, 4-diene unit ($-CH_2=CH-CH_2-CH=CH-$) ได้แก่ linoleic, linolenic, arachidonic โดยเอนไซม์นี้ก่อให้เกิดผลเสียหลายประการคือ

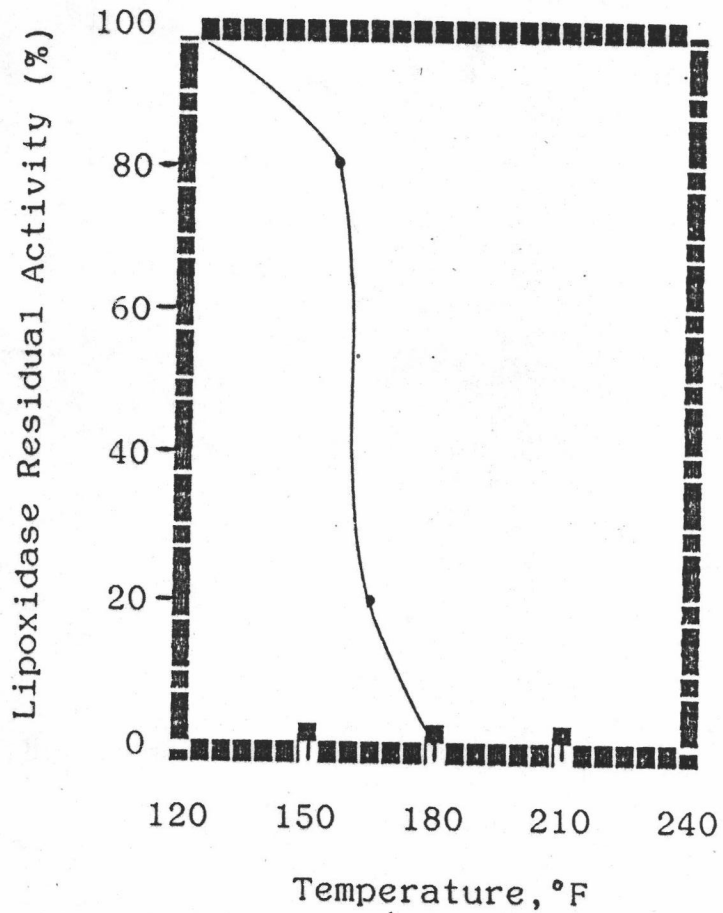
1. เกิดการย่อยสลายกรดไขมันที่จำเป็น เช่น linoleic, linolenic, arachidonic

2. ผลผลิตจากปฏิกิริยาทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ที่จะทำลายวิตามินและโปรตีน

3. เกิดรสและกลิ่นแปลกปลอม (off-flavor and odor) จากข้อ 1.

ความร้อนสามารถทำลายเอนไซม์ไลพอกซิเดสนี้ได้ โดยได้ทำการทดลองบดถั่วแห้งที่กระเทาะเปลือกออกแล้ว กับน้ำร้อนอุณหภูมิต่าง ๆ กันคือ 20, 40, 60, 70, 80, 90 และ 100 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าน้ำนมถั่วเหลืองซึ่งมีกลิ่นรสดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้น เตรียมจากถั่วแห้งที่ยังไม่ได้แช่น้ำนำมาบดกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งสภาวะนี้เอนไซม์จะถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง โดยบดถั่วแห้งกับน้ำที่อุณหภูมิต่ำระหว่าง 60-80 องศาเซลเซียสได้เช่นกัน แต่ต้องเติมวัตถุกันหืนลงไปในน้ำด้วยเพื่อควบคุมการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเดส (23)

Mustakas และคณะ ศึกษาการทำลายเอนไซม์ไลพอกซิเดสในน้ำนมถั่วเหลือง โดยใช้วิธี extrusion cooking ในการเตรียมแป้งถั่วเหลืองซึ่งจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง (9) และยังพบว่าการลวกถั่วเหลืองทั้งเมล็ดในน้ำร้อน 180 องศาฟาเรนไฮท์เป็นเวลานาน 15 นาที จะทำลายการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเดสได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-2 เมื่อ



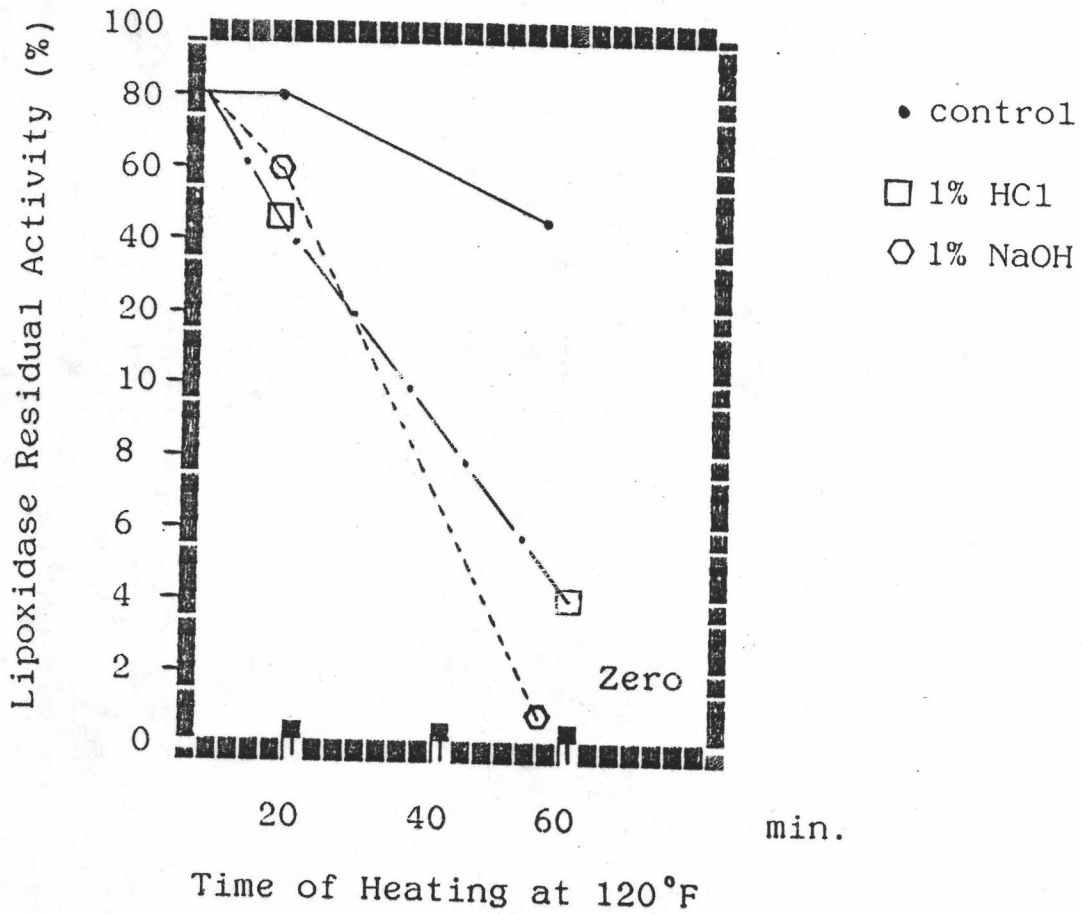
รูปที่ 2-2 อิทธิพลของอุณหภูมิในการทำลายเอนไซม์ Lipoxidase (24)

เติมวัตถุเจือปน (additives) พวกกรดหรือด่าง เช่น NaOH หรือ HCl ร้อยละ 1 ลงในน้ำร้อน 120 องศาฟาเรนไฮท์และนำไปแช่เมล็ดถั่วเหลืองเป็นเวลา 15 นาที จะสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเดสลงได้ครึ่งหนึ่ง ซึ่ง ณ อุณหภูมิและเวลาเดียวกันนี้ ถ้าไม่มีการเติมกรดหรือด่าง จะไม่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซิเดสเลย ดังแสดงในรูป 2-3 (24)

การแช่ถั่วในสารละลายด่างเป็นวิธีที่ช่วยลดกลิ่นถั่วในน้ำนมถั่วเหลืองได้เช่นกัน Badenhop และ Hackler ได้ศึกษาผลของการแช่เมล็ดถั่วเหลืองในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของน้ำนมถั่วเหลือง โดยทำการแช่ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏว่าคุณภาพในด้านกลิ่นรสของน้ำนมถั่วเหลืองนั้น ผู้บริโภคให้ความเห็นว่า น้ำนมถั่วหลืองที่เตรียมจากถั่วเหลืองซึ่งแช่ในสารละลาย NaOH 0.05 N มีกลิ่นรสดีกว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากการแช่เมล็ดถั่วในน้ำธรรมดา (25)

Bourne และคณะ ศึกษาผลของสารละลายด่างโซเดียมและเกลือโซเดียมที่มีผลต่อกลิ่นรสของน้ำนมถั่วเหลือง โดยเติม NaOH, $NaHCO_3$ และ Na_2CO_3 ลงในน้ำนมถั่วเหลือง ปรากฏว่าผู้บริโภคจะยอมรับน้ำนมถั่วเหลืองที่มี pH 7-7.5 จากการปรับ pH ด้วย NaOH แต่ได้ให้ข้อสังเกตว่าน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีกลิ่นสบู่ (soapy flavor) ส่วนน้ำนมถั่วเหลือง pH 7-7.5 ที่ปรับด้วย $NaHCO_3$ และ Na_2CO_3 นั้นผู้บริโภคไม่ชอบ ผู้ทดลองได้สรุปไว้ว่าการที่ NaOH สามารถปรับปรุงคุณภาพกลิ่นรสของน้ำนมถั่วเหลืองนั้น เป็นผลต่อเนื่องมาจากกลไกของการเพิ่มความเข้มข้นของ Na^+ มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของ pH (26)

การผลิตเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองโดยวิธี Illinois process จะได้เครื่องดื่มที่ไม่มีกลิ่นถั่ว และมีค่าความคงตัวของคอลลอยด์ (colloidal stability) ที่ดี ในวิธีนี้เครื่องดื่มจะประกอบด้วยถั่วทั้งเมล็ด (รวมทั้งเปลือก) น้ำ, น้ำตาล และสารปรุงแต่งกลิ่น โดยมีวิธีการเตรียมดังนี้คือ



<u>รูปที่ 2-3</u> อิทธิพลของสารเจือปนในการทำลายเอนไซม์ lipoxidase (24)

1. แช่และลวกถั่วทั้งเมล็ดในสารละลาย $NaHCO_3$ 0.5 %
2. นำถั่วมาบดกับน้ำ (หลังจากบดแล้วไม่ต้องกรองเอากากออก)
3. ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส
4. ผ่านเข้าเครื่องโฮโมจิไนซ์ (homogenizer)
5. เติมน้ำตาล, สารปรุงแต่งกลิ่น
6. นำไปพาสเจอร์ไรส์ (pasteurizing) และเข้าเครื่องโฮโมจิไนซ์อีกครั้ง

ในการทดลองนี้พบว่า การลวกถั่วเหลืองก่อนบดนั้นเป็นขั้นตอนที่สามารถป้องกันการเกิดกลิ่นถั่วและทำให้ได้เครื่องดื่มซึ่งมีกลิ่นรสดี และ trypsin inhibitor ก็ถูกทำลายลงในขั้นตอนการลวกนี้ (27)

การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองออกมาจากเมล็ดถั่วเหลืองโดยการใช้สารทำละลาย (solvent) นับเป็นการช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นถั่วได้ด้วย จึงมีการเตรียมแป้งถั่วเหลืองที่ปราศจากไขมัน โดยการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลืองด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ตามด้วยการใช้คลอโรฟอร์ม เพื่อสกัดฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และน้ำมันอื่น ๆ แป้งถั่วเหลืองที่สกัดไขมันโดยวิธีนี้ เมื่อนำไปเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสดี (28)

นอกจากนี้ มีผู้ศึกษาการป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วเหลืองโดยผสมผสานการใช้ความร้อนกับการแช่เมล็ดถั่วในแอลกอฮอล์ เพื่อทำลายเอนไซม์ไลพอกซิเดสในเมล็ดถั่ว ผลปรากฏว่าภาวะการแช่เมล็ดถั่วเหลืองที่สามารถทำลายเอนไซม์ไลพอกซิเดสอย่างมีประสิทธิภาพ จะอยู่ในช่วงที่ใช้แอลกอฮอล์ร้อยละ 15-45 ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง (29)

นอกจากนี้ยังมีการใช้จุลินทรีย์ในการกำจัดกลิ่นถั่ว ได้แก่ Lactobacillus brevis (30) รวมทั้งการใช้เอนไซม์อัลดีไฮด์

ดีไฮโดรจีเนส (aldehyde dehydrogenase) กำจัดกลิ่นถั่ว (31) และการใช้ถั่วเหลืองงอกเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งจะได้น้ำนมถั่วเหลืองที่มีกลิ่นรสดีและมีวิตามินสูงขึ้น (32)

2.2 <u>การเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองเข้มข้นโดยการระเหยในระบบสุญญากาศ</u> (vacuum evaporation)

การระเหยน้ำออกจากอาหารเหลวนับเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานที่สำคัญในอันที่จะให้อาหารเหลวนั้น ๆ มีความเข้มข้นสูงขึ้น ซึ่งจะมีประโยชน์ในด้านลดปริมาณของผลิตภัณฑ์ ยืดอายุการเก็บรักษา และยังเป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการผลิตอาหารแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย เพราะการระเหยน้ำออกจากอาหารเหลวก่อนเข้ากระบวนการทำแห้งนั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตอาหารแห้งสูงขึ้น

การระเหยในระบบสุญญากาศ มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน (33) คือ

- ภาชนะสำหรับบรรจุอาหารที่จะระเหย (evaporation vessel)
- แหล่งให้ความร้อน (heat source)
- เครื่องควบแน่น (condenser)
- vacuum pump

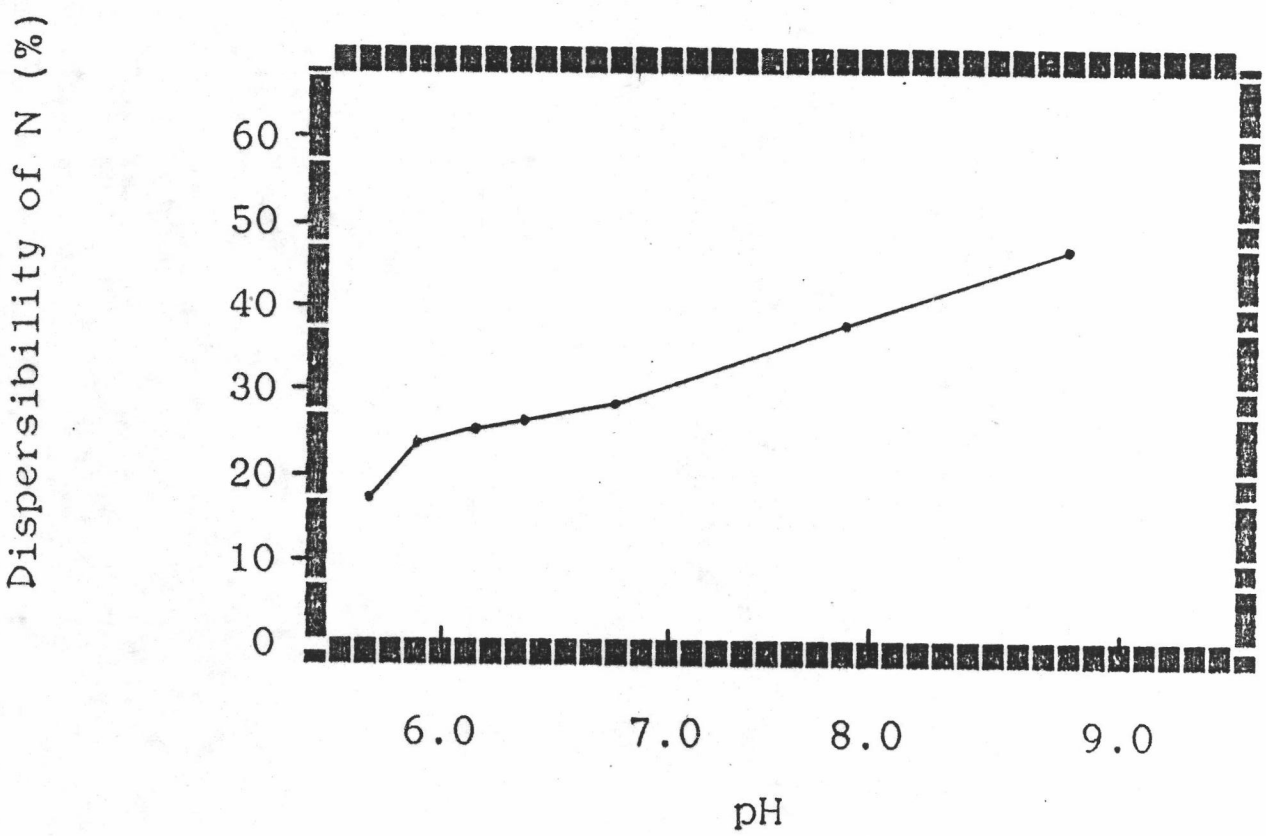
Lo และคณะ ทดลองทำน้ำนมถั่วเหลืองเข้มข้นโดยใช้เครื่องระเหยในระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิระหว่าง 65-75 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเมื่อน้ำนมถั่วเหลืองผงมีปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด (total solid) เท่ากับร้อยละ 27 น้ำนมถั่วเหลืองจะมีลักษณะเหนียว และเป็นเจล (gel) เขาพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างร้อยละ 15-25 ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด

2.3 การเตรียมนมถั่วเหลืองผง

Travalgini และคณะ ผลิตนมถั่วเหลืองผงในโรงงานขนาด pilot plant โดยมีกระบวนการผลิตดังนี้ แยกเอาเปลือกถั่วออก ต้มถั่วในน้ำร้อน 130 องศาเซลเซียสภายใต้ความดัน เหวี่ยงแยกเอากากออก ได้น้ำนมถั่วเหลือง นำมาทำให้เข้มข้นแล้วผ่านเข้าเครื่องโฮโมจีไนซ์ และอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะได้นมถั่วเหลืองผงซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ ความชื้นร้อยละ 3.0 โปรตีนร้อยละ 46.6 ไขมันร้อยละ 28.6 เถ้าร้อยละ 6.6 เส้นใยร้อยละ 0.8 และคาร์โบไฮเดรทร้อยละ 14.4 (34)

Ang และคณะ ได้เตรียมน้ำนมถั่วเหลืองโดยวิธีดังต่อไปนี้ ใช้น้ำสกัดเนื้อถั่วที่เอาน้ำมันออกแล้ว (defatted soymeal) ในอัตราส่วน 10 : 1 เติมน้ำตาลร้อยละ 12, น้ำมันปาล์มร้อยละ 2.0, อิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0.2, เลซิทินร้อยละ 0.2 จะได้น้ำนมถั่วเหลืองปริมาณของแข็งรวมร้อยละ 19.2 นำไปอบแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของ Niro แบบ rotary atomizer ที่อุณหภูมิเข้า 175 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิออก 65 องศาเซลเซียส, อัตราการป้อนตัวอย่าง 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, ความเร็วของเครื่องทำละอองฝอย 24,000 รอบต่อนาที และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Hedonic ผลปรากฏว่านมถั่วเหลืองผงที่เตรียมขึ้นจากถั่วทั้งเมล็ดได้รับคะแนนการยอมรับสูงว่านมถั่วเหลืองผงที่เตรียมจากเนื้อถั่วที่สกัดเอาน้ำมันออกแล้ว (35)

Fukushima และคณะ ได้ศึกษาปัจจัยทางเคมีและทางกายภาพในกระบวนการผลิตที่มีต่อการกระจายตัว (dispersibility) ของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผง โดยเตรียมนมถั่วเหลืองผงด้วยวิธีอบน้ำนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 16.5 ชั่วโมง พบว่าเมื่อ pH ของน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้น มีผลทำให้การกระจายตัวของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผงดีขึ้นดังรูปที่ 2-4 ส่วนอิมัลซิไฟเออร์และ EDTA มีผลเล็กน้อย สารที่มีผลมาก



รูปที่ 2-4 อิทธิพลของ pH ที่มีต่อการกระจายตัวของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผง (36)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต่อการกระจายของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผงคือ disulfide bond splitting agent เช่น Na_2SO_3, Cysteine เป็นต้น สำหรับ Cysteine นั้น เมื่อใส่ลงไป 0.001 M การกระจายตัวของโปรตีนจะสูงขึ้น และขึ้นสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของ Cysteine เท่ากับ 0.5 M ดังรูปที่ 2-5 เขาสรุปว่าสิ่งสำคัญที่ทำให้โปรตีนในนมถั่วเหลืองผงไม่ละลายน้ำนั้น มีสาเหตุมาจากการเกิด disulfide bond ของโปรตีน และ hydrophobic bond ระหว่างกระบวนการทำแห้ง (36)

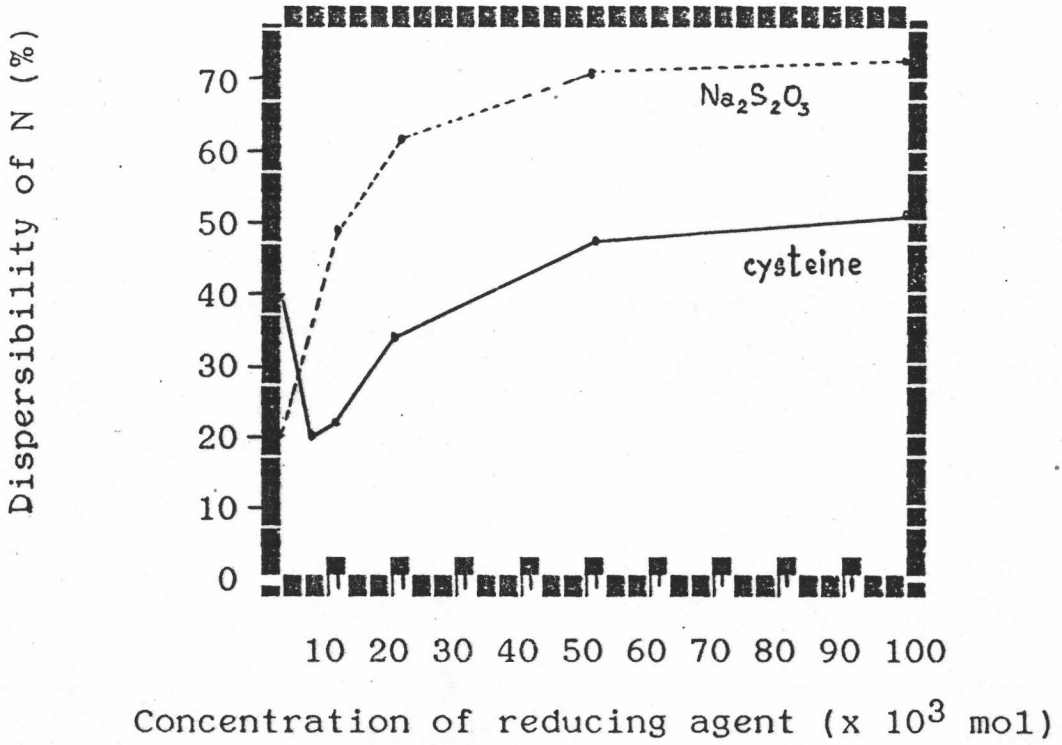
Aminlari และคณะ ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของโปรตีน (protein dispersibility index, PDI) ในนมถั่วเหลืองผง โดยเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองจากถั่วทั้งเมล็ด และน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ไม่มีการกรองเอากากออก (มีความเข้มข้นร้อยละ 12) นำมาทำเป็นผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยแบบ Necro-Niro Minor 53 โดยมีภาวะของการทำแห้งดังนี้

อัตราการป้อนเข้าเครื่อง	40 มิลลิลิตร/นาที
ความเร็วในการหมุนของหัวเหวี่ยงประมาณ	400 รอบ/นาที
อุณหภูมิเข้า	185 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิออก	90 องศาเซลเซียส

ปรากฏว่าการกระจายตัวของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผงจะสูงขึ้น เมื่อน้ำนมถั่วเหลืองถูกโฮโมจีไนซ์ (homogenize) ที่ความดันสูง และมีการเติมโซเดียมไบซัลไฟท์ลงไปในน้ำนมถั่วเหลืองก่อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (37).

2.4 <u>อิทธิพลของวัตถุเจือปนในอาหาร (food additives) ที่มีต่อการอบแห้งแบบพ่นฝอย</u>

ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย มักจะประสบปัญหาในระหว่าง



<u>รูปที่ 2-5</u> อิทธิพลของ reducing agent ที่มีผลต่อการกระจายตัวของโปรตีนในนมถั่วเหลืองผง (36)

การทำแห้งและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติในการละลายกลับสู่สภาพเดิมไม่ดี น้ำนมถั่วเหลืองซึ่งเป็นอาหารประเภทคอลลอยด์ (colloid) เมื่อนำมาทำเป็นผงก็พบปัญหาเช่นกันคือ เมื่อนำนมถั่วเหลืองผงไปละลายน้ำ จะขาดคุณสมบัติที่ดีในการกระจายตัว (dispersibility) และนมถั่วเหลืองคืนรูปจะมีการแยกชั้น เนื่องจากการสูญเสียความคงตัวของคอลลอยด์ วิธีในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นมีได้หลายทาง (38) ได้แก่

- การใช้ความร้อน เช่น forewarming
- การใช้วิธีทางเครื่องกล (machanic) เช่น การโฮโมจิไนซ์
- การใช้สารช่วยปรับปรุงกระบวนการการผลิตอาหาร

2.4.1 สารที่ช่วยในการทำแห้ง (drying aids)

เด็กซตริน, น้ำตาลแลคโตส, น้ำตาลทราย, corn syrup solid, gums และ milk solid เป็นสารช่วยในการทำแห้งของอาหารผงหลายชนิด เช่น กะทิผง, เครื่องดื่มผลไม้ผง, สารให้กลิ่นรสชนิดผง เป็นต้น โดยทำหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้แก่ผลิตภัณฑ์ (bodying agent) และห่อหุ้ม (encapsulate) ส่วนประกอบของอาหาร เช่น โปรตีนและไขมัน เป็นต้น ทั้งยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการละลาย (39)

Noznick และ Bundus ได้จดสิทธิ์ในการผลิตกะทิผง ซึ่งมีการเติม corn syrup solid ร้อยละ 1-25 ลงในน้ำกะทิ ก่อนนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิอากาศเข้า 149 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิออก 82 องศาเซลเซียส (40) นอกจากนี้มีผู้ทดลองเติมเด็กซตรินร้อยละ 5-15 ลงในน้ำกะทิที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30-40 และนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอย จะได้กะทิผงที่ร่วน (free flow) เมื่อนำไปละลายน้ำมีความคงตัวไม่มีการแยกชั้น และเมื่อใช้น้ำตาลแลคโตสหรือ sugar syrup แทนที่เด็กซตริน คุณภาพของกะทิผงที่ได้นั้นไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำกะทิผงไปประกอบอาหารก็ได้ผลเป็น

ที่ยอมรับของผู้บริโภค (41)

ในการเตรียมเครื่องดื่มผงจากน้ำผลไม้ธรรมชาติ มีการเติมเด็กซตรินร้อยละ 48 ลงในน้ำผลไม้เข้มข้น และนำไปทำเป็นผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ปรากฏว่าได้เครื่องดื่มที่มีการละลายที่ดี (42) และในการเตรียมสารปรุงแต่งกลิ่นรสชนิดผง มีการใช้เด็กซตรินเป็นตัวห่อหุ้ม (encapsulating agent) สารที่ให้กลิ่นรส เช่น lemon oil โดยใช้น้ำอุ่นผสมกับเด็กซตริน จากนั้นผสม lemon oil กับ Tween 80 ให้เข้ากัน แล้วเติมลงในสารละลายเด็กซตริน นำไปโฮโมจีไนซ์และอบแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผงที่มีลักษณะร่วน นำผงนี้ไปผสมกับน้ำตาลและกรดซิตริกเพื่อเป็นน้ำมะนาวชนิดละลายน้ำทันที (43)

2.4.2 <u>สารที่ทำให้คอลลอยด์เกิดความคงตัว (colloidal stability agent)</u>

สารทำให้คงตัวที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมนมและนมเทียม ได้แก่ เกลือฟอสเฟต และ Carrageenan (44)

1. เกลือฟอสเฟต สามารถทำให้เกิดการกระจายตัว (dispersion) และ peptization ของส่วนประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น โปรตีนในนมข้นหวาน และยังทำให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเมื่อทำเป็นผงแล้วมีการละลายที่ดี นอกจากนี้ยังทำหน้าที่สำคัญคือ ป้องกันการจับตัวของผลิตภัณฑ์ (prevention of caking) เกลือฟอสเฟตที่นิยมใช้มีหลายชนิด เช่น เกลือไดโปแตสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) เกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (Na_2HPO_4) และเกลือไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) ซึ่งกฎหมายเกี่ยวกับอาหารและยาในสหรัฐอเมริกาจัดว่าเกลือเหล่านี้มีความปลอดภัย (GRAS-generally recognized as safe)(44) สำหรับในประเทศไทยกฎหมายให้ใช้ได้ในปริมาณไม่เกิน 2,000 ส่วนในล้านส่วน (45)

2. Carrageenan เป็น gum ที่สกัดจากสาหร่ายทะเล มีส่วนประกอบทางเคมีเป็น sulfate polysaccharide ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ (polymer) ที่มีประจุลบ สามารถทำให้เกิด complex กับสารที่มีประจุบวก เช่น โปรตีน ทำให้โปรตีนมีความคงตัว ส่วนมากนิยมใช้ Carrageenan ในผลิตภัณฑ์ โดยใช้เป็น suspending agent ทำให้อาหารคงสภาพคอลลอยด์ (38)

2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เนื่องจากในปัจจุบัน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ยังมิได้ทำการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของนมถั่วเหลืองผง ดังนั้น ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำการทดลองนี้ จึงได้ทำการเปรียบเทียบนมถั่วเหลืองผงที่ผลิตได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมผง (standard for dried milk) (มอก.391-2524) ดังตารางที่ 2-3 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของ ADMI (American Dry Milk Institute) สำหรับนมผงธรรมดาจากการอบแห้งแบบพ่นฝอยดังตารางที่ 2-4 และเปรียบเทียบน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการละลายกลับสู่รูปเดิม (ตามอัตราส่วนที่กำหนด) กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำนมถั่วเหลือง (standard for soymilk or soya bean milk) (มอก.1018-2533) ดังตารางที่ 2-5 ซึ่งเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงที่สุด

ตารางที่ 2-3 คุณลักษณะที่ต้องการของนมผงธรรมดา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนมผง (มอก.391-2524) (46)

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1. ลักษณะทั่วไป	มีสีขาวหรือสีครีม ไม่เป็นก้อนแข็ง ปราศจากกลิ่นรสที่น่ารังเกียจ ฝุ่นผง สารพิษ หรือสิ่งแปลกปลอม
2. ความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)	ไม่เกิน 5.0
3. ค่าการละลาย (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ไม่เกิน 1.0

ตารางที่ 2-4 คุณลักษณะที่ต้องการของนมผงธรรมดา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของ ADMI (American Dry Milk Institute) (47)

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1. ลักษณะทั่วไป	มีสีขาวหรือสีครีม ไม่เป็นก้อนแข็ง ปราศจากกลิ่นรสที่น่ารังเกียจและสิ่งแปลกปลอม
2. ความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)	ไม่เกิน 3.0
3. ค่าการละลาย (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ไม่เกิน 1.0

ตารางที่ 2-5 คุณลักษณะที่ต้องการของน้ำนมถั่วเหลือง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำนมถั่วเหลือง (มอก.1018-2533) (48)

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1. ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลวเนื้อเดียวกัน
2. สี	มีสีธรรมชาติของน้ำนมถั่วเหลือง หรือส่วนประกอบที่ใช้ทำ
3. โปรตีน (Nx6.25) (ร้อยละของน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 2.0
4. ไขมัน (ร้อยละของน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 1.0
5. ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนัก)	ไม่น้อยกว่า 10.0