ตรวจเอกสาร

ถั่วเหลือง (Soy Bean)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Glycine max Merrill*

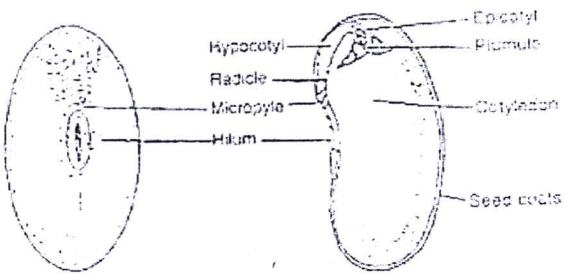
วงศ์ : *Leguminosae*

ชื่ออื่น ๆ : ถั่วพระเหลือง ถั่วเหลืองมะ ถั่วเน่า ถั่วแระ ถั่วหนัง (เหนือ)

ถั่วเหลืองของไทย ส่วนมากปลูกในแถบภาคเหนือและภาคกลาง ลักษณะของต้นถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสี่เหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว เป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ประกอบด้วยใบย่อยคล้ายรูปไข่ปลายแหลมมีลักษณะใบค่อนข้างหนาผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วัน เก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกช่อที่ข้อของต้นและกิ่ง ฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ด กลม ผิวสีเหลืองมัน ตาค่อนข้างเล็กสีน้ำตาลอ่อน จมูกของถั่วเหลืองมักมีสีน้ำตาล บางพันธุ์มีจมูกเป็นสีขาว ซึ่งแล้วแต่สภาพพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ปลูก (ณัฐวุฒิ, 2547)

โครงสร้างของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max Merrill* ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) เอ็มบริโอ (embryo) และส่วนที่เก็บสะสมอาหาร โดยที่เอ็มบริโอ ประกอบด้วย โคทีเลดอน (cotyledon) 2 ส่วน ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร (ประเสริฐ, 2527)



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดถั่วเหลือง

ที่มา : ประเสริฐ, 2527

การนำถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์นั้น จะเลือกเมล็ดที่แก่จัด ทั้งนี้เพราะในเมล็ดถั่วเหลืองแก่จะมี สารอาหารต่างๆ ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท 35% โปรตีน 50% ไขมัน 20% และในไขมันประกอบด้วยกรดไขมันต่างๆ เช่น ลิโนเลอิก (Linoleic) 50% โอเลอิก (Oleic) 30% ลิโนเลนิก (Linolenic) 7% และปาล์มมิติก (Palmitic) กับ สเตียริก (Stearic) 13% (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยัง ประกอบไปด้วยแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน A, B, B1, B2, B6, B12 ไนอาซีน วิตามิน C, D, E อีกด้วย (เปรมจิตต์, 2542)

ประโยชน์ทางยาใช้เป็นอาหารของคนที่เป็นเบาหวานที่อ้วน และคนไข้ที่ต้องฉีดอินซูลินทุกวัน ปัจจุบันแพทย์ได้ใช้ใยอาหารที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองลดความอ้วนและลดการใช้อินซูลินลงได้มาก หากกำหนดอาหารการกิน โดยให้เป็นอาหารที่ประกอบด้วยเมล็ดถั่วเหลือง และอาหารที่มีไขมันต่ำ ซึ่งสามารถลดความต้องการใช้อินซูลินได้ 25-100% (เปรมจิตต์, 2542)

เมล็ดถั่วเหลืองมีเลซิทิน (Lecithin) ซึ่งเป็นสารบำรุงสมอง เพิ่มความทรงจำ ลดไขมัน และโคเลสเตอรอลในร่างกาย ซึ่งสารนี้พบมากในถั่วเหลืองโดยเฉพาะบริเวณ ผิวหุ้มเมล็ด การขัดสีถั่วเหลืองเพื่อให้ได้นมถั่วเหลืองที่ขาวนวล จึงทำให้สูญเสียสารเลซิทิน ถั่วเหลืองใช้ประกอบอาหารได้หลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่รับประทานมังสาวิรัติและอาหารเจ ทำเนื้อเทียม นอกจากนี้ยังสามารถปั่นให้ได้น้ำมัน ที่เรียกว่าน้ำมันพืช (ถั่วเหลือง) นำเอาเมล็ดไปอบ บดเป็นผง ใช้ชงเป็นเครื่องดื่ม หรือจะเอาไปต้มน้ำตาล บดเป็นแป้งถั่วเหลืองใช้ทำขนมต่างๆ เช่น ขนมหม้อแกง ขนมเม็ดขนุน หรืออาจเพาะเป็นถั่วงอก ซึ่งจะได้ถั่วงอกหัวโตมีคุณค่าทาง อาหารสูง โดยเฉพาะให้วิตามินสูง ฝักสดสามารถต้มเป็นถั่วแระได้ (เปรมจิตต์, 2542)

นอกจากนี้ ยังสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ ประเภทเต้าหู้ เช่น เต้าหู้อ่อน เต้าหู้แท่งขาว เต้าหู้แท่งเหลือง ซึ่งใช้ประกอบอาหารได้นานาชนิดหรือจะใช้รับประทานกับข้าวต้ม ก็ได้ เช่น ประเภทเต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ และที่สำคัญสามารถทำเป็นนมถั่วเหลืองใช้แทนนมจากสัตว์ มีคุณค่าทางอาหารสูง ราคาถูก ใช้เลี้ยงทารกและดื่มบำรุงสุขภาพได้ (เรืองศรี, 2520)

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย

ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการปลูกกันในแถบ 18 จังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก จังหวัดต่าง ๆที่มีผลผลิตถั่วเหลืองมาก ได้แก่ ภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ กำแพงเพชร แพร่ เชียงราย ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ ลำปาง แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ เป็นต้น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น

เลย นครราชสีมา ศรีสะเกษ ขอนแก่น เป็นต้น ภาคกลาง เช่น สระบุรี ลพบุรี ภาคตะวันออก เช่น ปราจีนบุรี และภาคตะวันตก เช่น กาญจนบุรี เป็นต้น ผลการผลิตรวมของประเทศจะมีประมาณหนึ่งแสนตันเศษต่อปี โดยที่ในจำนวนนี้ส่วนใหญ่แล้วเป็นผลผลิตที่ได้มาจากจังหวัดทางภาคเหนือ ในด้านผลผลิตต่อไร่ของถั่วเหลืองของไทยพบว่าโดยเฉลี่ยมีอยู่ประมาณ 150 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยอาจแบ่งตามฤดูได้ 3 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง เป็นต้น (ประเสริฐ, 2527)

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

1. โปรตีน

ถั่วเหลือง เป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ ให้โปรตีนแก่ร่างกายในปริมาณที่เพียงพอ คือจะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 35 ส่วนในเนื้อสัตว์มีร้อยละ 17.6-23.6 โปรตีนในถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน ทั้ง 8 ชนิด (ตารางที่ 1) มีไลซีน (Lysine) สูง แต่มีเมทไธโอนีน (Methionine) และซีสทีน (Cysteine) ค่อนข้างน้อย ซึ่งสามารถทดแทนได้ด้วยอาหารจากธัญพืชและเนื้อสัตว์ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527)

โดยทั่วไปการบริโภคถั่วเหลืองผู้บริโภคก็มักจะคิดถึงสารอาหารโปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองเป็นลำดับแรก โปรตีนหลายชนิดรวมถึงโปรตีนถั่วเหลืองนั้นจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงโดยสภาวะต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เช่น แรงอัด ความร้อน และทางเคมี เช่น สภาวะความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอนุมูลโลหะหรือสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น ยังมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น ทำให้การละลายลดลง ขนาดโมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนไปและมีความหนืด เป็นต้น (ณัฐวุฒิ, 2547)

โปรตีนในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภท โกลบูลิน (Globulin) ไม่ละลายในสภาวะที่มีพีเอช อยู่ในช่วงที่เรียกว่า Isoelectric points ซึ่งเป็นจุดที่มีพีเอชประมาณ 4.2 – 4.6 แต่จะยังละลายได้ในกรณีที่มีการเติมเกลือของ Sodium หรือ Calcium Chloride ลงไป ถ้าพีเอชสูงหรือต่ำกว่าจุด Isoelectric pH Globulin ยังสามารถละลายได้ในสภาวะที่มีเกลืออยู่ และจากการทดลองใช้โปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดเอาน้ำออกแล้วนำมาละลายน้ำที่พีเอช 6.5 พบว่า ประมาณร้อยละ 85 ของ Nitrogeneous component จะละลายได้ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527)

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับปริมาณที่ FAO/WHO แนะนำ

กรดอะมิโน	FAO/WHO มก./ก. โปรตีน	ถั่วเหลือง มก./ก.โปรตีน
Isoleucine	40	37
Leucine	70	74
Lysine	55	59
Methionine + Cysteine	35	22
Phenylalanine + tyrosine	60	64
Threonine	40	42
Tryptophan	10	15
Valine	50	50

ที่มา : นิธิยา (2529)

2. ไขมัน

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณรองลงมาจากโปรตีนที่มีในถั่วเหลือง การสะสมปริมาณไขมันในถั่วเหลืองและปริมาณด้านส่วนประกอบของกรดไขมันในถั่วเหลืองเป็นผลมาจากคุณสมบัติของพันธุ์ถั่วเหลืองนั้น หรือสภาพแวดล้อมในช่วงสะสมไขมันในเมล็ดโดยเฉลี่ยแล้วไขมันในถั่วเหลืองของไทยจะมีไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 16 – 18 เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองของสหรัฐอเมริกาซึ่งมีไขมันสูงอยู่ในช่วงร้อยละ 18 – 20 (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2521)

ปริมาณของกรดไขมันในถั่วเหลืองจะประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว และมักจะมีอัตราส่วนค่อนข้างคงที่คือประมาณ 15 ต่อ 85 มีกรดไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคซึ่งพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 30 – 40 ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะเป็นพวก กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) และ กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) เป็นต้น ในส่วนของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งมีสูงถึงร้อยละ 85 โดยปริมาณนั้นจะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนจำนวน 18 อะตอมอยู่ และมีจำนวนของพันธะคู่แตกต่างกันไป คือกรดโอเลอิก (Olaeic acid), กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid), และกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid เป็นต้น) (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527) น้ำมันถั่วเหลืองจัดว่ามี

คุณภาพสูงกว่าน้ำมันที่ได้จากสัตว์และเมล็ดพืชชนิดอื่น ๆ เมื่อคิดเทียบราคาต่อ 1 หน่วยน้ำหนัก ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะกรด Linoleic ถึงร้อยละ 50 – 60 และกรด Linolenic ร้อยละ 6 – 8 (ประเทืองศรีและวิมลศรี, 2523) (ตารางที่ 2) และจัดเป็นน้ำมันที่สำคัญอันดับหนึ่ง มีปริมาณการใช้ประมาณ 1 ใน 4 ของน้ำมันพืชทั้งหมด ซึ่งมีค่าไอโอดีนสูงในช่วง 129 – 137 จึงสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับอาหารได้ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, 2521)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง

กรดไขมัน	**น้ำมันถั่วเหลือง (ร้อยละ)**
กรดไขมันอิ่มตัว	
Lauric acid (C 12 : 0)	0.1
Myristic acid (C 14 : 0)	0.3
Palmitic acid (C 16 : 0)	10.8
Stearic acid (C 18 : 0)	3.2
Arachidic acid (C 20 : 0)	0.1
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	
Oleic acid (C 18 : 1)	24
Linoleic acid (C 18 : 2 w-6)	54.4
Linolenic acid (C 18 : 3 w-3)	6.8

ที่มา : นิธิยา (2548)

3. คาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทที่พบในถั่วเหลืองอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 คาร์โบไฮเดรทที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrates) ส่วนใหญ่แล้วจะได้แก่น้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น

Disaccharide ได้แก่ Sucrose

Trisaccharide ได้แก่ Raffinose

Tetrasaccharide ได้แก่ Starchyose

ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ยังอ่อนจะพบน้ำตาลในรูปของ Monosaccharide คือ กลูโคส (Glucose) และน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar) อื่น ๆ ในปริมาณพอควรแต่จะลดลงจนไม่มีในสภาวะที่ถั่วเหลืองมีความแก่พอดี

3.2 คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำ (Water soluble carbohydrates of cotyledons) คาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำในส่วนที่อยู่ในใบเลี้ยง ส่วนใหญ่ก็ได้แก่ สารพวกที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อน ซึ่ง เป็นน้ำตาลที่มีหลายโมเลกุล ได้แก่ อะราบิแนน (Arabinan), อะราบิโนกาแล็คแทน (Arabinogalactan) และอาจรวมไปถึงสารในกลุ่มของ Pectin ด้วย ปริมาณที่แน่นอนของคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ละลายน้ำนี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัดแต่ก็เชื่อกันว่ามีปริมาณไม่สูงนัก (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2527)

สารอาหารคาร์โบไฮเดรทในถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นพวก Starchyose และ Raffinose จะต้องนำไปหมักก่อนจึงจะใช้ได้ (ประเทืองศรี และวิมลศรี, 2523) ถั่วเหลืองไม่มี Starch เลย ทำให้ถั่วเหลืองจัดเป็นอาหารที่เหมาะกับคนเป็นโรคเบาหวานอย่างยิ่ง และคาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองนั้นร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย (สมชาย, 2524)

4. แร่ธาตุต่าง ๆ

แร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ แคลเซียม ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกในร่างกาย ฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงประสาทและสมอง โปแตสเซียม ช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อต่าง ๆ และทำให้ร่างกายแข็งแรง เหล็ก ช่วยในการบำรุงโลหิต (ณัฐวุฒิ, 2547)

5. วิตามินต่าง ๆ

ถั่วเหลืองสดจะประกอบด้วย วิตามินเอ, บี1, บี2, ซี และดี นอกจากนี้ถั่วเหลืองเมล็ดแห้งยังเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินอี และ เค อีกด้วย (ณัฐวุฒิ, 2547)

คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีน ถั่วเหลืองมีไขมันประมาณร้อยละ 20 แต่มีโปรตีนถึงร้อยละ 40 (ประเสริฐ, 2527)

น้ำมันจากถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ แต่เป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันจำเป็น คือ กรดไลโนเลอิก และกรดไลโนเลนิก ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร โรคที่เกิดจากการขาดกรดไขมัน ได้แก่ ผิวหนังแห้งและตกสะเก็ด บาดแผลหายช้า ถ้าเป็นเด็กการเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก มีปัญหาเกี่ยวกับสายตาและการฟัง (ประเสริฐ, 2527)

ถั่วเหลืองมีโปรตีนสูง จึงเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนสำหรับบุคคลที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ โปรตีนในถั่วเหลืองจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ (ตารางที่ 3) ปัจจุบันพบว่าการบริโภคถั่วเหลืองในปริมาณที่มากพอ ร่างกายจะได้รับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการ (ประเสริฐ, 2527)

ตารางที่ 3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองใน 100 กรัมของส่วนที่กินได้

คุณค่าทางโภชนาการ		ถั่วเหลือง	โค
พลังงาน	(กิโลแคลอรี่)	411	268
ความชื้น	(ร้อยละ)	11.1	60.2
โปรตีน	(ร้อยละ)	34	17.9
ไขมัน	(ร้อยละ)	19	21.1
คาร์โบไฮเดรต	(ร้อยละ)	26.7	-
ใยอาหาร	(ร้อยละ)	4.7	-
เถ้า	(ร้อยละ)	4.8	0.7
แคลเซียม	(มิลลิกรัม)	245	10
ฟอสฟอรัส	(มิลลิกรัม)	900	200
เหล็ก	(มิลลิกรัม)	10	20
วิตามินบี 1	(มิลลิกรัม)	0.73	100
วิตามินบี 2	(มิลลิกรัม)	0.19	200

ที่มา : กองโภชนาการ (2535)

น้ำนมถั่วเหลือง

ปัจจุบัน การใช้ถั่วเหลืองผลิตน้ำนมถั่วเหลืองมีมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้ประชาชนเกิดความเข้าใจในคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองมากขึ้น ประกอบกับน้ำนมถั่วเหลืองยังสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแทนนมโคได้ดีพอสมควร ฉะนั้นเมื่อเทียบราคานมถั่วเหลืองกับนมโคแล้ว นมถั่วเหลืองมีข้อได้เปรียบด้านราคาค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามถึงแม้คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมถั่วเหลืองล้วนอาจด้อยกว่าน้ำนมโค แต่การที่ได้มีการปรับปรุงคุณภาพแล้วก็มีความเป็นไปได้ที่จะ

ให้ คุณภาพของน้ำนมถั่วเหลืองมีคุณภาพใกล้เคียงกับนมโคทั่ว ๆ ไป (ตารางที่ 4) โดยที่นมถั่วเหลืองมีราคาไม่แพง (วันชัย, 2530)

นมถั่วเหลืองเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจในการดูแลสุขภาพหรือต้องการควบคุมน้ำหนัก นมถั่วเหลืองจะให้แคลเซียมที่น้อยกว่านมโค แต่ให้เหล็กและวิตามินมากกว่า นมถั่วเหลืองเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากไขมันในนมถั่วเหลืองเป็นไขมันที่ช่วยลดคอเลสเตอรอล เพราะไขมันในถั่วเหลืองเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจึงไม่มีการสะสมในร่างกาย ทำให้ลดโอกาสการเกิดโรคหัวใจ นอกจากนี้นมถั่วเหลืองจะดีกว่านมโคตรงที่มีเส้นใยอาหารด้วย ซึ่งจะช่วยในด้านการขับถ่ายและป้องกันโรคทางเดินอาหาร (วันเพ็ญ, 2543)

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบน้ำนมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับนมโค 100 กรัม

ส่วนประกอบ		นมถั่วเหลือง	นมโค
น้ำ	(กรัม)	92.5	87.0
โปรตีน	(กรัม)	3.4	3.5
ไขมัน	(กรัม)	1.5	3.4
คาร์โบไฮเดรท	(กรัม)	2.1	4.9
เถ้า	(กรัม)	0.5	0.7
แคลเซียม	(มิลลิกรัม)	21	118
ฟอสฟอรัส	(มิลลิกรัม)	47	93
เหล็ก	(มิลลิกรัม)	0.7	0.1
ไทอามีน	(มิลลิกรัม)	0.09	0.04
ไรโบฟลาวิน	(มิลลิกรัม)	0.04	0.17
ไนอะซิน	(มิลลิกรัม)	0.30	1.0

ที่มา : วันเพ็ญ (2543)

ขั้นตอนในการทำน้ำนมถั่วเหลือง (วันชัย, 2530) คือ

1. นำถั่วเหลืองมาผ่านการคัดเลือก เมล็ดเสีย ลีบ เน่าและดำออกทิ้งไป รวมทั้งการคัดเลือกเอาสิ่งที่ไม่ต้องการอื่น ๆ ออกไปด้วย เช่น ดิน หิน โลหะและฝุ่น เป็นต้น
2. ล้างน้ำให้สะอาดเพื่อเอาฝุ่นละอองออกไป
3. แช่น้ำให้นิ่มพองตัว อุณหภูมิในการแช่ถั่วขึ้นอยู่กับความต้องการในการกำจัดกลิ่นถั่ว กล่าวคือ แช่ที่อุณหภูมิสูงกลิ่นถั่วจะลดลง และถ้าแช่ที่อุณหภูมิต่ำกลิ่นถั่วจะมีมากกว่าหรือในช่วง

นี้อาจใช้สารเคมีช่วย เช่น Sodium bicarbonate หรือ Sodium carbonate ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 0.5 เพื่อกำจัดสีของถั่วให้มีความขาวขึ้น การแช่ถั่วนี้จะใช้อัตราส่วนของถั่วต่อน้ำไม่น้อยกว่า 1 ต่อ 3

4. ล้างให้สะอาด และเป็นการกำจัดเอาเปลือกถั่วที่หลุดออกมาจากใบเลี้ยง ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ต้องการ เพราะไม่ให้สารอาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกาย

5. การบดให้ละเอียด อาจทำโดยการใช้โม่หินหรือเป็นเครื่องบดโดยใช้แรงฉุดของมอเตอร์ไฟฟ้าและมีประสิทธิภาพในการบดให้ละเอียด การบดจะใช้น้ำบางส่วนร่วมด้วย เพื่อทำให้การบดเป็นไปอย่างสะดวกและต่อเนื่อง อัตราส่วนของน้ำต่อถั่วเหลืองหลังจากบดแล้วอาจเป็นอัตราส่วน คือ 1 ต่อ 10

6. การกรองเอาส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก (กาก) เช่น ใช้ผ้าขาวบางกรอง ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีเครื่องกรองอยู่หลายแบบให้เลือกใช้ อาจเป็นชนิดที่ไม่ต่อเนื่อง (Batch) หรือชนิดต่อเนื่อง (Continuous)

7. การต้มให้สุก น้ำนมถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดออกมาแล้วจะนำมาต้มให้สุกก่อนเพื่อทำลายและหยุดยั้งปฏิกิริยาเคมีที่อาจจะเพิ่มขึ้นได้ เช่น กลิ่น รส ที่จะเปลี่ยนแปลงไป

8. การเติมแต่ง เนื่องจากน้ำนมถั่วเหลืองที่ได้ยังมีรสชาติและกลิ่นรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการยังไม่เป็นที่ยอมรับและดีเท่าที่ควร ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องนำมาปรับปรุงให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับนมโคให้มากที่สุด การเติมแต่งนี้จะใช้น้ำตาลทรายเพื่อให้รสหวาน

9. การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenization) นมถั่วเหลืองที่ผ่านการเติมแต่งด้วยสารดังกล่าวแล้วยังไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จึงจำเป็นต้องผ่าน Homogenization เพื่อให้เกิดลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน โดยเฉพาะไขมันที่เติมลงไป ก็จะทำให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในเนื้อนมโปรตีนที่อาจจับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ ก็จะถูกตีแตกให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกัน

10. การฆ่าเชื้อ (Heat treatment) นมถั่วเหลืองที่ได้จะผ่านการบรรจุในภาชนะซึ่งมีหลายแบบ เช่น ถุงพลาสติก ขวดแก้ว กล่องกระดาษ กระป๋อง เป็นต้น ทำให้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อแตกต่างกันไป การฆ่าเชื้อด้วยวิธี Sterilization ในภาชนะต่าง ๆ เช่น ขวดแก้วและกระป๋อง ส่วนในภาชนะที่เป็นกล่องกระดาษที่เรียกว่า tetra brix มักใช้วิธีที่เรียกว่า UHT คือ ใช้อุณหภูมิระหว่าง 135 – 140 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 – 6 วินาที แล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งสามารถเก็บในสภาพที่ปกติได้เป็นระยะเวลายาวนาน

การหมักถั่วเหลืองโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก

(Kanda *et. al.* 1976) กล่าวว่า น้ำนมถั่วเหลือง เป็นของเหลวสกัดจากถั่วเหลือง แต่นมถั่วเหลืองมีปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นเขียว จึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการบริโภคสำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับนมถั่วเหลือง จึงได้มีการศึกษาหาวิธีลดกลิ่นถั่วเหลือง คือ

1. การให้ความร้อนต่อเมล็ดถั่วเหลือง ก่อนหรือระหว่างการแปรรูปเพื่อเป็นการระงับการทำงานของเอนไซม์ Lipoxygenase หรือระงับขบวนการออกซิเดชันของไขมัน

2. การสกัดเอาไขมันออก เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นเขียว

3. การใช้กระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติกที่เหมาะสม ซึ่งวิธีนี้ได้ประสบผลสำเร็จมาแล้วในการใช้เชื้อรา เช่น *Rhizopus oligosporus, Aspergillus oryzae* ตลอดจนแบคทีเรีย *Bacillus natto*

วราวุฒิ และ รุ่งนภา (2532) กล่าวว่า ถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลสูงเกินไป อาจมีผลยับยั้งการเจริญของหัวเชื้อได้เนื่องจากผลของ Adverse osmotic ของสารถูกละลายในน้ำและผลของ Water activity ในโยเกิร์ต โดยทั่วไปปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในโยเกิร์ตไม่ควรเกินร้อยละ 10

Ariyama (1963) กล่าวว่าจากการศึกษาของนักวิจัยหลายคณะ ได้สรุปไว้ว่าเชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* ไม่สามารถใช้ซูโครสได้เลย ในการทดลองจึงต้องใช้เชื้อทั้งสองชนิดเพื่อให้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* ใช้น้ำตาลซูโครส ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ซูโครส จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญของ *Lactobacillus bulgaricus* ดังนั้นการสร้างกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์จะให้ดีและมีปริมาณสูงจำเป็นจะต้องใช้เชื้อทั้งสองชนิดร่วมกัน และยังได้เสริมอีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งรวม (Total solid) สูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะและความหนืดแตกต่างไปจากการใช้นมโคในการหมักโยเกิร์ต

Yomanaka และคณะ (1970) ได้ทดลองทำโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับนมโคและซูโครส และใช้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยมีการเติมกรดอะมิโนบางชนิดลงไปเพื่อปกปิดกลิ่นเหม็นเขียวจากถั่วเหลือง เช่น alanine, arginine , aspartic acid, sodium glutamate, lysine, methionine, glycine หรือจะทดแทนกรดอะมิโนดังกล่าวด้วย โพรลีน (proline) หรือส่วนผสมของโพรลีนกับอลานีน ก็จะได้ผลดีเช่นเดียวกัน

การสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลือง

เชื้อ *Streptococcus thermophilus* มีความสามารถในการสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองได้ดีกว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกชนิดอื่น ๆ โดย Matsuoka และคณะ (1967) พบว่า *Streptococcus thermophilus* สามารถผลิตกรดแลคติกได้ดีกว่า *Streptococcus lactis* และ *Lactobacillus bulgaricus* แต่ปรากฏว่าผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่ผลิตจากถั่วเหลือง (cheese – like product) มีสีดำคล้ำมากในระหว่างการบ่ม *Streptococcus thermophilus* จะสร้างกรดแลคติกได้ดีกว่า *Streptococcus cremoris* และ *Lactobacillus bulgaricus* อย่างไรก็ดี ผลจากการทดลองจากนักวิจัยหลายคณะ พบว่าปริมาณกรดที่ผลิตจาก *Streptococcus lactis* sub sp. *diacetylactis* นั้นมีปริมาณกรดเทียบเท่ากับกรดที่ผลิตได้จาก *Streptococcus thermophilus* (Kanda *et. al.* 1976)

Yamanaka and Furukawa (1970) ได้ทำการศึกษาการสร้างกรดแลคติกในนมถั่วเหลืองกับนมถั่วเหลืองผสมหางนม เปรียบเทียบกับการใช้หางนมชนิดต่าง ๆ ได้พบว่า *S. thermophillus, S. faecalis, L. acidophilus, L. bulgaricus, L. casei* จะสามารถสร้างกรดได้มากในนมถั่วเหลืองผสมหางนม โดยมีนมถั่วเหลืองมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ในส่วนผสม ส่วนในหางนมจะเกิดกรดได้น้อยกว่า เขาได้สรุปไว้ว่าความแข็งแกร่งของเคิร์ดจะยิ่งมากขึ้นตามปริมาณของนมถั่วเหลืองที่ใช้

Pinthong และคณะ (1980) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากนมถั่วเหลืองพบว่าเมื่อใช้เชื้อ *L. bulgaricus* บ่มในนมถั่วเหลืองที่มีกลูโคสอยู่ร้อยละ 1 และสารสกัดจากยีสต์ร้อยละ 0.1 จะได้นมเปรี้ยวที่มีความเป็นกรดอย่างเพียงพอ และผลการตรวจสอบรสชาติพบว่า นมถั่วเหลืองที่หมักด้วย *L. bulgaricus* มีรสชาติดีที่สุดและตรวจพบสารที่ระเหยได้ในระหว่างการหมักได้แก่ acetaldehyde, acetone, methanol, ethanol, n – pentanol, n- hexanol

รสชาติของนมถั่วเหลืองหมัก

Mital and Steinkraus (1976) รายงานการยอมรับของผู้บริโภค โดยการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างนมถั่วเหลืองที่เตรียมโดยวิธี hot – grind method กับนมถั่วเหลืองที่เตรียมจากแป้งสกัดไขมันโดยมีนมโคที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์เป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า hot – grind method มีกลิ่นไม่ดีเท่านมโค ส่วนนมถั่วเหลืองที่เตรียมได้จากแป้งสกัดไขมัน แล้วเติมด้วยนมถั่วเหลืองร้อยละ 2.5 และน้ำตาลทรายร้อยละ 2 มีความแตกต่างจากกลิ่นนมโคไม่มากนัก ซึ่งต่อมา Mital และคณะ (1977) ได้ศึกษาเรื่องรสชาติ เปรียบเทียบนมเปรี้ยวที่เตรียมจากนมถั่วเหลืองและที่เตรียมจากแป้งสกัดไขมัน กับนมเปรี้ยวจากนมโคล้วน ๆ พบว่า เคิร์ดนมเปรี้ยวจากนมถั่วเหลืองมีความเหนียว

แน่นกว่านมโค และมีรสชาติชวนรับประทานอีกด้วย และพบว่าการสร้างกรดจะดีขึ้นถ้ามีการเติมน้ำตาลทราย กลูโคส รวมทั้งการคัดเลือกแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่เหมาะสมด้วย

น้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลืองได้มาจากเมล็ดของถั่วเหลือง มีน้ำมันประมาณร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแห้ง วิธีแยกน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลืองใช้วิธีบีบหรือสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้ออกมาจะ นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (refining) การฟอกสี (Bleaching) การกำจัดกลิ่น (Deodorization) และอาจทำการให้ไฮโดรเจนเมื่อต้องการใช้ทำเนยเทียมและเนยขาว น้ำมันถั่วเหลืองยังใ ช้ผสมกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ ด้วย แต่ถูกอากาศและความร้อนสูงไม่ได้ น้ำมันถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดีจะ มีสีเหลืองอ่อน สีของน้ำมันถั่วเหลืองขึ้นกับการรีไฟน์ด่าง (Alkali refining) ซึ่งช่วยลดความเข้มของสีให้อ่อนลง น้ำมันถั่วเหลืองที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่มีคุณภาพไม่ดี เสียหายหรือเมล็ดแตก อาจทำให้ได้น้ำมันที่มีสีน้ำตาล ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนให้เป็นสีปกติได้โดยการรีไฟน์และการฟอกสี (นิธิยา, 2529)

น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่าการรีไฟน์และกำจัดกลิ่น จะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับทอดอาหาร น้ำสลัด เนยขาว เนยเทียมและใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง (นิธิยา, 2529)

สำหรับสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองตามมาตรฐาน มีดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (25 °ซ)	0.917 – 0.921
ค่าไอโอดีน (Wijs)	120 – 141
ค่าซาพอนิฟิเคชัน	189 – 195
สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง (%)	< 1.5
ค่าการหักเหของแสง (25 °ซ)	1.470 – 1.476

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

กรดไขมันที่มีชนิดไม่อิ่มตัวสูง ทำให้เกิดออโตออกซิเดชันและหืนได้ง่าย (นิธิยา, 2529)

การหืน (Rancidity)

การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นผิดปกติ และสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนไป ไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิด hydrolytic rancidity แล้ว ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการดมกลิ่น หรือชิมรส ต้องตรวจวิเคราะห์ทางเคมี คือ ต้องวิเคราะห์หากรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid Value (A.V.) (นิธิยา, 2545)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 0 3 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 248196
เลขเรียกหนังสือ

น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณ 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในรูปกรดโอเลอิกจะเริ่มสังเกตการหืนได้ (นิธิยา, 2548)

เนื่องจากถั่วเหลืองมีการหืนเกิดขึ้นได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเติมสารต้านการหืนลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อป้องกันไม่ให้อาหารเกิดการหืนได้เร็วสารนี้เรียกว่า สารต้านออกซิเดชัน (นิธิยา, 2545)

สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidants)

สารต้านออกซิเดชัน คือ สารที่มีสมบัติป้องกันหรือช่วยทำให้ไขมัน หรือน้ำมันเกิดการ หืนได้ช้าลง จึงเป็นสารที่เติมลงในไขมันหรือน้ำมัน และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมัน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ไขมัน น้ำมัน และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมัน
น้ำมันมีความคงตัว รักษาคุณลักษณะ กลิ่นและรสชาติไว้ได้นานขึ้น (นิธิยา, 2545)

หน้าที่สำคัญที่สุดของสารต้านออกซิเดชันในอาหาร คือ ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระอย่างต่อเนื่อง สารต้านออกซิเดชันบางชนิด เช่น วิตามินซีจะทำหน้าที่ต้านออกซิเดชัน โดยวิตามินซีจะถูกออกซิไดส์ก่อนสารอื่น (นิธิยา, 2548)

สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในอาหาร

สารต้านออกซิเดชันที่ใช้เติมลงในอาหารส่วนใหญ่เป็นสารเคมีสังเคราะห์ (นิธิยา, 2529) ได้แก่

1. Butylated hydroxyanisole (BHA) ซึ่งเป็นส่วนผสมของ 2-*tert*-butyl-4-hydroxy anisole และไอโซเมอร์ของมัน คือ 3-*tert*-butyl-4-hydroxyanisole
2. Butylated hydroxytoluene (BHT) หรือ 2,6-di-*tert*-butyl-4-methylphenol
3. เอสเทอร์ของ gallic acid คือ proryl gallate (PG)
4. Di-*tert*-butyl hydroxyquinone (TBHQ)

สารต้านออกซิเดชันดังกล่าวนิยมใช้มากในอาหารและได้รับการรับรองจาก US-FDA ว่าปลอดภัย

สำหรับสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก กรดตาร์ตาริก เลซิทิน และวิตามินอี (โทโคฟีรอล) ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ โทโคฟีรอล ชนิด แอลฟา- บีตา- แกมมา- และเดลตา-โทโคฟีรอล

โทโคฟีรอลเหล่านี้มี Vitamin E activity ลดลงเมื่อ แอลฟาถูกเปลี่ยนเป็นเดลตา แต่มี antioxidant activity เพิ่มขึ้น

สมบัติของสารต้านออกซิเดชันที่ดี ได้แก่

1. ต้องไม่มีโทษต่อร่างกาย
2. ไม่ทำให้ไขมัน น้ำมันหรืออาหารที่เติมสารต้านออกซิเดชันมีสี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนไป
3. ให้ผลในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นต่ำ
4. ละลายได้ดีในไขมันและน้ำมัน
5. ทนต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร
6. หาซื้อได้ทั่วๆไปและมีราคาถูก (นิธิยา, 2548)

โยเกิร์ต (Yoghurt)

โยเกิร์ต เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในผลิตภัณฑ์นมหมักทั้งหมด มีต้นกำเนิดในประเทศบังกลาเรีย แต่เดิมรู้จักโยเกิร์ตในรูปของ yoghurt ปัจจุบันกลุ่มคนที่นิยมบริโภคโยเกิร์ตมากที่สุดคือ กลุ่มชนที่อยู่ในรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ส่วนประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชียและยุโรปก็มีการบริโภคโยเกิร์ตมากเช่นกัน โยเกิร์ตถูกผลิตขึ้นจากน้ำนมของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เช่น ในยุโรปตะวันตกและยุโรปตะวันออกผลิตโยเกิร์ตจากนมโค ในตะวันออกกลางผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมแพะ และในประเทศอินเดียผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมกระบือ (ปิยทัศน์, 2530)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมหรือน้ำนมเพิ่มปริมาณของแข็ง โดยใช้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก เช่น *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* จุลินทรีย์จะสร้างกลิ่นรสและกรดแลคติกทำให้โปรตีนตกตะกอนเป็นลิ่ม โยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว และมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันมีการพัฒนาโยเกิร์ตในรูปแบบต่าง ๆ อาจมีการเพิ่มกลิ่นรสผลไม้ สารให้ความหวาน ลดปริมาณไขมัน หรืออาจผลิตในรูปโยเกิร์ตแห้ง และโยเกิร์ตแช่แข็ง (ปิยทัศน์, 2530)

ชนิดของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นในปัจจุบันมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะที่ใช้ในการจำแนก โดยสามารถจำแนกชนิดของโยเกิร์ตได้ ดังนี้

1. จำแนกตามปริมาณไขมันในโยเกิร์ต โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ
    1.1 โยเกิร์ตไขมันต่ำ (very low fat yoghurt)
    1.2 โยเกิร์ตไขมันปานกลาง (half fat yoghurt)

1.3 โยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yoghurt หรือ whole milk yoghurt)

ในบางประเทศอาจมีโยเกิร์ตไขมันสูง (full fat yoghurt หรือ cream yoghurt) สำหรับโยเกิร์ตไขมันต่ำผู้บริโภคมักมีความเข้าใจว่าเป็นโยเกิร์ตที่มีแคลอรี่ต่ำด้วย ซึ่งเป็นจริงเฉพาะโย เกิร์ตธรรมดาที่ไม่เติมผลไม้และกลิ่นรสเท่านั้น เว้นแต่จะใช้สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานแทนการใช้ซูโครส โยเกิร์ตจะมีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งเป็นต้นเหตุของโรคหัวใจ (Tamine และ Robinson, 1985)

นอกจากนี้ยังมีโยเกิร์ตแคลอรี่ต่ำ เป็นโยเกิร์ตที่ให้พลังงานต่ำกว่าปกติ โยเกิร์ตชนิดธรรมดาจะให้พลังงาน 250-335 กิโลจูลต่อ 100 กรัม ส่วนโยเกิร์ตแคลอรี่ต่ำที่ประกอบด้วยของแข็งปราศจ ากไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1 เปอร์เซ็นต์ และสารคงตัว 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์โยเกิร์ตชนิดนี้ให้พลังงานประมาณ 170 กิโลจูลต่อ 100 กรัม และได้มีการใช้เอนไซม์บีต้า-ดี กาแลคโตซิเดส ในการผลิตโยเกิร์ตชนิดแลคโตสต่ำ ซึ่งน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ชนิดนี้ทำให้มีความหวานมากขึ้นโดยไม่ต้องเติมน้ำตาล (Tamine and Robinson, 1985)

ประเภทของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตในทางการค้าแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือโยเกิร์ตจืด (plain or natural yoghurt) โยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยผลไม้ (fruit yoghurt) และโยเกิร์ตที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์ (flavored yoghurt) ซึ่งทั้ง 3 กลุ่มนี้ ได้ผลิตออกมาได้ทั้งแบบไม่ต้องกวน (set yoghurt) และแบบกวน (stirred yoghurt) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแบบที่กวนเป็นชนิดที่มีความนิยมมากกว่าแบบไม่กวน (Tamine and Robinson, 1985)

1. Plain yoghurt เป็นโยเกิร์ตแบบธรรมดาที่ไม่ได้เติมกลิ่นรส หรือผลไม้ลงไป โดยหลังจากผ่านกรรมวิธีในการผลิตแล้ว ก็บรรจุใส่ภาชนะได้เลย ซึ่งกลิ่นและรสจะเป็นไปโดยธรรมชาติ

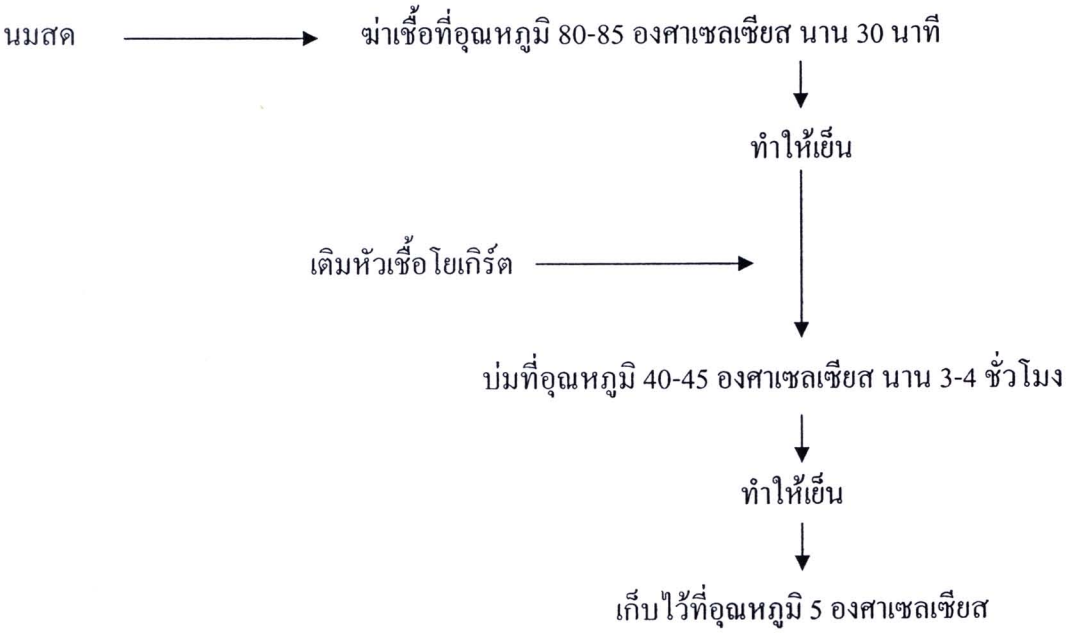
2. Fruit flavor yoghurt ที่นิยมเป็นมี 2 ชนิด คือ Swiss และ Sandae ชนิด Swiss จะมีโยเกิร์ตผลไม้และสีทั่วไปปนอยู่ในภาชนะ ชนิด Sandae จะมีผลไม้อยู่ที่ก้นภาชนะ แต่มีโยเกิร์ตอยู่บนผลไม้อีกชั้นหนึ่ง การทำ Fruit yoghurt ชนิด Swiss มักจะมีปัญหาเนื่องจากอาจมีแบคทีเรียปนเปื้อนที่เครื่องบรรจุผลไม้ และสารให้กลิ่นผลไม้ (Fruit flavoring) จะถูกทำให้มีรสชาติที่อ่อนลงด้วยโยเกิร์ตที่ผสมและจะทำให้สารกันบูดมีปริมาณเจือจางลงด้วย Fruit flavoring ที่นิยมได้แก่ Strawberry , Blue berry , Rasberry , Banana หรือแล้วแต่ผลไม้ที่จะหาได้ในประเทศนั้น ๆ แต่ถ้าเป็น Fruit yoghurt แบบ Sandae จะไม่มีปัญหาอะไรมากนัก เพราะผลไม้จะอยู่ก้นภาชนะอยู่แล้ว

ส่วนแบบ Swiss นั้นจะต้องผสมผลไม้กับโยเกิร์ตก่อนจึงบรรจุลงในภาชนะ ทำให้เกิดปัญหาดังที่กล่าวมาแล้ว

3. Liquid Yoghurt หรือ Drinking Yoghurt เป็นโยเกิร์ตที่ได้จากการนำโยเกิร์ตแบบธรรมดามาผสมกับน้ำผลไม้ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ผสมให้เข้ากันแล้วผ่านการโฮโมจิไนซ์ จากนั้นบรรจุและเก็บในอุณหภูมิห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

จุลินทรีย์เริ่มต้นที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต (yoghurt starter bacteria)

จุลินทรีย์เริ่มต้นที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus bulgaricus* แต่ละชนิดอาจใช้ 1 สายพันธุ์หรือมากว่า 1 สายพันธุ์ก็ได้ จุลินทรีย์สองชนิดนี้จะอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (ปรียา, 2528) ส่วนขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้ออาจเตรียมได้ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อ

ที่มา : มนัส (2534)

แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria)

แบคทีเรียแลคติก หมายถึงแบคทีเรียจำพวก *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* และ *Streptococcus* แบคทีเรียแลคติกมีแหล่งอาศัยอยู่ทั่วไป มีประโยชน์ใน

การหมักผลไม้และผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกมีความสามารถในการเจริญเติบโตในสภาพต่าง ๆ ได้ เช่น ในสภาวะที่เป็นกรด เป็นด่าง ในสภาวะที่มีอากาศหรือไม่มีอากาศ เป็นต้น (ปรียา, 2528)

คุณสมบัติของแบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติก มีรูปร่างเป็นแท่งสั้นและยาว แกรมบวก ไม่มีสปอร์และรูปร่างกลมเดี่ยวหรือเกาะกันเป็นคู่ หรือเรียงตัวกันเป็นสายและในบางกรณีอาจจะมีเซลล์เกาะติดกัน 4 เซลล์ เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกมีรูปร่างกลม หรือรูปแท่งขนาดสั้น ดังนั้นการจำแนกชนิดจึงทำได้ค่อนข้างยาก และรูปร่างของเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อเป็นต้น แบคทีเรียแลคติก ไม่สามารถสังเคราะห์ heme ไม่มีเอนไซม์แคททาเลส ต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโต เช่น วิตามินบีและกรดอะมิโน ต้องการอาหารที่มีแป้งที่ใช้หมักได้ เช่น โคโลนีมีขนาดเล็ก สามารถทนต่อกรดได้ดี ชอบอาศัยอยู่ในแหล่งที่มีสารอาหารที่ใช้หมักได้ เช่น พืช สัตว์ นมและผลิตภัณฑ์นม โพรงจมูกและสิ่งปฏิกูล เป็นต้น (ปรียา, 2528)

แบคทีเรียแลคติก มีคุณสมบัติในการหมักแป้งให้กลายเป็นกรดแลคติกได้ และบางชนิดสามารถผลิตสารอื่น ๆได้ด้วย เช่น กรดอะซิติก เอทานอล หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ (ปรียา, 2528)

แบคทีเรียแลคติกหลายชนิดเจริญเติบโตได้ไม่ดีในอากาศร้อน เชื้อเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาพที่มีอากาศอยู่เพียงเล็กน้อย และในสภาพที่ไม่มีอากาศอยู่เลย นอกจากนี้ยังมีบางชนิดอาจใช้ออกซิเจนได้ (ปรียา, 2528)

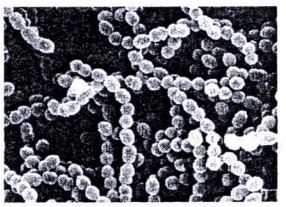
1. *Streptococcus thermophilus*

S. thermophilus เป็นแบคทีเรียแลคติก รูปร่างกลม (ภาพที่ 2) จึงมักเรียกกันในทางอุตสาหกรรมว่า ค๊อกคัส (coccus) พบต่อกันเป็นสาย สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 49 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ (ไม่เจริญที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส) เมื่ออยู่เดี่ยว ๆ จะสร้างกรดทำให้โปรตีนในน้ำนมตกตะกอนได้ดี แต่ปริมาณกรดที่สร้างขึ้นนั้นค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียแลคติกอื่น ๆ และสร้างเอนไซม์บีต้า-กาแลคโตซิเดส มาย่อยแลคโตสเป็นกลูโคสกับกาแลคโตส และสามารถผลิตเอนไซม์ยูรีเอสมาย่อยสลายยูเรียในน้ำนม ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย นอกจากนี้ *S. thermophilus* ยังผลิตแคปซูล และผลิตเมือกภายนอกเซลล์ซึ่งเป็นโพลิแซ็กคาไรด์ ช่วยให้โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีลักษณะเนื้อที่เนียนขึ้น ทำให้ผลไม้กระจายตัวได้ดีในโยเกิร์ต (นภา, 2534)

S. thermophilus มีคุณลักษณะ อีก 2 ประการ ที่ทำให้แบคทีเรียชนิดนี้อาจถูกยับยั้งในระหว่างการหมัก คือ

1.1. แบคทีเรียชนิดนี้มีความไวต่อเพนนิซิลินมากรวมทั้งสารปฏิชีวนะอื่นๆ ด้วย ฉะนั้นก่อนที่จะนำน้ำนมมาผลิตโยเกิร์ตควรตรวจสอบสารปฏิชีวนะมิฉะนั้นสารปฏิชีวนะในน้ำนมอาจยับยั้งการเจริญของ *S. thermophilus*

1.2. แบคทีเรียชนิดนี้อาจถูกยับยั้งในสภาพที่มีเกลือ 2.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในเนยแข็ง และประการสุดท้าย ในสภาพที่ความเข้มข้นของซูโครสสูงกว่า 4.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการผลิตกรดของ *S. thermophilus* ได้ (นภา, 2534)

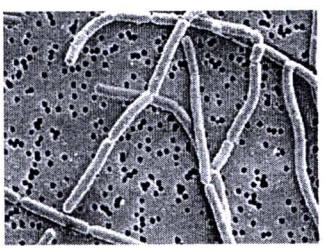


ภาพที่ 2 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรีย *Streptococcus thermophilus*

ที่มา : http://www.unibas.it/utenti/parente/Starter/gruppi.html, 16 มกราคม 2550

2. *Lactobacillus bulgaricus*

L. bulgaricus เป็นแบคทีเรียแลคติกรูปแท่ง (ภาพที่ 3) จึงมักเรียกว่า ร้อด (rod) อาจพบอยู่เป็นคู่หรือต่อกันเป็นสาย แบคทีเรียชนิดนี้ทนความร้อนได้ดี มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 45 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดประมาณ 43-46 องศาเซลเซียส *L. bulgaricus* ชอบเจริญในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย หรือเจริญได้ดีในสภาพที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นในช่วงแรกของการหมัก *L. bulgaricus* จะเจริญอย่างช้า ๆ จนกว่าออกซิเจนจะถูกใช้หมดไปโดยแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ และแบคทีเรียชนิดนี้สามารถผลิตเมือกภายในเซลล์ ซึ่งเป็นโพลิแซ็กคาไรด์ เช่นเดียวกับ *S. thermophilus* ช่วยทำให้ได้โยเกิร์ตมีเนื้อเนียนและข้น (นภา, 2534)



ภาพที่ 3 รูปร่างลักษณะของแบคทีเรีย *Lactobacillus bulgaricus*

ที่มา : http://bioweb.usu.edu/emlab/current%20news.html, 16 มกราคม 2550

ขั้นตอนของการผลิตโยเกิร์ต มีดังนี้

1. เตรียมนมโคที่รีดจากแม่โค (raw milk) ที่มีคุณภาพดี รสดี ต้องเป็นนมที่ไม่รีดจากเต้านมที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ (mastitis milk) และต้องเป็นนมที่ปลอดจากยาปฏิชีวนะ อาจใช้นมคืนรูปหรือใช้นมแพะ หรือนมกระบือก็ได้ (ทองยศ, 2527)

2. ปรับมาตรฐานน้ำนมทั้งหมดที่ 18 เปอร์เซ็นต์ นมโคปกติจะมีธาตุน้ำนมทั้งหมดประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ จะต้องปรับให้ถึง 18 เปอร์เซ็นต์ โดยการระเหยเอาน้ำออกหรือเติมนมผงก็ได้ (ทองยศ, 2527)

3. น้ำนมที่ผ่านการปรับมาแล้วนำมาผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำนมในด้านการเป็นอิมัลชั่นที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถทำได้โดยให้นมผ่านเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) (ภาพที่4) ภายใต้ความดันสูง ภายหลังการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจะทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้หลังการหมักมีเนื้อเนียนมากขึ้น มีกลิ่นรสที่เป็นครีม และช่วยลดการเกิดครีมที่ผิวหน้า หรือการแยกชั้นของหางน้ำนม (wheying-off) (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

4. พาสเจอร์ไรซ์นม ตามปกติวัตถุประสงค์ของการพาสเจอร์ไรซ์นม เพื่อฆ่าเชื้อเพียงอย่างเดียว แต่กรณีของการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อนำไปทำนมเปรี้ยวนี้นอกจากเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์แล้วยังต้องการให้เคิร์ดของนมเปรี้ยวแข็งแกร่งอีกด้วย (ทองยศ, 2527)

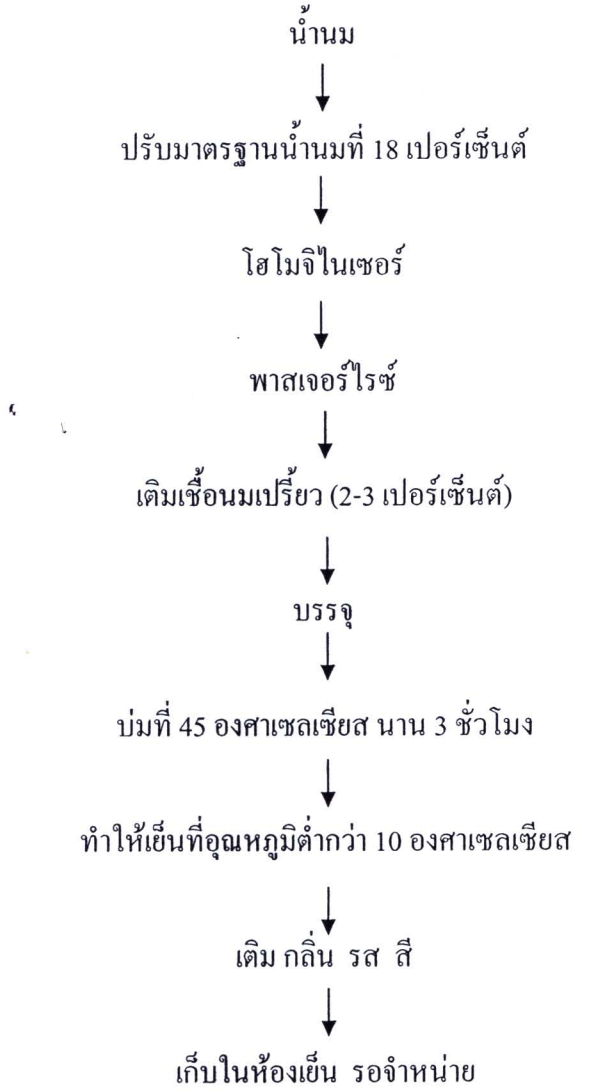
5. การเติมเชื้อนมเปรี้ยว (Inoculation of mother culture) เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้หมักโยเกิร์ตนี้เป็นเชื้อผสมเรียก mother คือเชื้อผสมระหว่าง *S. thermophilus* กับ *L. bulgaricus* เติมเชื้อนมเปรี้ยวในอัตราส่วน 2 - 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4) คนให้เข้ากันบรรจุส่วนที่เติมเชื้อแล้วในขวดหรือภาชนะที่สะอาด ปิดฝาให้แน่นพอให้อากาศผ่านเข้าออกได้ (ทองยศ, 2527)

6. การบ่มขวดนม (Incubation of bottles) นำขวดไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงหรือจนกว่านมจะเกิดเคิร์ดขึ้นมา (ทองยศ, 2527)

7. การทำนมเปรี้ยวให้เย็น (Cooling of yoghurt) เพื่อควบคุมกิจกรรมของหัวเชื้อและเอนไซม์ โดยทำให้มวลที่ตกตะกอนเย็นลงจากอุณหภูมิ 30- 42 องศาเซลเซียส ให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (ดีที่สุดประมาณ 5 องศาเซลเซียส) ทันทีเพื่อควบคุมความเป็นกรดสุดท้ายในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากที่อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส สามารถลดกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตได้ (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)

8. การเติมองค์ประกอบที่ให้กลิ่น รสและสี (addition of flavoring and colouring ingredients) เพื่อเพิ่มความนิยมให้แก่ผู้บริโภค สารปรุงแต่งที่ใช้เติมลงในโยเกิร์ต ได้แก่ สารให้กลิ่น สี และสารประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำผึ้ง ถั่วต่าง ๆ มะเขือเทศ เป็นต้น ในทางอุตสาหกรรม

นิยมทำให้โยเกิร์ตเย็นลงที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปผสมกับผลไม้หรือกลิ่นรส จากนั้นจึงบรรจุและเก็บในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป (วราวุฒิ และ รุ่งนภา, 2532)



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตทั่วไป

ที่มา : ทองยศ (2527) และ วราวุฒิและรุ่งนภา (2532)

คุณภาพทางกายภาพของโยเกิร์ต

ลักษณะของโยเกิร์ต

ลักษณะของโยเกิร์ตที่ดีต้องสังเกตได้ (ทองยศ, 2527) ดังนี้

1. เคิร์ดของนมเปรี้ยวต้องเป็นเคิร์ดที่แข็งไม่อ่อนเหลว

2. เคิร์ดของนมเปรี้ยวต้องไม่หดตัว แยกกันอยู่ต่างหาก

3. นมเปรี้ยวต้องไม่เปรี้ยวเกินไป ไม่มีรสฝาด รสขมหรือรสอื่นใด

ความบกพร่องของนมเปรี้ยว (Defects of yoghurt)

การเตรียมโยเกิร์ตบางครั้งอาจพบปัญหาต่าง ๆ (ทองยศ, 2527) ดังนี้

1. เคิร์ดไม่แข็งตัว เมื่อบ่มครบกำหนดเวลาแล้ว อาจเป็นเพราะนมที่ใช้เป็นนมขาดแคลเซียม เช่น นมที่รีดจากเต้านมที่เป็นโรคเต้านมอักเสบหรือเป็นนมที่มีสารปฏิชีวนะปนในนม

2. เคิร์ดที่เกิดขึ้นไม่แข็งแรง (Soft curd หรือ weak curd) อาจเป็นเพราะเชื้อที่ใช้ทำสตาร์ชเตอร์อ่อนแอ (หรือเก่า) เกินไป หรืออาจเกิดจากการให้ความร้อนแก่นมสูงและนานเกินไป

3. นมเปรี้ยวที่ได้มีรสอื่นปนมาด้วย เช่น รสเฝื่อน รสขม อาจเป็นเพราะเชื้อที่ใช้ไม่บริสุทธิ์

4. เคิร์ดที่เกิดขึ้นเป็นเคิร์ดที่ไม่แข็งแรง และไม่เปรี้ยว อาจเป็นเพราะเชื้อที่ใช้ไม่บริสุทธิ์

5. เคิร์ดที่เกิดขึ้นแยกออกจากน้ำและหดตัวเป็นก้อน ๆ อาจเป็นเพราะการคนนมแรงและนานเกินไป

การศึกษาด้านจุลินทรีย์

เชื้อโยเกิร์ตประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ *Streptococcus thermophilus* และ Lactobacillus *bulgaricus* สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิ 40 – 46 องศาเซลเซียส ในระหว่างการหมัก

Lactobacillus bulgaricus จะย่อยสลายโปรตีนจะได้กรดอะมิโนโดยเฉพาะฮีสติดีน (Histidine) ซึ่งกระตุ้นการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* ในทำนองเดียวกัน *Lactobacillus bulgaricus* จะผลิตกรดฟอร์มิก ซึ่งส่งเสริมการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* (Tamime and Robinson, 1985) และยังทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัวด้วย (นภา, 2534)

กรดแลคติกที่ได้เป็นส่วนสำคัญในการทำโยเกิร์ต คือ

1. กรดแลคติก ทำให้ casein micelles เปลี่ยนสภาพจากสารแขวนลอยซึ่งอยู่ในรูป calcium – caseinate – phosphate – complex (CCPC) แตกตัวเป็น casein complex, calcium lactate, calcium phosphate ดังสมการ

CCPC + lactic acid ⟶ casein complex + calcium lactate + monocalcium phosphate

เมื่อปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการบ่ม (ตารางที่ 5) casein micelles ก็จะสูญเสียธรรมชาติ สูญเสียแคลเซียมไปเรื่อย ๆ จนทำให้เสียสมดุลของธาตุแคลเซียมใน casein มากขึ้นและจะเกิด curd ขึ้น

2. กรดแลคติกทำให้โยเกิร์ตมีกลิ่นรสเฉพาะตัวของโยเกิร์ต ในเรื่องรสชาติและกลิ่น เช่น ทำให้เกิดความเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม (บุญจันทร์, 2530: ประกาย, 2526)

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ของกรดแลคติกกับระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มโยเกิร์ต

เวลา (ชั่วโมง)	กรดแลคติก (เปอร์เซนต์)	พีเอช
0	0.2040	6.0
0.5	0.2134	5.8
1.0	0.2471	5.7
1.5	0.3155	5.5
2.0	0.1475	5.4
2.5	0.5873	4.9
3.0	0.6706	3.5

ที่มา : บุญจันทร์ (2530)

การเก็บรักษาคุณภาพของโยเกิร์ต (keeping qualities)

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดแลคติกในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง แม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไป สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลายและโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้น ในการผลิตจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ต รวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย (ลัดดาวัลย์, 2532)

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นแล้วมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้

ถูกต้อง รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพ ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ของโยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและยังเป็นการเพิ่มความนิยมในผลิตภัณฑ์ประเภทโยเกิร์ตด้วย (ลัดดาวัลย์, 2532)

การเก็บรักษาคุณภาพโยเกิร์ต (Keeping qualities)

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง แม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลายและโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้นในการผลิตจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ต รวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย (รำพรรณ, 2544)

ในปัจจุบันโยเกิร์ตที่ผลิตขึ้นล้วนมีการพัฒนาปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นการใช้วัตถุดิบต่างๆที่มีคุณภาพ การควบคุมกรรมวิธีการผลิตให้เป็นไปตามที่ตั้งไว้ รวมทั้งการใช้หัวเชื้อที่มีคุณภาพ จึงมีความสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (รำพรรณ, 2544)

การปรับปรุงคุณภาพโยเกิร์ตให้เก็บได้นาน

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุสั้น นอกจากจะเก็บไว้ในที่ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ในการผลิตอาจจะใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยยืดอายุของโยเกิร์ตได้ คือ

1. การทำพาสเจอร์ไรซ์โยเกิร์ต เพื่อลดจุลินทรีย์ประเภท ยีสต์ รา และแบคทีเรีย ที่ผลิตกรดแลคติกและยับยั้งการทำงานของเชื้อรา เป็นวิธีการโดยใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำลายเฉพาะจุลินทรีย์ที่ไม่ทนความร้อนและทำให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษยแต่ในขณะเดียวกันก็ยังคงรักษาคุณภาพของอาหารไว้ไม่ให้สูญเสียไปกับความร้อนและยังรักษารสชาติของอาหารไว้ได้ดี (นวลจิตต์, 2542)

การทำพาสเจอร์ไรซ์ทำได้ 2 วิธี

1.1 การให้ความร้อนต่ำและเวลานาน คือ ความร้อนที่อุณหภูมิ 62.9 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาทีต่อเนื่องกัน

1.2 การให้ความร้อนสูง คือ ความร้อนที่อุณหภูมิ 71.6 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ต่อเนื่องกัน (นวลจิตต์, 2542)

2. ทำการแช่แข็ง วิธีนี้เหมาะกับโยเกิร์ตคนสำเร็จ อุณหภูมิที่ใช้จะทำให้โยเกิร์ตแข็งตัวอย่างรวดเร็วที่ 10-18 องศาเซลเซียส เนื่องจากพวกจุลินทรีย์ไม่ได้ถูกทำลาย เพียงแต่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตในระหว่างการแช่แข็ง (นวลจิตต์, 2542)

3. ผลิตโยเกิร์ตจากกรดสังเคราะห์ อาจจะใช้กรดสังเคราะห์เพียงบางส่วนหรือใช้กรดแลคติกโดยตรง เพื่อทำให้น้ำนมเกิดการจับตัวเป็นก้อน จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บได้นานขึ้น แต่ผู้บริโภคที่คุ้นเคยกับรสของโยเกิร์ตธรรมชาติแล้วจะไม่ค่อยยอมรับโยเกิร์ตที่ผลิตโดยวิธีนี้ (นวลจิตต์, 2542)

ประโยชน์ของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูงกว่านมสด โดยเฉพาะโปรตีนเคซีนจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้มาก เนื่องจากถูกย่อยสลายได้ง่ายกว่าโปรตีนในนมโคถึง 2 - 3 เท่า เนื่องจากแบคทีเรียที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะช่วยสลายสารเคซีนไปบางส่วน จึงอยู่ในสภาพที่ร่างกายย่อยได้ง่าย ทำให้ดูดซึมไปใช้ได้มาก นอกจากนี้โยเกิร์ตยังมีแคลเซียมในปริมาณค่อนข้างสูง จึงช่วยเสริมกระดูกและฟันให้แข็งแรง รวมทั้งมีกรดแลคติกที่ช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดียิ่งขึ้น (บัญญัติ, 2535) นอกจากมีคุณค่าทางอาหารเหมือนนมสดแล้ว แลคโตสในน้ำนมจะ ถูกย่อยไปแล้วส่วนหนึ่งทำให้เหมาะกับผู้ที่มีปัญหาLactose malabsorption หรือ Lactose intolerance (มนัส, 2534) ไพโรจน์ (2535) รายงานว่า องค์ประกอบทางคุณค่าอาหารของโยเกิร์ตประกอบด้วย ไขมัน 1.66 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 3.45 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 5.15 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 0.75 เปอร์เซ็นต์ และของแข็งทั้งหมด 10.98 เปอร์เซ็นต์

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตในผลิตภัณฑ์ หลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต จุลินทรีย์โยเกิร์ตต้องยังคงมีชีวิตอยู่และสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ ในสภาวะที่เหมาะสมจุลินทรีย์โยเกิร์ตสามารถทำหน้าที่และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค จึงส่งผลให้โยเกิร์ตได้ชื่อว่า "อาหารมหัศจรรย์" (miracle food) สำหรับวัยรุ่น ผู้สูงอายุ ผู้รักสุขภาพหรือผู้ที่สนใจอาหารธรรมชาติ (Fuller, 1995)

ข้อดีของแบคทีเรียกรดแลคติกคือ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ การย่อยสลายแลคโตส ลดอาการท้องร่วงรุนแรง ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ต่อต้านมะเร็งบางชนิด เพิ่มภูมิคุ้มกัน และการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Gilland, 1990)

1. คุณค่าทางโภชนาการ (nutrition value) โยเกิร์ตเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่มีพลังงาน และไขมันต่ำ (จำแนกตามปริมาณไขมันนม) อุดมด้วยแคลเซียม และโปรตีนนม คือ

เคซีน และโปรตีนเวย์ ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนอิสระหลายชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมพบว่า โยเกิร์ตมีโปรตีนสูงกว่าน้ำนม เนื่องจากส่วนประกอบที่เติมลงในน้ำนมที่ใช้ผลิตหรือในโยเกิร์ตโดยตรง และอันเกิดจากการหมักจุลินทรีย์โยเกิร์ต (Deeth and Tamine, 1981) ซึ่งจะแสดงคุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต และน้ำนมดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต และน้ำนม

องค์ประกอบ	น้ำนม		โยเกิร์ต		
(หน่วย / 100 กรัม)	ธรรมดา	พร่องมันเนย	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ	รสผลไม้
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	66	33	79	56	90
โปรตีน (กรัม)	3.2	3.3	5.7	5.1	4.1
ไขมัน (กรัม)	3.9	0.1	3.0	0.8	0.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.8	5.0	7.8	7.5	17.9
แคลเซียม (กรัม)	115	120	200	190	150
ฟอสฟอรัส (กรัม)	92	95	170	160	120
โซเดียม (กรัม)	55	55	80	83	64
โพแทสเซียม (กรัม)	140	150	280	250	210
สังกะสี (กรัม)	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5

ที่มา : Tamine and Robinson (1999)

2. ความสามารถในการย่อย (digestibility) การบริโภคโยเกิร์ตแล้วพบว่า ย่อยได้ง่ายกว่าน้ำนม เนื่องมาจากอนุภาคของเคิร์ดจะไปกระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ในการย่อยของต่อมน้ำลาย อีกทั้งในโยเกิร์ตมีปริมาณเปปไทด์ (peptide) และกรดอะมิโนอิสระมากกว่าในน้ำนม เนื่องมาจากการย่อยของแบคทีเรียกรดแลคติกได้ย่อยแลคโตสไปก่อนแล้วเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณทั้งหมดให้เป็นกรดแลคติก ส่วนที่เหลือจุลินทรีย์ก็ทำการย่อยแลคโตสต่อจนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือกลูโคส และกาแลคโตส ซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่ลำไส้เล็กได้ (Deeth and Tamine, 1981)

3. การใช้ทางด้านโภชนบำบัด (therapeutic use) การนำโยเกิร์ตมาใช้ในการบำบัดมีได้หลายกรณี เช่น

ก) การปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยการลดแบคทีเรียที่ให้โทษซึ่งเป็นผลจากสารเมแทบอไลซ์ การผลิตสารยับยั้ง และการปรับปรุงการเคลื่อนที่ของลำไส้ (Alander *et al.*, 1999) โดยกรดแลคติกจะลดและทำลายแบคทีเรียที่ไม่ทนกรดและแบคทีเรียก่อโรค เช่น

Escherichia coli , *Mycobacterium tuberculosis* และ *Salmonella* spp. ซึ่งสามารถเติบโตได้ดีที่ระดับความเป็นกรด - ด่าง เป็นกลางและผลิตสารที่ก่อให้เกิดอันตราย ได้แก่ เอมีน ฟีนอล อินโดล และไฮโดรเจนซัลไฟล์ การสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นของโยเกิร์ต เช่น บัลการิน (bulgarin) ซึ่งผลิตจาก *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* สามารถผลิตเมทานอลและอะซีโตนซึ่งยับยั้งการเจริญของ *E. coli*., *Salmonella* spp., *Shigella* spp. และ *Pseudomonas* spp. ช่วยส่งเสริมการแข่งขันและยึดติดกับผนังลำไส้ได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น (Yukuchi *et al*., 1992)

ข) ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ โยเกิร์ตมีผลป้องกันและรักษาโรคทั้งในคนและสัตว์ที่มีความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องร่วง ท้องผูก ระบบทางเดินอาหารอักเสบของเด็กทารก เนื่องจากโยเกิร์ตเป็นอาหารที่ย่อยง่ายและเป็นผลมาจากการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ (Deeth and Tamine, 1981)

ค) โรคแพ้น้ำตาลแลคโตส (lactose intolerance) ผู้ที่ไม่มีน้ำย่อยแลคเตส มาแต่กำเนิดหรือผู้ที่ไม่ได้ดื่มนมมาเป็นเวลานาน เมื่อดื่มนมทำให้เสี่ยงต่ออาการแน่นท้อง (fluctulence) ท้องเสีย (diarrhea) แต่เมื่อบริโภคโยเกิร์ตแล้วอาการเหล่านี้จะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์โยเกิร์ตยังคงทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสต่อไป เมื่อเข้าถึงส่วนของลำไส้เล็กปริมาณแลคโตสที่เหลืออยู่จึงมีปริมาณน้อย และลักษณะเคิร์ดของโยเกิร์ตยังอยู่อย่างสมบูรณ์หลังจากบริโภคแล้ว ทำให้การกระจายตัวของแลคโตสเข้าสู่ผนังลำไส้เป็นไปอย่างช้า ๆ ผลเสียที่จะเกิดขึ้นจากการย่อยแลคโตสจึงเกิดขึ้นน้อย ถ้ามีก็ไม่รุนแรงมากนัก โยเกิร์ตจึงเป็นอาหารที่เหมาะกับกลุ่มคนที่แพ้น้ำตาลแลคโตส รวมถึงผู้ป่วยที่มีน้ำตาลในเลือดสูงด้วย แต่โยเกิร์ตนั้นต้องไม่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่สูงมากหรือมีรสหวานจัด (Suarez and Savaiano, 1997)

ง) โรคกระดูกพรุน (osteoporosis) โยเกิร์ตเป็นอาหารที่อุดมด้วยคุณค่าโภชนาการสูง เป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม ช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน โรคกระดูกเสื่อมในหญิงวัยหมดประจำเดือน และผู้สูงอายุ โดยเฉพาะแคลเซียมที่อยู่ในโยเกิร์ตจะถูกดูดซึมไปใช้ได้ดีกว่าในรูปอื่น ๆ เนื่องจากการรับประทานโยเกิร์ตเป็นการเพิ่มกรดแลคติกเพื่อแทนที่กรดในกระเพาะอาหารที่ขาดไป ทำให้การดูดซึมอาหารดีขึ้นและช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้สูงขึ้น และยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูกและฟันอีกด้วย (Deeth and Tamine, 1981)

จ) การลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด O' Sulivan *et al.* (1992) รายงานว่า *Lactobacillus* ซึ่งใช้ในการผลิตโยเกิร์ต สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจที่เกิดจากระดับคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งเป็นผลจากสารไฮดรอกซีเมทิลกลูทาเรต (hydroxy methylgutarate) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย

ฉ) การต่อต้านมะเร็ง สารในโยเกิร์ตที่ทำหน้าที่ต่อต้านมะเร็ง สามารถแยกได้จากโยเกิร์ตส่วนที่เป็นของแข็งด้วยวิธีแยกลำดับส่วน (fractionation) บนเรซิน แบบแลกเปลี่ยนประจุ

(ion exchange resin) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการผลิตหรือการเก็บโยเกิร์ต ซึ่งมีผลต่อการเติบโตของมะเร็งในระยะเริ่มต้น (Reddy *et al.*, 1983)

ข้าวโพด (Maize)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Zea mays* Linn.
วงศ์ : Gramineae
วงศ์ย่อย : Paincoideae
สกุล : *Zea*
ชนิด : *mays*

ข้าวโพด เป็นพืชตระกูลหญ้า มีลำต้นตั้งตรง มีปล้อง ใบเรียวยาวติดอยู่กับต้นบริเวณปล้อง ฝักจะออกบริเวณกลางลำต้นตรงข้อ มีช่อดอกที่ปลายยอด (สมควร, 2542)

1. โครงสร้างของข้าวโพดและการใช้ประโยชน์

ข้าวโพดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน (สมควร, 2542) คือ

1.1 เปลือกหรือรำ เป็นส่วนของเปลือกหุ้มผล (pericarp) ซึ่งอยู่นอกสุดของเมล็ด ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ และแร่ธาตุต่าง ๆ ส่วนนี้จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 5-6 ของน้ำหนักเมล็ด

1.2 คัพภะ มีอยู่ประมาณร้อยละ 10-14 ของน้ำหนักเมล็ด คัพภะของเมล็ดที่แก่และแห้งแล้วสามารถนำมาสกัดน้ำมันได้ ใช้ในการประกอบอาหารหลายชนิด เช่น น้ำมันสลัด ทำขนม หรือใช้ทอดอาหารต่าง ๆ

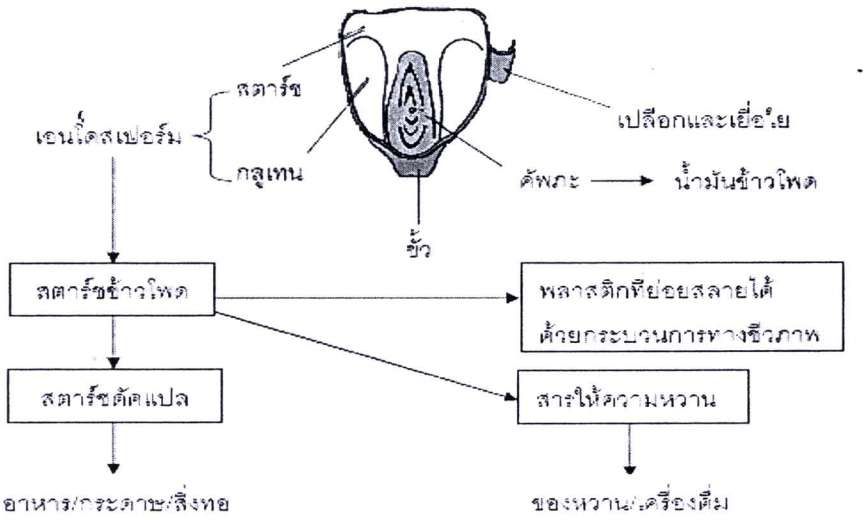
1.3 เอนโดสเปิร์ม มีอยู่ประมาณร้อยละ 82 ของน้ำหนักเมล็ด องค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ สตาร์ช (starch) และกลูเทน (gluten) หรือโปรตีน เอนโดสเปิร์มแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

(1) ฟลาวรี เอนโดสเปอร์ม (floury endosperm) แป้งมีลักษณะนุ่มและโปร่ง เซลมีขนาดใหญ่ เม็ดสตาร์ชมีขนาดใหญ่และกลม โปรตีนที่มีอยู่เป็นเส้นใย (protein matrix)

(2) ฮอร์นี เอนโดสเปิร์ม (horny endosperm) แป้งมีลักษณะแข็ง เส้นใยของโปรตีนหนากว่าและมีโปรตีนสูงกว่าแบบแรก โปรตีนที่มีอยู่เป็นโปรตีนหลัก (protein body) หรือเซอิน (zein)

สตาร์ชข้าวโพดสามารถย่อยสลายได้ด้วยกรดหรือเอนไซม์ให้อยู่ในรูปของคอร์นไซรัปสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม และขนมหวานเนื่องจากมีสมบัติไม่ตกผลึกและคงรูป นอกจากนี้ ยังสามารถดัดแปลดด้วยกระบวนการทางกายภาพหรือทางเคมีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ เช่น อาหาร ฟิล์ม กระดาษ พลาสติก และสิ่งทอ เป็นต้น ส่วนกลูเทนข้าวโพดสามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้

1.4 ขั้ว เป็นส่วนของเมล็ดที่ติดกับฝักข้าวโพด มีอยู่ประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักเมล็ด



ภาพที่ 5 โครงสร้างของข้าวโพดและการใช้ประโยชน์

ที่มา : Anonymous (2003)

ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* saccharata) เป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นเวลานานแล้ว ประเทศไทยนำมาใช้บริโภคในลักษณะฝักสด แช่แข็ง หรือแปรรูปโดยการบรรจุกระป๋องหรือภาชนะปิดสนิทในรูปของข้าวโพดเมล็ด ข้าวโพดทั้งฝักหรือข้าวโพดครีม ซึ่งมีบทบาทมากขึ้นเพราะมีอุตสาหกรรมการแปรรูปที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วรองรับอยู่ การเลือกใช้พันธุ์ข้าวโพดจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมากและเป็นปัจจัยแรกที่ต้องพิจารณา (ทวีศักดิ์, 2540) เพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการ

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวาน

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานจะแตกต่างกันไป เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมของสถานที่ปลูก อย่างไรก็ตาม สามารถแสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานได้ ดังนี้

1. คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ โมโนแซ็กคาร์ไรด์และโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ (monosaccharide and oligosaccharides) ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตสและซูโครส ซึ่งน้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานของข้าวโพดคือ ฟรุคโตส และซูโครส กลุ่มที่สองคือ ซูการ์ นิวคลีโอไทด์ (sugar nucleotides) ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างโอลิโกแซ็กคาร์ไรด์ชนิดต่าง ๆ และกลุ่มสุดท้ายคือ พอลิแซ็กคาร์ไรด์ (polysaccharides) ซึ่งส่วนใหญ่ที่เก็บสะสมในเอนโดสเปิร์มของข้าวโพดหวานเป็นไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ละลายน้ำได้ และเป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์แป้ง ส่วนแป้งที่สะสมนั้นมี 2 ประเภทคือ อะไมโลส (amylase) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอะไมโลส (Rukina and Ruchkin, 1997)

2. โปรตีนในข้าวโพดหวาน ชนิดที่พบได้แก่ อัลบูมิน (albumin) โกลบูลิน (globulin) โปรลามิน (prolamin) หรือเซอิน (zein) และกลูเทลิน (glutelin) โดยเซอินเป็นตัวที่พบมากที่สุด เมล็ดที่มีอายุต่างกัน มีโปรตีนต่างชนิดกันในปริมาณไม่เท่ากัน โดยพบว่า เมล็ดข้าวโพดที่ยังอ่อน จะมีโปรตีนชนิดอัลบูมินและโกลบูลินในปริมาณสูง เมื่อเมล็ดแก่มากขึ้นจะมีปริมาณลดลง แต่เซอินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนกลูเทลินมีปริมาณลดลงเล็กน้อย สำหรับอัลบูมินและโกลบูลินนั้นจะตกตะกอนเมื่อได้รับความร้อน (Rukina and Ruchkin, 1997)

3. ไขมันในข้าวโพดหวาน คือ น้ำมันข้าวโพดซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น กรดไลโนเลอิกในปริมาณสูงและมีโทโคฟีรอลซึ่งเป็นวิตามินอีที่ละลายในไขมัน กรดไขมันที่จำเป็นมีความสำคัญต่อร่างกายมาก ช่วยป้องกันโรคผิวหนัง ได้แก่ แผลตกสะเก็ดในทารก ช่วยในการเติบโตของเนื้อเยื่อ ทำให้บาดแผลหายเร็ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และป้องกันโรคความดันโลหิตสูงได้ น้ำมันข้าวโพดจึงจัดเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีเหมาะแก่การบริโภค ส่วนวิตามินอี ประกอบด้วยแอลฟา-โทโคฟีรอล เบต้า-โทโคฟีรอล แกมมา-โทโคฟีรอลและเดลตา-โทโคฟีรอล มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) หรือมีความสามารถในการป้องกันและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในร่างกายอันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็ง และโรคหัวใจได้ (Rukina and Ruchkin, 1997)

4. ข้าวโพดมีแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับวิตามินอี มีสมบัติป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดต้อกระจกและลดการเกิดริ้วรอยและจุดด่างดำบนผิวหนังได้ แต่วิตามินซีสูญเสียได้ง่ายในระหว่างกระบวนการแปรรูป ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง แต่ความร้อนในกระบวนการแปรรูปเป็นสาเหตุให้มีการปลดปล่อยสารเฟรูลิก (ferulic acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของกรดฟีนอลิก (phenolic acid) ให้อยู่ในรูปอิสระมากขึ้น โดยปริมาณของกรดเฟรูลิกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวโพดหวานมีการผ่านความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงและเป็นเวลานาน ทำให้มีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งสำคัญของเยื่อใย ช่วยในการลดปริมาณคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิดท้องผูกและโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เนื่องจากส่วนของเปลือกหรือรำประกอบด้วยเยื่อใยที่สำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคตินและลิกนิน ซึ่งไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ภายในร่างกายจึงช่วยเพิ่มเยื่อใยอาหารด้วย คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกรับประทานธัญพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกเหนือไปจากผักและผลไม้ (Rukina and Ruchkin, 1997)

การผลิตน้ำนมข้าวโพด

การพัฒนาอาหารจากการแปรรูปข้าวโพด นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าและประโยชน์จากข้าวโพดแล้ว ยังทำให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เพิ่มอีกด้วย ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาถูก และเป็นธัญพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหาร เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง ทำให้ไม่เกิดสะสมในร่างกาย จึงมีผู้ให้ความสนใจในการศึกษาและพัฒนาอาหารในการแปรรูปข้าวโพดมากขึ้น พบว่า มีการแปรรูปข้าวโพดในรูปของเครื่องดื่มหรือเรียกว่า น้ำนมข้าวโพด ซึ่งปัจจุบันน้ำนมข้าวโพดเป็นที่รู้จักและได้รับความสนใจมากขึ้น เนื่องจากมีกลิ่นรสเป็นที่ชื่นชอบและยอมรับจากผู้บริโภค (เรืองศรี, 2520)

สมชายและคณะ (2539) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการผลิตน้ำนมข้าวโพด คือ

1. ลวกข้าวโพดด้วยไอน้ำเป็นเวลา 12 นาที
2. นำเมล็ดมาบดโดยผสมกับน้ำ 2 ส่วน
3. จากนั้นก็นำไปกรองเพื่อแยกกากออก
4. ได้น้ำข้าวโพดที่มีสีเหลืองขุ่นและมีกลิ่นหอมของข้าวโพด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วุ้น (agar)

วุ้นที่ใช้ทำขนมแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ที่ทำจากเจลาติน (gelatin) และที่ทำจากสาหร่ายทะเล (agar-agar)

1. เจลาติน

คุณสมบัติของเจลาติน

เจลาตินทำมาจากคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนในเนื้อเยื่อพังผืด เช่น เอ็น เนื้อพังผืดกระดูก หนังสัตว์ หนังปลา เกล็ดปลา ไตปลา ในระหว่างหุงต้มเมื่อคอลลาเจลเปลี่ยนเป็นเจลาติน ซึ่งมีผลทำให้เนื้อพังผืดมีลักษณะนุ่มลงในน้ำซุปจากกระดูกหรือไก่ คอลลาเจลจะเปลี่ยนเป็นเจลาติน เมื่อตั้งทิ้งไว้ในที่เย็น ซุปนั้นจะมีความอยู่ตัวคล้ายมีวุ้น ในทางการค้ามีการผลิตเจลาตินจากกระดูกสัตว์หรือเขาสัตว์ เริ่มแรกจะต้องเอาไขมันที่มีอยู่ออกเสียก่อน แล้วจึงนำไปต้มในน้ำใส่กรดหรือด่างไปด้วย ในขณะที่พังผืดได้รับความร้อน คอลลาเจนซึ่งเป็นโมเลกุลโปรตีนที่ใหญ่สลายตัวให้โมเลกุลที่เล็กของเจลาติน กรองเอาน้ำส่วนที่ต้มที่มีเจลาตินอยู่ ระเหยเอาน้ำออกทิ้งไว้ให้จับกันเป็น วุ้น แล้วจึงทำให้แห้งเป็นรูปแผ่น นำเอาแผ่นเจลาตินไปบดให้เป็นเม็ดเล็กๆ เจลาตินที่ใช้ปรุงเป็นอาหารนี้จะต้องถูกต้องตามมาตรฐานความบริสุทธิ์ นั่นคือจะต้องผ่านการผลิตที่มีสภาพถูกสุขลักษณะ (ศิริลักษณ์, 2522)

เจลาตินจัดเป็นกัมที่มีคุณสมบัติต่างจากกัมชนิดอื่นที่สามารถทำให้เกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35-41 องศาเซลเซียส ได้เจลที่มีลักษณะอ่อนจนถึงเจลที่มีลักษณะแข็ง และเจลนี้ละลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส และยังคงตัวต่อความเป็นกรดและด่างด้วย นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานเพื่อช่วยให้เกิดลักษณะที่มีการละลายในปากได้ (ศิวพร, 2535)

คุณลักษณะทั่วๆไปของเจลาติน ที่เป็นชนิดแห้งลักษณะเป็นชิ้น แผ่น เกร็ด หรือผง มีสีเหลืองอ่อน ถ้าเป็นชนิดเหลว จะมีลักษณะเหนียวข้น ไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อน ละลายได้ในน้ำร้อน ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะอ่อนนุ่มพองตัวได้ 5-10 เท่าของน้ำหนักเดิม (อรอนงค์, 2546)

เจลาตินอาจมีคุณสมบัติต่างกันแม้จะทำมาจากที่เดียวกันได้ ทั้งนี้ย่อมขึ้นกับเหตุผลหลายอย่างด้วยกัน เช่น ชนิดต่างกัน ถ้าเป็นเจลาตินชนิดผงจะพองตัวได้ดีกว่าชนิดเม็ดเพราะละเอียดกว่า จึงมีพื้นผิวหน้ามากกว่า การพองตัวของเจลาตินจะมีมากน้อยแค่ไหนย่อมขึ้นกับ 1) พื้นผิวหน้า 2) pH ถ้ามีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นจะพองตัวมากขึ้น แต่ก็มีขีดสูงสุดคือ pH 9 ถ้าสูงกว่านี้จะสลายตัวให้กรดอะมิโน ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่นั้น pH จะอยู่ในช่วง 3.2-3.5 ซึ่งเป็นช่วงที่

เหมาะสมที่สุดในการเกิดเจล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำตาลที่น้อยประมาณ 60 องศาบริกส์ pH ที่ทำให้เยลลี่อยู่ตัวดีประมาณ 3.0 และถ้าความเข้มข้นของน้ำตาลที่ 70 องศาบริกส์ pH ที่จะทำให้เยลลี่อยู่ตัวดีจะอยู่ที่ประมาณ 3.4 เมื่อเม็ดเจลาตินพองตัวออก แรงเกาะกันก็จะมีน้อยลงและจะเปลี่ยนจากลักษณะแข็ง เปราะ เป็นอ่อนและยืดหยุ่น โมเลกุลของเจลาตินที่โครงร่างเป็นเส้น ซึ่งมีความยาวเป็นหลายเท่าของความกว้าง ฉะนั้นจึงมีความสามารถในการดูดซึมน้ำไว้ได้มาก (ศิริลักษณ์, 2522)

สิ่งที่มีผลต่อการจับตัวกันแข็งเป็นเจล ได้แก่

1. ระยะเวลาที่จับตัวกันของเจล ซึ่งก็จะเกิดขึ้นกับความเข้มข้นและอุณหภูมิ ถ้าเข้มข้นน้อย อุณหภูมิสูง จะต้องเสียเวลานานขึ้น ส่วนผสมเจลาตินจะต้องคายความร้อนเสียก่อนจึงจะเกิดการจับตัวเป็นเจลได้ และเมื่อจับตัวเป็นเจลแล้วจะทรงตัวอยู่ได้ดียิ่งขึ้นตามระยะเวลาที่วางทิ้งไว้ เจลาตินได้จากกระดูก หนัง และเอ็น แม้จะตีให้แตกจากกัน ก็สามารถจะรวมตัวกันเป็นเจลได้อีก ซึ่งเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งซึ่งแตกต่างจากเจลชนิดอื่น เช่น วุ้น (agar) (ศิริลักษณ์, 2522)

2. ความเข้มข้น ถ้าความเข้มข้นมากการจับตัวเป็นเจลจะน้อยลง อาจใช้เจลาตินแห้ง 1-2 กรัม ต่อน้ำ 98-99 กรัม เยลลี่ที่วางขายในท้องตลาดอาจมีลักษณะต่างกัน เพราะใช้ความเข้มข้นของเจลาตินต่างกัน เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่ดี (นารีรัตน์ และคณะ, 2535)

3. อุณหภูมิ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงความเข้มข้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ยิ่งเจลเย็นลงตัวลงเพียงใด ก็จะสามารถจับตัวแข็งเป็นเจลในอุณหภูมิสูงไปด้วย hydrosol นั้นอาจทำให้เย็นลงโดยการแช่น้ำแข็งไว้ หรืออาจตั้งทิ้งไว้ให้คายความร้อนที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะอยู่ตัวได้ดีกว่าเมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำมากๆ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ไม่ว่าจะเข้มข้นเพียงใด ส่วนผสมเจลาตินไม่จับตัวแข็งเป็นเจลได้ (สุธาสินี และปราณี, 2544)

คุณค่าทางโภชนาการของเจลาติน

แม้ว่าเจลาตินจะเป็นโปรตีนบริสุทธิ์ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน 17 ชนิด แต่ก็เป็นโปรตีนที่ไม่ค่อยจะมีความสำคัญในด้านการกำหนดอาหาร เพราะใช้วุ้นเจลาตินในปริมาณน้อย วุ้นนี้ยังเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ เจลาตินเป็นอาหารที่เพียงแต่ได้มาจากสัตว์ แต่ไม่ได้มีโปรตีนที่สมบูรณ์ประกอบอยู่ ในเจลาตินมีกรดอะมิโนที่จำเป็นเพียง 4 ตัว และในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กรดอะมิโนทั้ง 4 ได้แก่ trypophan, threonine, methionine และ isoleucine เนื่องจากเจลาตินเป็นโปรตีนแห้ง ดังนั้นพลังงานที่ให้นั้นก็คล้ายคลึงกับของแป้งและธัญพืชแห้ง คือ ให้ 4 แคลอรีต่อกรัม ผลิตภัณฑ์หรืออาหารใดๆ ที่ทำจากเจลาตินจะให้คุณค่าทางโภชนาการนั้นขึ้นกับส่วนประกอบ

เครื่องปรุงอื่นที่ใช้ร่วมกัน ขนมที่ทำจากเจลาตินนั้นมีข้อดีที่ว่า ย่อยง่าย รสชาติจืด และเป็นที่ยอมรับของคนส่วนใหญ่ (นารีรัตน์ และคณะ, 2535)

การใช้ประโยชน์จากเจลาติน

หลักในการใช้เจลาตินก็คือ ต้องเปลี่ยนสภาพจากของเหลวให้เป็นของแข็งที่ยืดหยุ่น จะต้องเปลี่ยนลักษณะ sol ให้ไปเป็น gel ปฏิกิริยาการเกิด gel นี้กลับไปมาได้ เพราะว่า gel หรือวุ้นแล้วเมื่อนำไปตั้งไฟก็จะเปลี่ยนเป็น sol คือลักษณะที่เหลว และถ้านำ sol เหล่านี้นำไปทำให้เย็นก็จะกลับเป็น gel อีก คำว่า gel นั้นอาจใช้กับลักษณะของอาหารพวกคัสตาร์ดอบ ซึ่งได้จากโปรตีนไข่ที่แข็งตัวกึ่งแข็งกึ่งเหลว และอาจใช้กับลักษณะของเยลลี่และแยมผลไม้ ซึ่งจับตัวเป็นวุ้นด้วยเพคติน การจับตัวเป็นวุ้นของเยลลีผลไม้นั้นกลับเหลวแล้วแข็งอีกได้ ส่วนคัสตาร์ดอบนั้นเปลี่ยนสภาพกลับไปมาไม่ได้ (ศิริลักษณ์, 2522)

เจลาตินใช้เป็นสารช่วยให้ขึ้นฟูในขนมและสลัดที่ต้องตีให้ฟูบางชนิด เจลาตินสามารถที่จะทำให้ผลึกน้ำตาลในลูกกวาดมีขนาดเล็ก ทำให้ผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมเล็ก โดยเป็นตัวขัดขวางการรวมตัวของผลึกเล็กๆ เหล่านั้นมิให้รวมกันเป็นผลึกใหญ่ ขนมและครีมต้องตีให้ขึ้นฟู ถ้าใส่เจลาตินลงไปด้วยจะทำให้ผิวหน้าของฟองอากาศข้นขึ้น จึงทำให้ขนมหรือครีมที่ตีให้ขึ้นฟูนั้นๆ อยู่ตัว (นารีรัตน์ และคณะ, 2535)

เจลาตินที่ใช้เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของสลัดและขนมหลายชนิด ซึ่งจะให้ลักษณะที่เป็นประกายสีสดสวย ถ้าทำจากเจลาตินคุณภาพดี จะได้รสชาติดี มีลักษณะน่ารับประทาน และมีความอยู่ตัวแต่ไม่ถึงกับแข็งเหนียว อาหารที่ทำจากเจลาตินนั้นจะมีรสชาติและสีใดนั้นย่อมขึ้นกับเครื่องปรุงอื่นที่เติมลงไป เพราะตัวเจลาตินเองจะมีความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปจะไม่มีผลทำให้รสเปลี่ยนไป (ศิริลักษณ์, 2522)

ประเภทของเจลาติน

1. แกรนูเลทเจลาติน (Granulate Galatin) โดยทั่วไปมีค่าบลูมระหว่าง 80-280 บลูม ในทางปฏิบัติการเลือกใช้บลูมเท่าใดนั้นขึ้นกับความหนืดที่ต้องการในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปเจลาตินที่มีบลูมสูงจะมีความแข็งแรงของเจลสูง เจลาตินที่มีบลูมต่ำก็จะมีความแข็งแรงของเจลต่ำ เจลาตินที่มีความเหมาะสมทำผลิตภัณฑ์เยลลี่นั้น ควรมีค่าบลูมอยู่ในช่วง 230-250 บลูม การเตรียมสารละลายแกรนูเลทเจลาตินชนิดนี้ละลายได้ในน้ำธรรมดา คือ ไม่ต้องใช้น้ำร้อนหรือน้ำอุ่น โดยละลายได้ปริมาณร้อยละ 1.5-2 เวลาใส่เจลาตินในน้ำต้องใส่อย่างช้าๆ พร้อมกับคนแรงๆ ไปด้วยและต้อง คนอย่างต่อเนื่องขณะที่ยังมีน้ำปรากฏอยู่บนผิวหน้าของเจลาตินที่พองตัว แต่จะต้องหยุด

ทันทีที่ เจลาตินดูดซึมน้ำหมด เพราะถ้าหากคนต่อไปจะทำให้เกิดฟองอากาศอยู่ในเจลาตินที่พองตัวแล้วนั้น การนำฟองอากาศออกจากสารละลายเหนียวๆ ของเจลาตินนั้นทำได้ยาก หลังจากทิ้งไว้ให้ดูดน้ำ ประมาณ 15 นาที แล้วนำไปตั้งจนอุณหภูมิ 50-60 องสาเซลเซียส ถ้าใส่เจลาตินลงในน้ำร้อนที่ อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส เจลาตินจะจับตัวเป็นก้อนเหนียวๆ และจะเกิดฟองอากาศขึ้นได้ง่าย (ศิวาพร, 2529)

2. อินสแตนท์เจลาติน (Instant Gelatin) ชื่อเต็มว่า Cold Swelling Instant Gelatin หมายถึง เจลาตินที่พองตัว (เนื่องจากน้ำ) ได้ทันทีที่อุณหภูมิปกติ เป็นเจลาตินที่ผลิตจากแกรนูเลทเจลาติน แต่ที่ดีกว่า คือ ไม่ต้องเอามาละลายน้ำก่อน ใส่เป็นผงลงในผลิตภัณฑ์โดยตรงได้เลย เจลาติน สำเร็จรูปสามารถพองตัวได้รวดเร็วมาก ส่งผลให้สินค้ามีคุณสมบัติตามต้องการได้อย่างแน่นอน โดยการเกิดเจลที่เรียกว่า ซูโดเจล (Pseudogel)หรือเจลเทียม การละลายจากแกรนูเลทเจลาตินไม่ได้เกิดขึ้นจริง แต่เพราะว่าเจลาตินสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นผงเล็กมากเรียกว่าอนุภาคมากกว่าเป็นผง จึงสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงทุกส่วนในการผลิตผลิตภัณฑ์ การเกิดเจลเทียมจึงไม่มีผลเสียหายกับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลาตินชนิดนี้ ได้แก่ ครีมหน้าขนม ขนมสอดไส้ครีม ขนมหวาน และเครื่องดื่มบางประเภท (ศิริลักษณ์, 2522)

2. วุ้นสาหร่าย

ในประเทศไทยนิยมนำวุ้นจากสาหร่าย (agar-agar) มาทำขนม เช่น วุ้นหน้ากะทิ วุ้นสังขยา วุ้นกรอบ และทำลูกชุบ วุ้นสาหร่ายนี้ทำจากสารเหนียวที่มีอยู่ในสาหร่ายทะเล มีคุณสมบัติจับตัวเป็นวุ้นที่ยืดหยุ่นได้ มีลักษณะใสในทางวิทยาศาสตร์ ใช้มากในการทำอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

วุ้นสาหร่ายที่มีในท้องตลาดมี 2 รูป คือ ที่มีลักษณะเป็นเส้น และเป็นผง ชนิดเป็นผงมักผ่านกระบวนการทำให้ขาวมากกว่า การนำมาใช้ควรชั่งน้ำหนักดีกว่าวิธีตวง วุ้นที่มีขายเป็นเส้น เป็นกำๆ มักจะมีน้ำหนักกำละ 100 กรัม ส่วนวุ้นผงที่ขายโดยบรรจุซองขนาดต่างๆ ที่ฉลากจะมีคำอธิบายวิธีใช้

เมื่อนำวุ้นสาหร่ายที่เป็นเส้นมาทำขนมจะต้องชั่งและแช่วุ้นก่อน วุ้น 15 กรัม แช่น้ำพอนิ่ม เมื่อบีบน้ำออกตัดแล้วจะได้ประมาณ 1 ถ้วยตวง ถ้าต้องการทำเป็นวุ้นกะทิ ทำได้ 2 วิธี คือ 1) ทำตัววุ้นและทำหน้ากะทิ โดยผสมวุ้นลงไป 2) ผสมกะทิลงในส่วนผสมทำวุ้นทั้งหมด คนให้เข้ากัน หัวกะทิที่มีไขมันมากและมีน้ำหนักเบากว่า จะลอยขึ้นมาเองเมื่อตั้งทิ้งไว้ หลักการนี้ใช้ในการทำวุ้นหน้าสังขยา และวุ้นลาย

วุ้นน้ำเชื่อม ควรมีลักษณะนิ่มกว่าวุ้นสาหร่าย ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำผสมมากกว่าปกติ วุ้นน้ำเชื่อม ใช้สัดส่วนวุ้น 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน ตั้งไฟปานกลางพอละลาย ตั้งทิ้งไว้อีกประมาณ 2-3 นาที จึงกรองใส่ถาด แต่งสีตามชอบ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะแข็งภายในประมาณ 30-40 นาที ถ้าใช้ส่วนผสมที่เข้มข้นกว่า วุ้นจะแข็งตัวได้เร็วขึ้น (ศิริลักษณ์, 2525)

สาหร่ายทะเลแบ่งได้เป็น

- อะการ์ (Agar)
- ออจิน (Algin)
- คาราจีแนน (Carrageenan)

2.1 อะการ์ (Agar)

อะการ์เป็นกัมที่สกัดได้จากสาหร่ายแดง (red algae) หรือสาหร่ายพวก Rhodophyceae สำหรับชนิดที่นำมาสกัดกันมาก ได้แก่ เจลิเดียม (Gelidium) และ กลาซิลาเรีย (Gracilaria) สูตรโครงสร้างที่แท้จริงยังไม่มีการทราบแน่ชัดแต่เชื่อว่าประกอบด้วย โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) อย่างน้อย 2 ชนิด คือ อะกาโรส (Agarose) และ อะกาโลเพกติน อะกาโรส (Agaropectin agarose) เป็นโพลีเมอร์ธรรมดา ที่มีโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรงยาวเป็นโมเลกุลของอะกาแอโรบิเอส (Agarobiose) ประกอบด้วยพันธะ 1,4 ลิ้งเคด (1.4-linked) 3,6 แอนไฮโดร-แอล-กาแลคโทส (3,6 Anhydro-L-garlactose) และ 1,3 ลิ้งเคด ดี-กาแลคโทส (1,3 limked D-garlactose) ส่วนอะกาโลเพคติน (Agaropectin) เป็นซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์ (sulfated polysaccharide) ที่ประกอบด้วยอะกาโรส (Agarose) และมีอัตราส่วนต่างๆ ของเอสเทอร์ซัลเฟต (ester sulfate) ดี-กาคูโรนิค แอซิด (D-glacuronic acid) และ กรดไพรูวิค (Pyruvic acid) เล็กน้อย

อะการ์ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ละลายในน้ำร้อน สารละลายอะการ์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะใส และแข็งที่อุณหภูมิ 32-39 องศาเซลเซียส ทำให้ได้เจลซึ่งมีลักษณะเนื้อแข็งและยืดหยุ่นได้ดี และไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส ซึ่งการที่อะการ์สามารถเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เจลละลายได้นี้เรียกว่า extreme hysteresis lag และเนื่องจากคุณสมบัติข้อนี้ของอะการ์ ทำให้มีการใช้อะการ์ในอุตสาหกรรมอาหารกันมากถ้าหากต้องการสารละลายที่มีอะการ์อยู่ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ นั้นสามารถทำให้ละลายได้ด้วยการใช้ความร้อน 95-100 องศาเซลเซียส และถ้าหากต้องการสารละลายซึ่งมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นไปอีก จะทำได้โดยการให้ความร้อนแบบใช้หม้อนึ่งความดัน สำหรับความหนืดของอะการ์จะค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายสกัดชนิดอื่นๆ ความหนืดของอะการ์จะขึ้นกับอุณหภูมิและความเป็นกรด- ด่าง แต่ค่อนข้างคงตัวที่ความเป็นกรด-

ด่าง 4.5-9.0 สารละลายอะการ์ที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ก็สามารถทำให้เกิดเจลได้ สำหรับความเข้มข้นของสารละลายอะการ์ทั่วๆ ไป เมื่อต้องการให้เกิดเจลคือ 1-2 เปอร์เซ็นต์ และเจลที่ได้จากการใช้อะการ์ซึ่งมีความเข้มข้นในช่วงดังกล่าว จะมีลักษณะโปร่งแสง แข็งแรง ยืดหยุ่นได้ดี และละลายได้เมื่อให้ความร้อน และเกิด syneresis ได้ คุณสมบัติในเรื่องเกี่ยวกับความหนืด อุณหภูมิในการเกิดเจล Gel strength ของ เจล ดีกรี (gel degree) ของการเกิด syneresis และความใสของเจล จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด (ศิวาพร, 2529)

2.2 ออจิน (Algin)

ออจินเป็นกัมชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร สกัดได้ครั้งแรกจากสาหร่ายสีน้ำตาล (brown aglae) กรดออจินิค (alginic adid) จัดเป็นส่วนประกอบสำคัญของสาหร่ายสีน้ำตาลทุกชนิด สำหรับชนิดที่มีการสกัดเพื่อเป็นการค้ามากได้แก่ Macrocystis pyrifera, D-mannuronic acid, L-guluronic acid อาจมีสารอื่นเป็นส่วนประกอบเล็กน้อย กรดออจินิค ที่มีขายในท้องตลาดมีน้ำหนักประมาณ 194-215 โมเลกุล ส่วนโซเดียมออจิเนต (Sodium alginate) 3,200 – 200,000 โมเลกุล และมีระดับของโพลีเมอไรเซชั่น 180 - 930 โมเลกุล(degree of polymerization 180-930) (สุธาสินี และปราณี, 2544)

กรดออจินิคและเกลือแคลเซียมของกรดนี้ มีการละลายน้ำได้น้อยมาก ส่วนเกลือโซเดียม เกลือโปแตสเซียม เกลือแอมโมเนีย และโพพีลีนไกลคอลเอสเทอร์ (propylene glycolester) ของกรดออจินิคละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายเหล่านี้จะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุลและปริมาณ polyvalent metal cations ความหนืดของออจินิค (alginics) ชนิดต่างๆ ที่จำหน่ายในท้องตลาด จะมีความแตกต่างกัน 10 cps (Centipoises) สำหรับสารละลายออจิเนต ที่ให้ความหนืดต่ำ จนกระทั่ง 2,000 cps สำหรับสารละลายเกลือออจิเนต ที่ให้ความหนืดสูง ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากัน เมื่อมีการให้ความร้อนความหนืดของสารละลายเกลือออจิเนต จะลดลงและอาจสลายตัวได้ ถ้ามีการให้ความร้อนมากเกินไป ความหนืดของสารละลายออจิเนต จะคงตัวที่ความเป็นกรด- ด่าง 4 -10 ที่ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4 ความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการละลายของกรดอิสระลดลง และถ้าต่ำมากๆ กรดออจินิคจะตกตะกอน ส่วนสารละลายโพลพีลีนไกลคอลอัลจิเนท (propyiene glycol alginate) สามารถทนต่อการสลายตัวด้วยกรดได้ดีกว่า ความหนืดของสารละลายออจิเนต เพิ่มขึ้นถ้ามี polyvanate metal eations อยู่ด้วย (สุวรรณา, 2543)

การเกิดเจล (gel) นั้น อาจเกิดขึ้นในสภาวะที่สารละลายอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือมีอนุมูลแคลเซียม หรือมี polyvalent metal cations อยู่ด้วยในปริมาณที่มากพอ ปกติเจลจะค่อยๆ เกิดขึ้น เมื่อมีการปลดปล่อยอนุมูลแคลเซียมหรือไฮโดรเจนออกมา หรือทั้งสองอย่างพร้อม

กัน และสามารถจะควบคุมได้โดย สารประเภท sequestrant เช่น ฟอสเฟต (phosphate) หรือโพลีฟอสเฟต (polyphosphate)เจลที่เกิดขึ้นในลักษณะที่กล่าวนี้จะมีลักษณะใส โปร่งแสงและไม่ละลายที่อุณหภูมิห้อง และออจิน มีคุณสมบัติทำให้เกิดฟิล์ม (film) ได้อย่างดีด้วย (ศิวาพร, 2529)

2.3 คาราจีแนน (Carrageenan)

คาราจีแนนเป็นกัมอีกชนิดหนึ่งที่ได้ใช้กันมาหลายศตวรรษแล้ว ในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา สำหรับสาหร่ายที่นิยมนำมาสกัดกัม (gum) ชนิดนี้มากที่สุดได้แก่ Chondrus, Crippus Gigartina stellata และบางชนิดของสาหร่ายแดง สูตรโครงสร้างที่แท้จริงของคาราจีแนนยังไม่มี แต่จากการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ในแต่ละโมเลกุลของคาราจีแนน จะประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ 2 ส่วน คือ ส่วน precipitated fraction หรือ gelling fraction เรียกว่า แคปปาคาราจีแนน (kappa-carrageenan) ซึ่งประกอบด้วย ดี- กาแลกโตส (D-galactose) หรือ 3,6 แอนไธโด-ดี-กาแลกโตส (3,6-anhydro-D-galactose) ในอัตราส่วน 1.1-1.5:1 และมี sulfate half-ester group ที่แต่ละ 2-2.5 หน่วยของโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด ส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งคือ Lamda-carrageenan หรือ non-gelling fraction ประกอบด้วย 1,3 linked D-galactose-2-sulfate และ 1,4 linked D--galactose-6-sulfate สำหรับการแยกส่วนประกอบทั้งสองส่วนนี้ออกจากกัน อาจทำได้โดยการเติมโปแตสเซียม ไอออน (potassium ions)

คาราจีแนน สามารถละลายน้ำได้ แต่ถ้ามีการให้ความร้อนด้วย การละลายจะดีขึ้น อุณหภูมิที่ใช้คือ 50-80 องศาเซลเซียส สารละลายของคาราจีแนนที่ได้ค่อนข้างหนืด ความหนืดของสารละลายคาราจีแนน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ ชนิดของสาหร่ายที่นำมาสกัด น้ำหนักโมเลกุล และอนุมูลโลหะ สารละลายคาราจีแนนที่มีความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 50-30,000 cps ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และไม่มีอนุมูลโลหะอยู่ด้วย (ศิริลักษณ์, 2525)

ถ้ามีอนุมูลโลหะ เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม แอมโมเนีย และอื่นๆ อยู่ด้วย สารละลายคาราจีแนนจะให้เจล ซึ่งมีการยืดหยุ่นไม่ดี เมื่อมีการให้ความร้อนก็จะละลาย และเกิดเจลใหม่เมื่อทำให้เย็น เนื่องจากคาราจีแนน สามารถเกิดเจลกับโปแตสเซียมไอออน (potassium ions) ได้ จึงมีการนำมาใช้ในอาหารหลายชนิด ปกติจะใช้โปแตสเซียมคลอไรด์(potassium chloride) ร้อยละ 0.2 สำหรับอุณหภูมิในการเกิดเจล มักคำนวณได้โดยการใช้ปริมาณและชนิดของอนุมูลโลหะ แต่ปกติใช้อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เจลของคาราจีแนน สามารถที่ละลายที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล ลักษณะเจลที่มีการยืดหยุ่นไม่ดีของคาราจีแนน นั้นแก้ไขได้โดยการใช้กัมอื่นๆ ช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง locust bean gum ซึ่งมีส่วนช่วยลด

การเกิด syneresis ลงด้วย โดยทั่วไปเจลของคาราจีแนนค่อนข้างคงตัวในช่วงความเป็นกรด- ด่างที่กว้างมากที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง แต่มีการสลายตัวอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงและความเป็นกรด-ด่างต่ำ (ศิวาพร, 2529)