บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลูกอม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 228) พ.ศ.2544 เรื่อง หมากฝรั่งและลูกอมได้ให้คำจำกัดความของลูกอมดังนี้ ลูกอม หมายถึง "ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้อมหรือเคี้ยว ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก และอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้" และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.๒๖๕/๒๕๔๗) ลูกอม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยน้ำตาล มีลักษณะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ได้จากการนำน้ำตาล กลูโคสไซรัป และอาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น นม หรือเนื้อผลไม้ มากวนจนเหนียวได้ที่ แล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ อาจปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น เกลือ กะทิ ถั่วลิสงด้วยก็ได้

ลูกกวาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในพวก confectionery เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก นอกเหนือจากการใช้น้ำตาลแล้วยังมีส่วนประกอบอื่นๆที่ใช้ในการผลิต โดยจำแนกออกได้หลายประเภทขึ้นกับส่วนประกอบของลูกกวาด และกรรมวิธีการผลิต

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดได้เริ่มมีมาตั้งแต่เมื่อสองพันปีก่อนคริสตศักราช ชนชาติอียิปต์เป็นชาติแรกที่มีศิลปะในการทำผลิตภัณฑ์และประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใช้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ชนิดแรกที่ผลิตขึ้นมาเรียกว่า sweetmeats ทำจากการนำผลไม้ นัท สมุนไพรรสหวาน และเครื่องเทศ มาผสม กับน้ำผึ้ง ต่อมาชนชาติกรีกได้นำแป้งเปียกมาช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงรูปมากขึ้น สิ่งที่ให้รสหวานในสมัยแรกนั้นจะเป็นน้ำผึ้ง เนื่องจากยังไม่มีการผลิตน้ำตาลทราย และส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ก็มีไม่มาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ในสมัยนั้นยังไม่มีความหลากหลาย โดยการผลิตลูกกวาดเป็นอุตสาหกรรมเริ่มมีขึ้นในปลายศตวรรษที่ 11 ในลักษณะที่นำไปใช้เป็นยา การซื้อขายลูกกวาดในสมัยนั้นจึงมีผู้ปรุงยา หรือหมอผู้ทำการรักษาเป็นผู้จำหน่าย ลักษณะการผลิตจะทำโดยมีสูตรพื้นฐาน ที่มีส่วนผสม 2- 3 ชนิดและทำไว้เป็นของสำหรับกษัตริย์ราชวงศ์ต่างๆ ขุนนางที่มีอำนาจและคหบดีร่ำรวยเท่านั้น ต่างจากในปัจจุบันซึ่งมีสูตรของส่วนผสมแตกต่างกันไปถึง 500 สูตร (สุวรรณา, 2543) และอุตสาหกรรมลูกกวาดมีขนาดตั้งแต่ที่เป็นร้านค้าเล็กๆทำการผลิตภายในบ้านไปจนถึงที่เป็นสาขาย่อยของบริษัทใหญ่ในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน โดยไม่ต้องทำการแช่เย็น และสามารถวางขายในตลาดได้คราวละหลายปี (Edwards, 2000) อีกทั้งลูกกวาดเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะซ่อนอยู่มากมาย และเป็นกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบแตกต่างกันมากที่สุด

ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. **Sugar confectionery** เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยน้ำตาล เช่น high boiled sweet, toffee, fudge, fondant และ jellies เป็นต้น
2. **Chocolate confectionery** เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากช็อกโกแลตทั้งในรูปแท่งหรือแผ่น และรวมถึงพวกที่เคลือบผิวด้วยช็อกโกแลต
3. **Flour confectionery** เป็นผลิตภัณฑ์ที่อาจจัดอยู่ในพวกขนมอบ ส่วนใหญ่จะเป็นขนมเค้กชนิดพิเศษ หรืออยู่ในรูปแบบที่แปลกออกไป และอาจรวมถึงบิสกิตด้วย

ลูกกวาดแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้ 3 ประเภท คือ

1. **ลูกกวาด** (hard candies) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็ง เมื่อเคี้ยวจะแตก อาจมีการสอดไส้ด้วยก็ได้ ซึ่งผลิตโดยการละลายน้ำตาล กลูโคสไซรัป น้ำ นำมาเคี่ยวจนได้ที่นวดผสมกันแล้วรีดอัดเป็นเม็ด
2. **ขนมเคี้ยว** (chewy candies) ได้แก่ คาราเมล ทอฟฟี่ ลักษณะจะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ผลิตโดยการนำน้ำตาลกลูโคสไซรัป น้ำ ไขมัน หรือส่วนประกอบอื่นปั่นให้เข้ากันจนมีลักษณะเป็นอิมัลชั่นก่อน จึงนำมาเคี่ยวจนได้ที่ นวดผสม และรีดอัดเม็ด
3. **ซอฟต์แคนดี้** (soft candies) ได้แก่ ครีม (creams), ฟัดจ์ (fudges), มาร์ชแมลโล (marshmallow) ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะนิ่มอ่อนตัวมากกว่าขนมเคี้ยว เนื่องจากมีปริมาณความชื้นมากกว่า (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2550 : ระบบออนไลน์)

ในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้คำว่า candies มากกว่าคำว่า confectionery และสามารถแบ่งกลุ่มของลูกกวาดตามลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

1) **ลูกกวาดชนิดแข็ง** (hard candies หรือ high boiled sweets) เป็นลูกกวาดที่มีรูปร่างคงที่แน่นอนตามความต้องการ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลให้มีความเข้มข้นสูงๆ แล้วทำให้เย็นตัวลง มีความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่า ร้อยละ 1 ส่วนประกอบที่เสริมเข้าไปกับน้ำตาลทรายคือ น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) หรือ กลูโคสไซรัป (glucose syrup) หรืออาจใช้ทั้ง 2 อย่างร่วมกันทั้งนั้นขึ้นกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ สัดส่วนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยน้ำตาลทราย 70 ส่วน ผสมกลูโคสไซรัป 30 ส่วน และทำการเคี่ยวให้เข้มข้นในแบบดั้งเดิม แต่ถ้าทำการเคี่ยวภายใต้สูญญากาศจะใช้น้ำตาลทราย 60 ส่วน ผสมกลูโคสไซรัป 40 ส่วน ถ้าต้องการให้ลูกกวาดละลายช้าๆ จะใช้สัดส่วนของ

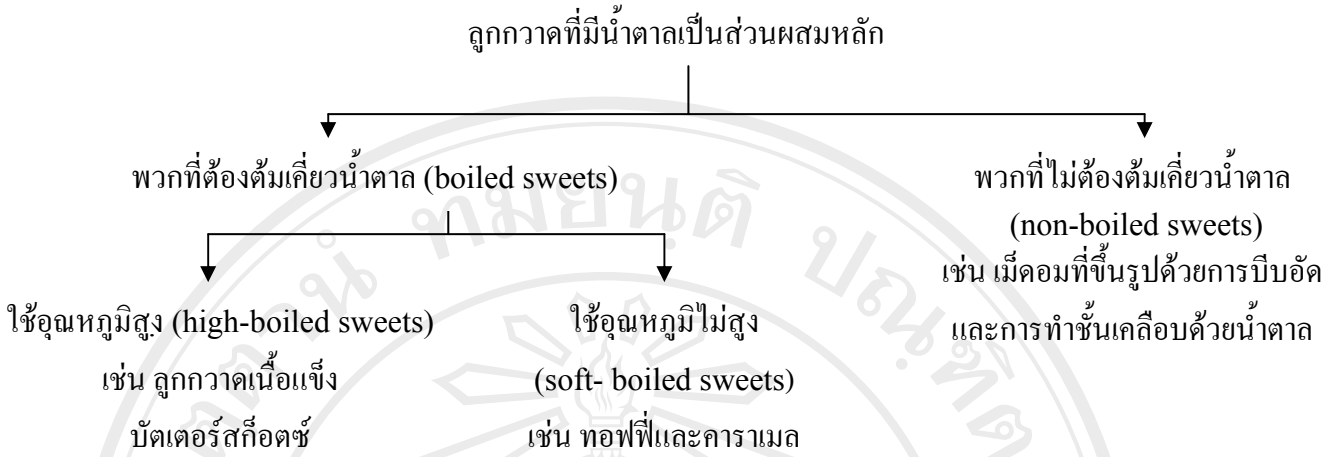
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลูโคสไซรัปสูงขึ้น จากลักษณะทางกายภาพของลูกกวาดนี้ยังแบ่งตามลักษณะเนื้อสัมผัสได้ 2 พวก คือ พวกที่ตกผลึก (grained type) จะมีลักษณะขุ่นขาว เนื่องจากมีฟองอากาศกระจายไปทั่ว และแข็งน้อยกว่าชนิดที่ไม่ตกผลึก (non grained type) ซึ่งจะมีลักษณะโปร่งใส โปร่งแสง และมีความแข็งสูงกว่า สำหรับลูกกวาดแบบที่ตกผลึก นิยมทำในผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า after dinner mint และทำเพื่อสอดไส้ด้วยแยม หรือช็อกโกแลตข้น (chocolate paste) กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีการสอดไส้นี้จะรวมเรียกว่า บอน บอนส์ (bonbons)

2) **ลูกกวาดแบบเคี้ยว** (chewy confections) เป็นลูกกวาดที่มีส่วนประกอบต่างไปจากประเภทแรก เนื่องจากมีส่วนของไขมันและ milk solid เข้ามาผสมกับน้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัปแล้วเคี่ยวจนมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 12-15 จึงทำให้มีลักษณะไม่แข็งมากนัก ในการอมลูกกวาดประเภทนี้จึงต้องเคี้ยวร่วมด้วย เนื่องจากลูกกวาดชนิดนี้มีลักษณะเหนียวหนึบ และจะต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน ไม่หยาบ ชนิดของแบะแซหรือกลูโคสไซรัปชนิดนี้จะมีค่า D.E. เท่ากับ 42 เพราะช่วยให้เนื้อสัมผัสเหมาะกับการเคี้ยวได้ดี (chewability) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้แก่ คาราเมลที่ไม่มีผลึก (non grain caramel หรือ chewy caramel) กัม และเยลลี่ทั้งเพกตินเยลลี่ สตาร์ชเยลลี่ และเยลลี่จากวุ้น

3) **ลูกกวาดแบบมีฟองอากาศ** (aerated confections) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง แต่จะไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ยังคงมี 2 ส่วนผสมกันอยู่คือ ส่วนที่เป็นน้ำเชื่อมหรือของเหลวอื่นๆ ซึ่งมักเรียกว่า เฟสต่อเนื่อง (continuous phase) กับส่วนที่เป็นฟองอากาศหรือฟองก๊าซกระจายอยู่เรียกว่า เฟสกระจาย (disperse phase) ในส่วนนี้อาจมีผลึกน้ำตาลที่เป็นของแข็งกระจายอยู่ด้วย ผลิตภัณฑ์ในรูปนี้บางสูตรจำเป็นต้องอาศัยสารลดแรงตึงผิว (surface active agent) เข้าช่วยทำหน้าที่ควบคุมความคงตัวของฟองก๊าซให้คงสภาพอยู่ และไม่เกิดการรวมตัวขึ้น ความหนืดและลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของเฟสต่อเนื่อง และขนาดของฟองก๊าซที่กระจายอยู่ ผลของการเติมอากาศ (aeration) จะทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือประมาณ 0.2 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่า เพราะเมื่อมองด้วยตาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นในน้ำหนักที่เท่ากัน และยังมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในแง่ความรู้สึกในปาก (mouthfeel) ที่แตกต่างไป อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อกลิ่นรสด้วย แต่อายุการเก็บรักษาจะเปลี่ยนไป เนื่องจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ เช่น ช็อกโกแลตที่มีฟองอากาศ และมาร์ชแมลโล (อัจฉรา, 2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.1 การจำแนกลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก

ที่มา : สุวรรณา, 2543

2.2 ลูกอมชนิดเคี้ยว (chewy candies)

ลูกอมชนิดเคี้ยว (chewy candies) จัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มลูกกวาด (confectionery product) ชนิดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก (sugar confectionery) เป็นลูกกวาดแบบเคี้ยว

ทอฟฟี่และคาราเมล

ทอฟฟี่และคาราเมล เป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มลูกอมชนิดเคี้ยว (chewy candies) เป็นพวกที่ต้องต้มเคี่ยวน้ำตาลส่วนผสมที่อุณหภูมิสูง แต่ไม่สูงเท่าลูกกวาดเนื้อแข็ง ส่วนที่แตกต่างจากลูกกวาดเนื้อแข็ง คือจะมีส่วนผสมที่เป็นนมหรือผลิตภัณฑ์จากนม รวมทั้งไขมัน (ซึ่งเหมือนกับบัตเตอร์สก็อตซ์) อยู่ด้วย มีความชื้นอยู่ในช่วงกว้าง โดยทั่วไประหว่างร้อยละ 6-8 ซึ่งจะเป็นพวกที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย แต่บางอย่างอาจมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 12 หรือมากกว่านั้น โดยเฉพาะพวกที่นำไปใช้เป็นไส้ของผลิตภัณฑ์อื่นต่อ (เช่น เป็นไส้ของช็อกโกแลตแท่ง) บางครั้งจึงอาจเรียกผลิตภัณฑ์พวกนี้ว่า soft-boiled ส่วนผสมหลักได้แก่ น้ำตาล กลูโคสไซรัป น้ำตาลอินเวิร์ต นม ไขมัน เกลือ และกลิ่น กระบวนการผลิตจะทำโดยผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทำให้ละลายจนหมด แล้วต้มเคี่ยวจนได้ความเข้มข้นตามต้องการ ซึ่งความเข้มข้นสุดท้ายและปริมาณไขมันที่ใช้ จะเป็นตัวบอกความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด กล่าวคือทอฟฟี่จะมีลักษณะค่อนข้างแข็งแต่เคี้ยวได้ ส่วนคาราเมล จะมีเนื้อนุ่มกว่า เป็นที่นิยมกันมากในสหรัฐอเมริการะหว่างศตวรรษที่ 19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยังมีผลิตภัณฑ์อีกชนิดเรียก แทฟฟี่ (taffy) เป็นลูกกวาดเนื้อเหนียวเคี้ยวได้ ใช้กลูโคสไซรัปค่อนข้างมากใส่นมผงหรือไขมันเพียงเล็กน้อย ต้มเคี่ยวจนมีความหนืดพอที่จะให้แข็งคงรูปและนิ่มพอเคี้ยวได้ เติมอากาศเข้าไปโดยการดึงหรือการเติม frappe ลงไป(สุวรรณา, 2543)

ปกติทอฟฟี่และคาราเมล จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดสมดุล (Equilibium Relative Humidity : ERH) ประมาณร้อยละ 50 น้อยกว่าในฟัดจ์ แต่สูงกว่าลูกกวาดเนื้อแข็ง หากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ห่อ มันจะดูดความชื้นเข้าไป ทำให้ค่า Tg (glass transition) ลดลง และโมเลกุลในเนื้อผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนที่มากขึ้น ดังนั้นความหนืดของเฟสไซรัปจะลดลง น้ำตาลจะตกผลึกได้ง่าย และ ทำให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลงมาก จนถึงขั้นเสียรูปได้ เรียกว่าเกิด cold flow

Ahmed, J. และคณะ (2006) กล่าวว่า คาราเมลและทอฟฟี่ มีส่วนประกอบที่คล้ายกัน ยกเว้นความแตกต่างด้านความชื้นที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยทอฟฟี่จะมีความชื้นร้อยละ 3-6 และมีสีเข้มกว่าคาราเมล ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 6-12 และมีสีอ่อนกว่า

ในการผลิตทอฟฟี่และคาราเมลปกติจะมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 118 – 130 องศาเซลเซียส (Minifie, 1989) และจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาหลักของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการฟอร์มตัวของเมลานอยดิน รวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิดทำให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป (deMan, 1990)

2.3 ส่วนประกอบสำคัญในการผลิตลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว

วัตถุดิบสำคัญในการผลิตลูกอมลำไยชนิดเคี้ยว ได้แก่ เนื้อลำไย น้ำตาล กลูโคสไซรัป (แบะแซ) เพกทิน นมผง และกลิ่น

2.3.1 ลำไย

ลำไย (Longan) จัดเป็นพืชในตระกูล *Sapindaceae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์หลายชื่อคือ *Euphoria longan* Lam.; *Euphoria longan* Strend; *Nephelium longan* Camb. และ *Dimocarpus longan* Lour. เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ (มงคล, 2543)

ลำไยเป็นไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชีย ซึ่งอาจมีถิ่นกำเนิดในลังกา อินเดียพม่าหรือจีน แต่ที่พบหลักฐานที่ปรากฏในวรรณคดีของจีนในสมัยพระเจ้าเซ็งแทงของจีนเมื่อ 1,766 ปีก่อนคริสตกาล และจากหนังสือ RuYa ของจีนเมื่อ 110 ปีก่อนคริสตกาลได้มีการกล่าวถึงลำไย และชาวยุโรปได้เดินทางไปยังประเทศจีน เมื่อปี พ.ศ.1514 ก็เขียนเรื่องราวเกี่ยวกับลำไยไว้ในปี พ.ศ.1585 แสดงว่าลำไยมีการปลูกในจีนที่มณฑลกวางตุ้ง เสฉวนมีศูนย์กลางอยู่ที่มณฑลฟูเจียน ลำไยได้แพร่หลายเข้าไปในประเทศอินเดีย ลังกา พม่าและประเทศแถบเอเชียตะวันออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เฉียงใต้ และเข้าสู่ประเทศอเมริกาในปลายพุทธศตวรรษที่ 25 สำหรับประเทศไทย ลำไยคงแพร่เข้ามาในประเทศพร้อมๆ กับประเทศในเขตนี้แต่ไม่ปรากฏหลักฐาน หลักฐานที่พบ เป็นต้นลำไยในสวนเก่าแก่ของ ร.อ.หลวงราญอริพล (เหรียญสรรพเสน) ที่ปลูกในตรอกจันทร์ถนนสาธุประดิษฐ์ใกล้วัดปริวาสในสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นลำไยที่ขยายพันธุ์มาจากเมล็ดเพาะแสดงว่าลำไยมีในประเทศไทยมาก่อนแล้ว และมีการพัฒนาพันธุ์ตามลำดับตามสภาพภูมิอากาศต่อมาพระราชชายาเจ้าดารารัศมีได้นำลำไยจากกรุงเทพฯขึ้นมา ขยายพันธุ์ในจังหวัดเชียงใหม่จากนั้นก็ขยายพันธุ์สู่ภูมิภาคต่างๆในล้านนาโดยการเพาะเมล็ดจนเกิดการแปรพันธุ์ (mutation) เกิดพันธุ์ใหม่ตามสภาพคุณลักษณะที่ดีของภูมิอากาศที่เหมาะสมและเกื้อกูลต่อการเจริญเติบโตของลำไย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จังหวัดลำพูนมีสภาพภูมิประเทศที่ดีมีลุ่มแม่น้ำใหญ่หลายสาย จนเกิดลำไยต้นหมื่นที่บ้านหนองช้างคืน อำเภอเมืองลำพูน ซึ่งเก็บผลขายต้นเดียวได้ราคาเป็นหมื่น เมื่อปี พ.ศ. 2511 ผลิตผลต่อต้นได้ 40-50 เข่ง พัฒนาการของลำไยในภูมิภาคนี้โดยเฉพาะที่จังหวัดลำพูนถ้านับจากการเสด็จกลับล้านนาครั้งแรกของพระราชชายา เจ้าดารารัศมีเมื่อปี พ.ศ. 2457 จนถึงลำไยต้นหมื่นที่หนองช้างคืนเมื่อปี พ.ศ. 2511 ก็พัฒนามาร่วม 60 ปี และถ้านับถึงปีปัจจุบัน มีการพัฒนาพันธุ์ร่วม 90 ปี แล้วจนขณะนี้มีลำไยมากมายหลายพันธุ์และมีการปลูกมากถึง 922,873 ไร่ (สำนักงานสรรพากรพื้นที่ลำพูน, 2550 : ระบบออนไลน์)

พันธุ์ลำไย (สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6, 2548 : ระบบออนไลน์)

พันธุ์ลำไยที่พบในปัจจุบันอาจแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะผล เนื้อเมล็ด และรสชาติ คือ

1. ลำไยเครือหรือลำไยเถา มีลำต้นเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ มีผลเล็ก เมล็ดโต เนื้อผลมีกลิ่นคล้ายกำมะถัน ปลูกไว้เป็นไม้ประดับมากกว่ารับประทาน

2. ลำไยต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) ลำไยพันธุ์พื้นเมือง 2) ลำไยกะโหลก มีอยู่หลายพันธุ์ ดังนี้

1) พันธุ์ดอ หรืออีดอ เป็นลำไยพันธุ์เบา คือออกดอกและเก็บผลก่อนพันธุ์อื่น ชาวสวนนิยมปลูกมากที่สุด ราคาดี เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดี โดยเฉพาะในดินอุดมสมบูรณ์ และมีน้ำพอเพียง ทนแล้งและทนน้ำได้ดีปานกลาง พันธุ์ดอแบ่งตามสีของยอดอ่อนได้ 2 ชนิดคือ

- **อีดอยอดแดง** เจริญเติบโตเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีดอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่ฉีกหักได้ง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบแบนสีแดงปัจจุบันดอยอดแดงไม่ค่อยนิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่ดี และเมื่อผลเริ่มสุกถ้าเก็บไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **อีดอยอดเขียว** มีลักษณะต้นคล้ายอีดอยอดแดง แต่ใบอ่อนเป็นสีเขียว ออกดอกติดผลง่าย แต่อาจไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ลำไยพันธุ์อีดอยังแบ่งตามลักษณะของก้านช่อผลได้ 2 ชนิด คือ อีดอ ก้านอ่อน เปลือกของผลจะบาง และอีดอก้านแข็ง เปลือกผลจะหนาผลขนาดค่อนข้างใหญ่ ทรงผลกลมแป้น เบี้ยวยกบ่าข้างเดียว ผิวสีน้ำตาล มีกระหรือตาห่าง สีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย

2) พันธุ์ชมพูหรือสีชมพู เป็นลำไยพันธุ์กลาง มีรสชาตดี นิยมรับประทาน ทรงพุ่มต้นสูงโปร่ง กิ่งเปราะหักง่าย การเจริญเติบโตดี ไม่ทนแล้ง เกิดดอกติดผลง่ายปานกลาง การติดผลไม่สม่ำเสมอ ช่อผลยาว ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ทรงผลค่อนข้างกลม เบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาลอมแดง ผิวเรียบ มีกระสีคล้ำตลอดผล เปลือกหนา แข็งและเปราะ เนื้อหนาปานกลาง นิ่มและกรอบ สีชมพูเรื่อๆ ยิ่งผลแก่จัดสีของเนื้อยิ่งเข้ม เนื้อล่อน รสหวาน กลิ่นหอม เมล็ดค่อนข้างเล็ก

3) พันธุ์แห้ว หรืออีแห้ว เป็นลำไยพันธุ์หนัก ลำต้นไม่ค่อยแข็งแรง เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดงเขียว เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดีมาก ทนแล้งได้ดี พันธุ์แห้วแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือแห้วยอดแดงและแห้วยอดเขียว ลักษณะแตกต่างกันที่สีของใบอ่อนหรือยอด แห้วยอดแดงมีใบอ่อนเป็นสีแดง แห้วยอดเขียวมีใบอ่อนหรือยอดเป็นสีเขียว เกิดดอกและติดผลค่อนข้างยากอาจให้ผลเว้นปี ช่อดอกสั้น ขนาดผลในช่อมักไม่สม่ำเสมอกัน ผลขนาดใหญ่หรือปานกลาง ทรงผลกลมและเบี้ยว ฐานผลปุ่ม ผิวสีน้ำตาล มีกระสีคล้ำตลอดผล เปลือกหนา เนื้อหนาแน่น แห้งและกรอบ สีขาวขุ่น รสหวานแหลม กลิ่นหอม มีน้ำปานกลาง เมล็ดขนาดค่อนข้างเล็ก แห้วยอดแดงจะออกดอกง่ายกว่าแห้วยอดเขียวและมีเนื้อสีค่อนข้างขุ่นน้อยกว่าและมีปริมาณน้ำมากกว่าแห้วยอดเขียว

4) พันธุ์เบี้ยวเขียวหรืออีเบี้ยวเขียว เป็นลำไยพันธุ์หนักเจริญเติบโตดี ทนแล้งได้ดีแต่มักอ่อนแอต่อโรคพุ่มไม้กวาด เกิดดอกยาก มักเว้นปี ช่อผลหลวม สีของผลเมื่อมีขนาดเล็กสีเขียวพันธุ์เบี้ยวเขียวแบ่งได้เป็น 2 ชนิด เบี้ยวเขียวก้านแข็ง (เบี้ยวเขียวป่าเส้า) และเบี้ยวเขียวก้านอ่อน (เบี้ยวเขียวป่าแดด) เบี้ยวเขียวก้านแข็งให้ผลไม่ดกแต่ขนาดผลใหญ่มาก แต่ติดผลน้อยไม่ค่อยนิยมปลูก ส่วนเบี้ยวเขียวก้านอ่อนให้ผลดกเป็นพวงใหญ่ ผลมีขนาดใหญ่ ทรงผลกลมแบนและเบี้ยวมากเห็นได้ชัด ผิวสีเขียวอมน้ำตาล ผิวเรียบ เปลือกหนาและเหนียว เนื้อหนาแห้งกรอบล่อนง่าย สีขาว มีน้ำน้อย รสหวานแหลม กลิ่นหอม เมล็ดค่อนข้างเล็ก

5) พันธุ์ใบดำหรืออีดำหรือกะโหลกใบดำ เป็นลำไยพันธุ์กลาง ออกดอกติดผลสม่ำเสมอเจริญเติบโตดีมาก ทนแล้งและน้ำได้ดี ข้อเสียคือ ผลโตเต็มที่จะเล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ ผลขนาดใหญ่ปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่อนข้างกลม แบนและเบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาล ผิวขรุขระ เปลือกหนาและเหนียว ทนทานต่อการขนส่ง เนื้อหนาปานกลาง สีขาวครีม รสหวาน เมล็ดขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างยาวและแบน

6) พันธุ์แดงหรืออีแดงกลม เป็นลำไยพันธุ์กลาง ผลกลม เนื้อมีกลิ่นคาวคล้ายกำมะถัน ทำให้คุณภาพ ไม่ค่อยดี การเจริญเติบโตดีปานกลาง ไม่ทนแล้ง และไม่มีน้ำขังจึงล้มง่าย มักยืนตายเมื่อเกิดสภาพน้ำขัง หรือปีที่ติดผลดก พันธุ์แดงแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แดงเปลือกหนา และแดงเปลือกบาง พันธุ์แดงเกิดดอกและติดผลง่าย ติดผลค่อนข้างคงที่ ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ขนาดผลค่อนข้างสม่ำเสมอ ทรงผลกลม ผิวสีน้ำตาลอมแดง ผิวเรียบ เปลือกบาง เนื้อหาปานกลาง สีขาวครีมเนื้อเหนียว มีน้ำมากจึงมักแฉะ เมล็ดรูปร่างป้อม จุกใหญ่มาก แดงเปลือกหนามีขนาดผลใหญ่กว่า เปลือกหนากว่า เนื้อหนากว่า ส่วนลักษณะอื่นๆ คล้ายคลึงกัน

7) พันธุ์อีเหลืองหรือเหลือง มีทรงพุ่มค่อนข้างกลม ออกผลดก กิ่งเปราะจึงหักง่ายเมื่อมีผลดกมากๆ ผลค่อนข้างกลม เนื้อสีขาวนวล เมล็ดกลม

8) พันธุ์พวงทอง เป็นพันธุ์ที่ช่อดอกขนาดใหญ่กว้าง ผลทรงค่อนข้างกลมและเบี้ยวเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาล มีกระสีน้ำตาล เนื้อหนา กรอบ สีขาวครีม รสหวาน เมล็ดขนาดปานกลางและแบน

9) พันธุ์เพชรสาครทวาย จัดว่าเป็นลำไยพันธุ์ทวายคือ สามารถออกดอกมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปี มีใบขนาดเล็ก เรียวแหลม ออกดอกและให้ผลผลิตปีละ 2 รุ่น คือ รุ่นแรกออกดอกราวเดือนธันวาคม - มกราคม และเก็บผลได้ประมาณเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน รุ่นที่สองออกดอกราวเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม เก็บเกี่ยวผลได้ในเดือนธันวาคม - มกราคม ผลกลม เปลือกบาง เนื้อมีสีขาวฉ่ำน้ำ

10) พันธุ์ปู่มาตีนโค้ง มีผลสวยมาก ขนาดใหญ่ สีเขียวให้ผลดก แต่คุณภาพและรสชาติไม่ดี กลิ่นคาว ปัจจุบันพันธุ์นี้ลดลงเป็นอย่างมาก คงมีแต่สวนเก่าๆ ซึ่งมีเพียงบางต้นเท่านั้น

11) พันธุ์ตลับนาค ผลขนาดใหญ่ ค่อนข้างกลม ผิวเปลือกเรียบ เนื้อหนา สีขาวใส เมล็ดเล็ก รสไม่ค่อยหวานจัด

ลำไย เป็น 1 ใน 4 สินค้า Product Champion เพราะเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และทำรายได้ปีละหลายล้านบาท ลำไย จัดเป็นผลไม้ชนิดบ่มไม่สุก หรือต้องเก็บเกี่ยวเมื่อสุกพร้อมบริโภคได้ (non-climacteric) เป็นผลไม้ที่มีรสหวาน มีกลิ่นหอมและไม่มีรสเปรี้ยว โดยทั่วไปมีความหวาน 16-20 องศาบริกซ์ pH 6.7-6.9 เนื้อลำไยสดมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลูโคส ฟรุกโทส และซูโครส กรดอินทรีย์มีหลายชนิด เช่น กรดกลูโคนิค กรดมาลิค และกรดซิตริก ฯลฯ และมีกรดอะมิโนอีกประมาณ 9 ชนิด เป็นเหตุให้ลำไยมีสรรพคุณทางยา โดยเฉพาะลำไยแห้งจะให้คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าลำไยสดจำนวน 5 เท่า ลำไยมีสารอาหารมากมายไม่ว่าจะเป็นน้ำตาลกลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส และวิตามินชนิดต่างๆ เช่น วิตามินซี วิตามินบี 1 และบี 2 สูง โดยเนื้อลำไยมีรสหวานและมีสรรพคุณแก้ผอมแห้งแรงน้อย นอนไม่หลับ ขี้ลืม ใจสั่น บำรุงร่างกาย บำรุงประสาท ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ช่วยบำรุงกำลังของสตรี ภายหลังจากการคลอดบุตร ส่วนลำไยแห้งนั้นจะมีสรรพคุณในการบำรุงหัวใจ ระบบประสาท ช่วยย่อยอาหาร ช่วยบำรุงกำลัง และบำรุงโลหิต (มหัศจรรย์ผลไม้ไทย, 2549 : ระบบออนไลน์)

นอกจากนี้ในทางการแพทย์แผนโบราณของจีนใช้ลำไยโดยเฉพาะลำไยแห้งเป็นยา มีสรรพคุณใช้บำรุงหัวใจ บำรุงเลือด บำรุงประสาท บำรุงผิวพรรณ ช่วยย่อยอาหาร แก้อาการเครียด กระวนกระวายนอนไม่หลับ แก้อาการหลงลืม เพลีย อีกทั้งยังเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นอาหารบำรุงสมรรถภาพทางเพศได้ จากผลการวิจัยลำไยแห้งของทีมวิจัย นำโดย รองศาสตราจารย์ ดร.อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ หัวหน้าภาควิชาเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ข้อมูลวิทยาศาสตร์ยืนยันสรรพคุณประโยชน์ของลำไยในทางการแพทย์และเภสัชวิทยา และสามารถเตรียมสารสกัดมาตรฐานจากลำไยแห้งที่มีสรรพคุณทางการแพทย์และเภสัชอย่างน่าสนใจ ได้แก่ สารออกฤทธิ์เหนี่ยวนำเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ และเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวให้ตายแบบอะพอพโตซิส (apoptosis induction) สารที่ยับยั้งความเป็นพิษของสารก่อมะเร็งทางเดินอาหาร (carcinogen inactivation) สารที่ออกฤทธิ์ลดการเสื่อมสลายของข้อเข่า ผลการวิจัยล่าสุดได้พบสารสำคัญที่สามารถออกฤทธิ์ทำลายและต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งยับยั้งกระบวนการสร้างเม็ดสีผิวเมลานินได้ดีกว่าสารเคมีที่ใช้ในเครื่องสำอางปัจจุบัน โดยขณะนี้ทางทีมวิจัยได้พัฒนานำสารสกัดมาตรฐานเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้นวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัยและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์จากลำไย ซึ่งจะเป็นการช่วยเหลือและยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรชาวสวนลำไย ในที่สุดผลิตภัณฑ์จากลำไยแห้งจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคซึ่งรักและใส่ใจในสุขภาพ (สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6, 2548 : ระบบออนไลน์)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของเนื้อลำไย

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม และวิตามินซี (สุรภา, 2548) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ทั้งนี้ขึ้นกับ ระยะความแก่-อ่อน สายพันธุ์ พื้นที่ปลูก และการดูแลระหว่างการ

เพาะปลูก ปริมาณผลผลิต การแปรรูปลำไย และการส่งออกลำไย ปี 2548 - 2550 และตลาดส่งออกหลักของลำไยไทย ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการและส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อลำไยสดและเนื้อลำไยอบแห้ง

ส่วนประกอบ		เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยอบแห้ง
ความชื้น	(%)	81.10	17.80
ไขมัน	(%)	0.11	0.40
เส้นใย	(%)	0.28	1.60
โปรตีน	(%)	0.97	4.60
เถ้า	(%)	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต		16.98	72.70
ค่าพลังงานความร้อน	(กิโลจูล / 100 กรัม)	72.79	311.80
แคลเซียม	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	5.70	27.70
เหล็ก	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	35.30	159.50
วิตามินซี	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	69.20	137.80
โซเดียม	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	-	4.50
โพแทสเซียม	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	-	2012.00
ไนอาซีน	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	-	3.03
กรดแพนโททีนิก	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	-	0.57
วิตามินบีสอง	(มิลลิกรัม / 100 กรัม)	-	0.375

ที่มา: รัตนา, 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 ปริมาณผลผลิต ลำไยสด แปรรูป และการส่งออก ปี 2548 - 2550

	ปี 2548 (ตัน)	ปี 2549 (ตัน)	ปี 2550 (ตัน)	การเปลี่ยนแปลง (%)
ผลผลิตลำไย	712,200	471,900	499,700	+ 5.89
บริโภคสด	143,700	120,000	149,700	+ 24.75
การแปรรูป				
- ลำไยกระป๋อง	21,200	18,700	20,000	+ 6.95
- ลำไยอบแห้ง	412,900*	180,600	200,000	+ 10.74
การส่งออก				
- ลำไยสด	134,400	119,784	130,000	+ 8.53
- ลำไยกระป๋อง	21,200	11,206		
- ลำไยอบแห้ง	94,700	78,390		

ที่มา : สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, กรมการค้าภายใน

หมายเหตุ : * ปี2548 เป็นการแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งผลและเนื้อสีทอง

ตารางที่ 2.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกลำไยสด แปรรูป ปี 2547-2549

ปี	ลำไยสด		ลำไยอบแห้ง		ลำไยบรรจุภาชนะอัดลม		ลำไยแช่เย็นจนแข็ง		มูลค่ารวม
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	
2547	115,479	2,166	71,562	1,541	11,321	403	708	27	4,138
2548	133,646	2,165	94,773	2,351	12,669	443	787	33	4,992
2549	119,430	2,116	78,390	1,607	11,206	400	354	21	4,144

ปริมาณ : ตัน มูลค่า : ล้านบาท

ที่มา : http://www.thailandlongan.com

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาด ได้แก่ น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป น้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลเดกซ์โทรส และน้ำตาลมอลโทส (อัจฉรา, 2549) น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมนั้น จะผลิตจากอ้อย (sugar cane) ซึ่งเป็นพืชที่ปลูกในเขตร้อน ประมาณ 60 % และผลิตจากหัวบีท (beet root) ซึ่งปลูกในเขตอบอุ่นประมาณ 40 % กรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยและหัวบีท มีหลักการคล้ายกันคือ สกัดเอาสารละลายน้ำตาลออกมา (ในกรณีที่เป็นอ้อย ใช้วิธีบีบคั้นเอาน้ำอ้อย ส่วนหัวบีท จะต้องใช้น้ำสกัด) นำมากรองให้สะอาด แล้วต้มระเหยเอาน้ำออกจนถึงระดับที่น้ำตาลสามารถตกผลึกแยกตัวออกมาได้ (สุวรรณา, 2543)

น้ำตาลที่ผลิตจากโรงงานแบ่งออกเป็น 3 ชนิด (สุวรรณา, 2543)

1. น้ำตาลดิบ เป็นน้ำตาลที่ไม่ผ่านการฟอกสี ผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ความบริสุทธิ์ของน้ำตาลดิบที่วัดโดยวิธีโพลาไรเซชัน (polarization) คิดเป็นน้ำตาลซูโครส 97.5 % และมีค่าสีประมาณ 3,000 หน่วย (ICUMSA unit วัดที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร)
2. น้ำตาลทรายขาวธรรมดา (plantation white sugar) น้ำตาลชนิดนี้ถูกผ่านขั้นตอนการใช้สารจับรงควัตถุที่ทำให้เกิดสี แล้วตกตะกอนสารดูดซับออกไป ทำให้ผลึกน้ำตาลมีสีขาวขึ้น ความบริสุทธิ์ 99.5% มีค่าสีมากกว่า 45-100 หน่วย
3. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) มีความบริสุทธิ์ถึง 99.9% และค่าสีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 หน่วย

น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุด ส่วนน้ำตาลทรายแดง (brown sugar) มีการใช้บ้างเพื่อแต่งกลิ่นในผลิตภัณฑ์คาราเมลและฟัดจ์ นอกจากนี้ยังมีการผลิตน้ำตาลผสมสำเร็จรูปเพื่อนำไปทำฟองดองท์ โดยเฉพาะเพื่อลดขั้นตอนการเคี่ยวและการนวด ได้น้ำตาลที่เรียกว่า น้ำตาลทรายป่น ซึ่งเป็นการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตร้อยละ 3 เพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลทรายหรืออาจใช้มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ผสมประมาณร้อยละ 13 นอกจากนี้ยังมีการผลิตออกมาในรูปที่เรียกว่า น้ำตาลเกล็ดละเอียด (microcrystalline sugar) หรือเรียกชื่อทางการค้าว่า microtal ซึ่งน้ำตาลชนิดนี้จะมีลักษณะการไหลอย่างอิสระ ละลายน้ำง่าย ดูดซับความชื้นต่ำ มีมวลความหนาแน่นต่ำ และละลายได้ง่าย ความสามารถในการละลายน้ำนับว่าเป็นสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลต่อการนำไปใช้ (รัตติกร, 2544) ขนาดอนุภาคของน้ำตาลทรายชนิดต่างๆ และรูปแบบการใช้งาน แสดงดังตารางที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.4 ขนาดอนุภาคของน้ำตาลชนิดต่างๆ

Type of sugars	Maximum	Minimum
Granulated	400 µm	600 µm
Icing (milled sugar)	10-15 µm mean	10-15 µm mean
Coarse sugar	> 55 % above 1.18 mm.	< 5 % below 850 µm
Medium sugar	< 8 % above 1.18 mm.	< 12 % below 600 µm
Powdered sugar	17 % max above 212 µm	23-55 % below 53 µm
Ultra fine sugar	< 45 % above 355 µm	20-45 % below 150 µm
Caster sugar	< 10 % above 425 µm	< 22 % below 212 µm
Non pareil sugar	< 5 % above 850 µm	< 10 % below 600 µm
Fine sugar	< 7 % above 850 µm	< 13 % below 425 µm

ที่มา : Edwards (2000)

ตารางที่2.5 รูปแบบของน้ำตาลที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก

Products	White granulated	Speciality white granulated	Screened speciality	Milled speciality	Brown sugar	Liquid sugar	Syrup and treacles
Boiled sweet	yes	yes	yes	yes	no	yes	no
Toffees/fudges	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Gums/pastilles	yes	yes	yes	no	no	yes	no
Chewing gum	yes	no	no	yes	no	no	no

ที่มา : Edwards (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยทั่วไปน้ำตาลทรายจะละลายได้จนมีความเข้มข้นร้อยละ 67 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เมื่อวางทิ้งไว้จะตกผลึกในระยะสั้น แต่ถ้ามีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต หรือ กลูโคสไซรัปลงไปผสมจะช่วยให้น้ำตาลทรายละลายได้มากขึ้นโดยไม่ตกผลึก และยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วยแต่ต้องมีความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป ในการผลิตลูกกวาดจึงมักนิยมเตรียมน้ำเชื่อมในรูปที่เข้มข้นไว้ ก่อนจะส่งไปยังถังเคี่ยวน้ำตาลทรายที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นี้ และน้ำตาลจะละลายได้ดีที่อุณหภูมิห้อง โดยสามารถละลายได้จนมีความเข้มข้นสูงสุดถึงร้อยละ 66.4 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ ร้อยละ 76.4 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส หากเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 100 องศาเซลเซียส จะละลายได้ถึงร้อยละ 82 อัตราเร็วของการละลายของน้ำตาลจะลดลงขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น (สายสนมและสิริ, 2539) ความสามารถในการละลายของน้ำตาลซูโครสแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาณการละลายของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำตาลซูโครส (กรัม / น้ำ 100 กรัม)
0	179.2
10	109.5
20	203.9
30	219.5
40	238.1
50	260.4
100	487.2
110	669.0

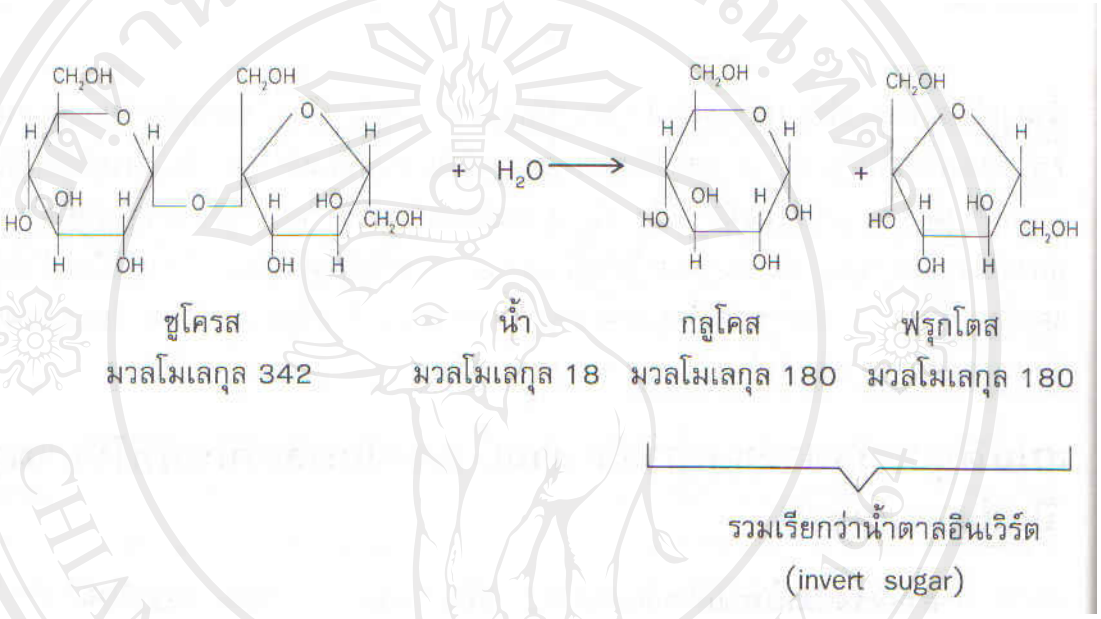
ที่มา : สายสนมและสิริ (2539)

น้ำตาลเมื่อผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยทั่วไปจะมีสิ่งเจือปน (impurity) น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ซึ่งอยู่ในรูปของเถ้า โปรตีน และอื่นๆ บางครั้งอาจเรียกน้ำตาลอินเวิร์ตว่าเป็นสิ่งเจือปนเพราะจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในระหว่างกระบวนการผลิตทำให้ลูกกวาดมีสีน้ำตาล ส่วนเถ้าอาจทำให้ไขมันเกิดปฏิกิริยา saponification กลายเป็นสบู่ซึ่งส่งผลให้เกิดฟองจำนวนมากในระหว่างการผลิต น้ำตาลที่อยู่ในรูปของเหลว (liquid sugar) มีความชื้นประมาณร้อยละ 33-34 ซึ่งหมายความว่าต้องใช้เวลานานขึ้นในการผลิตลูกกวาดเพื่อกำจัดความชื้นที่มากเกินไปเมื่อใช้น้ำตาลในรูปของเหลว (รัตติกร, 2544)

น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) คือน้ำตาลที่ได้จากการไฮโดรไลซ์น้ำตาลทรายหรือ สตาร์ชให้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว คือ กลูโคสและฟรุกโตส ซึ่งการผลิตน้ำตาลชนิดนี้ในแบบดั้งเดิม โดยการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้มน้ำเชื่อมกับกรดชนิดต่างๆ เช่นกรดน้ำส้ม กรดซิตริก และทาทาร์ริก นานประมาณ 30-45 นาที กรดที่ใช้เข้มข้นร้อยละ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีสีเข้ม และระยะหลังนิยมใช้เอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) มาไฮโดรไลซ์ ระดับของการอินเวิร์ตจะแตกต่างกันไป ที่ผลิตและจำหน่ายในปัจจุบันจะมีลักษณะเป็นน้ำเชื่อมใส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 70 ในส่วนนี้จะประกอบด้วยน้ำตาลอินเวิร์ตร้อยละ 50



รูปที่ 2.2 การไฮโดรไลซ์น้ำตาลทรายเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต

ที่มา : สุวรรณา, 2543

ในการเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนนม เมื่อเติมนมหรือนมผงลงในสารละลายน้ำตาลแล้วต้มจนเดือด จะพบการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือการเกิดสีน้ำตาลและกลิ่นหอมหวาน ทั้งนี้เป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (ซึ่งเกิดเมื่อน้ำตาลถูกอินเวิร์ตด้วยความร้อน)กับโปรตีนในนม ซึ่งเป็นจุดเด่นในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ทอฟฟี่ คาราเมล และฟัดจ์ (สุวรรณา, 2543)

Bouzas (1999) กล่าวว่า ปริมาณและชนิดของ reducing sugar จะเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาสีน้ำตาล ขณะที่ไขมันพืชจะเป็นตัวกำหนดลักษณะเนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก (mouth feel) และอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ไขมันยังเป็นตัวนำรสชาติ (flavour carrier) ลดความเหนียว (stickiness reducer) และช่วยในการทำงานของเครื่องจักร (machinability assistance)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Crandall and Wicker (1986) รายงานว่าน้ำตาลเป็นส่วนผสมสำคัญที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ที่การใช้เพกทินที่มีเมทอกซีสูง (high methoxy pectin) เป็นสารก่อเจล โดยทำหน้าที่เป็น dehydrating agent และเป็นปัจจัยที่สนับสนุนให้เกิดโครงสร้างตาข่าย

ในทางอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเลือกใช้น้ำตาลทรายเม็ดเนื่องจากมีความคงตัวและขนส่งได้สะดวกกว่าน้ำตาลไซรัป ส่วนน้ำตาลทรายป่นและน้ำตาลทรายผงมักมีปัญหาในการนำมาใช้เนื่องจากฟุ้งกระจายได้ง่าย (Edward, 2000)

อุตสาหกรรมอาหารที่ใช้น้ำตาลที่ผลิตได้ส่วนใหญ่เป็นวัตถุดิบหรือส่วนผสม ได้แก่ อุตสาหกรรมลูกกวาด อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมขนมอบจำพวกเค้กและบิสกิต ส่วนน้ำตาลที่เหลือจะนำไปขายปลีกเพื่อใช้ปรุงอาหารในครัวเรือน (Yudkin, 1971)

2.3.3 เพกทิน

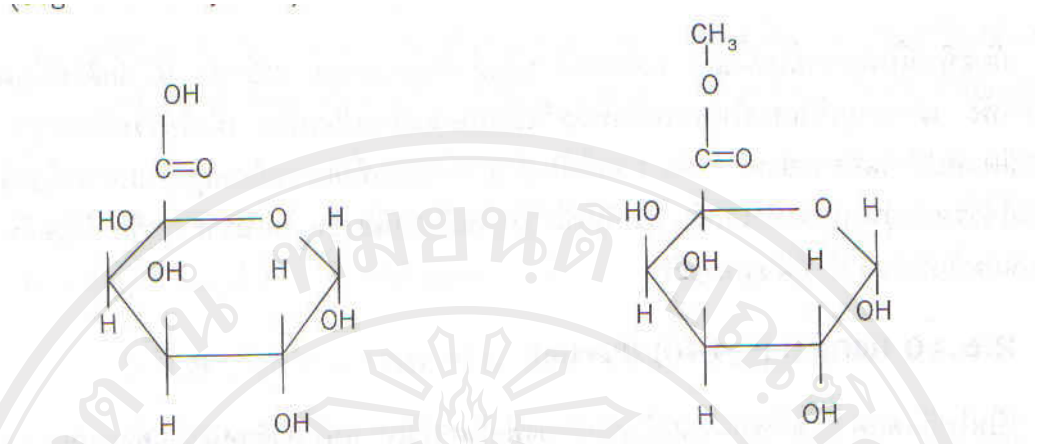
เพกทินเป็นสารประกอบประเภทพอลีแซกคาไรด์ ทำหน้าที่เป็นตัวยึด (adhesive) หรือ firming agent ในผลไม้และผักหลายชนิด (Gross, 1978) สามารถสกัดได้จากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและพบได้ในเนื้อผลไม้ เช่น แอปเปิ้ลและฝรั่ง (นิธิยา, 2543) เพกทิน ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมและเยลลี และเป็นสารคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์นมที่มีสภาพเป็นกรด โดยป้องกันไม่ให้เคซีนที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในน้ำนมรวมตัวกันตกตะกอน (Pilnik and Rombouts, 1985)

เพกทินที่พบในผลไม้มีทั้งรูปที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า โพรโทเพกทิน (protopectin) และรูปที่ละลายน้ำได้ ซึ่งประกอบด้วยกรดเพกทินิก (pectinic acid) และกรดเพกทิก (pectic acid) (Crandall and Wicker, 1986) ในผลไม้ที่ยังไม่สุกโมเลกุลของเพกทินจะประกอบด้วยหมู่เมทิลจำนวนมากและไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้สุกโพรโทเพกทินจะละลายน้ำได้มากขึ้น เมื่อผลไม้แก่จัดและเริ่มมีการเสื่อมสลาย เพกทินจะถูกไฮโดรไลซ์จนถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อ และความสามารถในการเกิดเจลของเพกทินจะลดลง (Gross, 1978)

2.3.3.1 โครงสร้างของเพกทิน

โมเลกุลเพกทินประกอบด้วยสายโพลิเมอร์หลักของกรดกาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) จำนวน 200-1,000 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (1-4) (Nussinovitch, 1997;Schols and Voragen, 2002) แสดงดังรูปที่ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของกรดกาแลกทูโรนิก (ซ้าย) และ Methoxylated galacturonic acid (ขวา)

ที่มา : สุวรรณา, 2543

นอกจากนั้น ในโมเลกุลของเพกทินยังมีสายแขนงเป็นน้ำตาลอะราบิโนสและน้ำตาลกาแลกโทส โดยที่บางส่วนของหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของ D-galacturonic acid จะถูกเอสเทอริไฟด์ด้วยหมู่เมทิลได้เป็นเมทิลเอสเทอร์ (นิธิยา, 2543) ในเพกทินบางชนิด บางส่วนของหมู่เมทิลเอสเทอร์จะถูกแทนที่ด้วยหมู่เอไมด์ ซึ่งอาจมากที่สุดถึง 80 % (Nussinovitch, 1997)

อัตราส่วนของหมู่ methoxylated galacturonic acid ต่อหมู่ของ D-galacturonic acid ทั้งหมดที่มีอยู่ในโมเลกุลของเพกทิน เรียกว่า degree of methylation (DM) (นิธิยา, 2543) หรือ degree of esterification (DE) (Nussinovitch, 1997)

2.3.3.2 ชนิดของเพกทิน

เพกทินในทางการค้าแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามค่า degree of methylation คือ เพกทินชนิดเมทอกซีสูง และเพกทินชนิดเมทอกซีต่ำ (Rolin and De Vries, 1990)

ก. เพกทินชนิดเมทอกซีสูง (high methoxyl pectin) คือเพกทินที่มีค่า DM ตั้งแต่ 50% ขึ้นไป เพกทินที่มีในทางการค้าจะมีค่า DM แปรผันอยู่ในช่วง 55-75% การเกิดเจลโดยเพกทินชนิดนี้จะต้องมีส่วนผสมที่เหมาะสม คือ มีปริมาณน้ำตาล 55-65% ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2.9-3.1 (Rolin and De Vries, 1990) เพกทินชนิดเมทอกซีสูงยังสามารถแบ่งออกได้ตามอัตราเร็วของการเกิดเจล คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ชนิด rapid set จะมีค่า DM อยู่ในช่วง 70-75% เพกทินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลอย่างรวดเร็ว เหมาะแก่การนำมาใช้ทำแยมผลไม้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการเซตตัวของเจลน้อย ช่วยป้องกันการจมตัวของผลไม้
2. ชนิด slow set จะมีค่า DM อยู่ในช่วง 55-70%เพกทินชนิดนี้จะเกิดการเซตตัวเป็นเจลช้า การเกิดเจลต้องมีปริมาณน้ำตาลในระบบสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเซตเจลจะต่ำกว่าชนิดแรก เหมาะในการนำมาใช้ทำเยลลีและผลิตภัณฑ์ลูกกวาดชนิดอื่นๆ (May, 1997)

ข. เพกทินชนิดเมทอกซีต่ำ (low methoxyl pectin) คือเพกทินที่มีค่า DM ต่ำกว่า 50% ส่วนใหญ่จะมีค่า DM อยู่ในช่วง 20-40% (Dumitriu, 1998) แต่ในทางการค้าจะนิยมใช้ค่า DM ในช่วง 20-40% เพกทินชนิดนี้สามารถเกิดเจลได้โดยต้องมีแคลเซียมไอออนอยู่ด้วยอย่างเพียงพอต่อการเกิดเจล (May, 1997) อาจใช้น้ำตาลปริมาณเพียงเล็กน้อย หรือไม่ใช้เลยก็ได้ (Axelos and Thibualt, 1991) เพกทินชนิดเมทอกซีต่ำ ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มตามอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยากับอนุมูลของแคลเซียมไอออน คือ กลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมสูง จะมีค่า DM มาก และเกิดเจลได้เร็วที่สุด กลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมปานกลาง จะมีค่า DM ปานกลาง และกลุ่มที่มีความไวต่อแคลเซียมต่ำ จะมีค่า DM ต่ำ โดยการเกิดเจลของเพกทินชนิดเมทอกซีต่ำทั้ง 3 กลุ่ม จะเกิดเจลได้เร็ว ปานกลาง และช้า ตามลำดับ

2.3.3.3 แรงระหว่างโมเลกุลที่มีผลต่อความคงตัวของเจลเพกทิน (กนกรัตน์, 2546)

เพกทินก่อเจลด้วยการรวมตัวของสายพอลิเมอร์โดยอาศัยพันธะ และแรงระหว่างโมเลกุลคือ พันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิค

2.3.3.3.1 พันธะไฮโดรเจน

พันธะไฮโดรเจน เป็นแรงยึดเหนี่ยวอย่างอ่อน มีบทบาทต่อความคงตัวของโครงสร้างที่เป็นโมเลกุลใหญ่ เจลจะมีความคงตัวต่อความร้อนมากขึ้น เมื่อจำนวนพันธะไฮโดรเจนมากขึ้น

2.3.3.3.2 พันธะไฮโดรโฟบิค

พันธะไฮโดรโฟบิค เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลไม่มีขั้ว เช่นน้ำมัน ซึ่งต่างจากน้ำที่เป็นโมเลกุลมีขั้ว โมเลกุลที่ไม่มีขั้วดังกล่าวยึดเกาะกับส่วนที่ไม่มีขั้วของโมเลกุลใหญ่ เพื่อลดพลังงานให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.3.4 การใช้เพกทินในอุตสาหกรรมอาหาร

การนำเพกทินมาใช้ประโยชน์สมัยแรกสุดนั้น จะเป็นการนำเพกทินมาใช้ผลิตแยม และเยลลี โดยเพกทินจะเป็นส่วนประกอบสำคัญในแยมและเยลลีผลไม้ นอกจากน้ำตาลและกรด (May, 2000)

การศึกษากัมมีเยลลีที่ใช้เจลาตินผสมกับเพกทินชนิดที่เมทอกซีสูง และกำหนดพีเอช เท่ากับ 3.3 พบว่าการเพิ่มเพกทินทำให้ระยะทางที่เจลถูกกดจนแตกมีค่าลดลง นอกจากนั้น พบว่า แรงที่ใช้กดจนเจลแตกมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเพกทินในช่วง 0-1% หากยังคงเพิ่มปริมาณเพกทิน มากขึ้น แรงกดที่ใช้จะมีค่าสูงขึ้น (Demars and Ziegler, 2001)

เพกทินที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี มักเป็นชนิด slow set ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เจล เซตตัวอย่างช้าๆ ซึ่งจะมีเวลาให้ฟองอากาศที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อเยลลีได้ลอยตัวขึ้นไปยังผิวได้ ทำ ให้เนื้อเยลลีที่ได้มีความใส นอกจากแยม เยลลี และขนมหวานต่างๆแล้ว ยังมีการนำเพกทินมาใช้ใน ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ใช้ทำไส้ขนม เจลเคลือบผิว หรือใช้แต่งหน้าเค้ก เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์นม นิยมใช้เพกทินเป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัว เช่น นมเปรี้ยวและโยเกิร์ต (May, 2000)

การเติมเพกทินลงในผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนใหญ่มีจุดประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความหนืด เป็นสารก่อเจล และเพิ่มความคงตัว ล่าสุดได้มีการพัฒนาเพกทินที่มีคุณสมบัติพิเศษ เพื่อใช้ทดแทน ไขมันในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ ซึ่งการประยุกต์ใช้เพกทินในอาหารดังกล่าว สรุปได้ในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 การประยุกต์ใช้เพกทินในผลิตภัณฑ์อาหาร

ประเภทการใช้งาน	ผลิตภัณฑ์	วัตถุประสงค์
สารเพิ่มความหนืด และสารก่อเจล	แยม เยลลี่ เบเกอรี่ ผลไม้ที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์นม ลูกกวาด และลูกกวาดชนิดเจล	- เพื่อการยอมรับของผู้บริโภค -เพิ่มความแน่นเนื้อของแยม แต่ยังคงแผ่ออกได้ - เพิ่มความแน่นเนื้อของลูกกวาด - เพื่อความมันเงาของเบเกอรี
สารเพิ่มความคงตัว และ Emulsifier	เครื่องดื่มจากผลไม้ และนม เช่น low-pH milk drink, fermented drink, mix of fruit and milk	- เพื่อความเป็นเนื้อเดียวกัน - เพิ่ม isoelectric point ของโปรตีนในนม (casein)
Fat mimetic	มายองเนส มาร์การีน น้ำสลัด ไอศกรีม ไส้กรอก	-ใช้แทนไขมันคงลักษณะเนื้อสัมผัสของไขมันในอาหาร

ที่มา: กนกรัตน์ (2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 กลูโคสไซรัป

กลูโคสไซรัป หรือ คอร์นไซรัป หรือ ลิควิดกลูโคส หรือ แบะแซ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เตรียมในระยะแรกๆ (ในสหรัฐอเมริกา) คือข้าวโพด ปัจจุบันจะเตรียมจากการไฮโดรไลซ์แป้งที่บริโภคได้ เช่นแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งมันฝรั่ง ด้วยกรดหรือเอนไซม์เพียงบางส่วน โดยผ่านการทำให้บริสุทธิ์ และทำให้เข้มข้นขึ้น กลูโคสไซรัปที่ได้จะเป็นสารละลายเนื้อเดียวของ ดี (+)-กลูโคส มอลโทส และพอลิเมอร์อื่นๆ ของกลูโคส ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยตัวกลางและกระบวนการที่ต่างกันแสดงดังรูปที่ 2.2 ระดับการสลายตัวของสตาร์ชจะมีผลต่อชนิดและสมบัติของกลูโคสไซรัป ซึ่งนิยมกำหนดด้วยค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent, D.E.) หมายถึง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในรูปดี (+)-กลูโคสที่มีในน้ำหนักแห้งทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ หากการไฮโดรไลซ์สตาร์ชแล้วทำให้โมเลกุลสตาร์ชกลายเป็นเส้นตรงทั้งหมด เรียกว่าเดกซ์ตริน ผลผลิตจะมีค่า D.E. เท่ากับ 0 และหากไฮโดรไลซ์สตาร์ชจนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมด ผลผลิตจะมีค่า D.E. เท่ากับ 100 ปกติกลูโคสไซรัปที่ผลิตได้จะมีค่า D.E. อยู่ในช่วงกว้างมาก (สายสนมและสิริ, 2539) ในประเทศไทยจะใช้แป้งมันสำปะหลังเนื่องจากราคาถูก มีปริมาณโปรตีน ไขมันต่ำทำให้มีปัญหาในกระบวนการผลิตน้อย

ชนิดของกลูโคสไซรัป แบ่งออกได้ 5 ชนิด ตามค่า D.E. ที่ผลิตได้ (สุวรรณา, 2543)

1. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ต่ำ (low conversion) มีค่า D.E. 20-38
2. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ปกติ (regular conversion) มีค่า D.E. 38-48
3. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. ปานกลาง (intermediate conversion) มีค่า D.E. 48-58
4. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. สูง (high conversion) มีค่า D.E. 58-68
5. กลูโคสไซรัปชนิดที่มี D.E. สูงมาก (extra high conversion) มีค่า D.E. 68 ขึ้นไป

สำหรับสตาร์ชที่นำมาย่อยแล้วได้ค่า D.E. ต่ำกว่า 20 จะไม่เรียกว่า กลูโคสไซรัป แต่เรียกมอลโตเดกซ์ตริน

โดยทั่วไปกลูโคสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด มีอยู่ 3 ชนิด คือ 1) ชนิดที่ D.E. ต่ำ ประมาณ 20 2) ชนิดที่ D.E. ปกติ ประมาณ 40-42 และ 3) ชนิดที่ D.E. สูง ประมาณ 60-65 ทั้งนี้องค์ประกอบของกลูโคสไซรัปที่มีค่า DE เท่ากันอาจจะแตกต่างกันได้ขึ้นกับวิธีการย่อย และตัวกลางที่ใช้ย่อย และที่จำหน่ายตามท้องตลาดจะมีความเข้มข้นประมาณ $43^{O}Be'$ หรือประมาณ 80 องศาบริกซ์ และ $45^{O}Be'$ หรือประมาณ 85 องศาบริกซ์ ไม่นิยมใช้ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะจะหนืดและไหลได้ยาก ขนย้ายลำบาก ราคาแพง และสิ้นเปลืองพลังงานในการขนถ่ายมาก การเก็บรักษาไม่ค่อยมีปัญหา เพราะสามารถทนอากาศร้อนได้ แต่ต้องระวังไม่ให้มีน้ำผสมเข้าไป (สุวรรณา, 2543)

ผลิตภัณฑ์ของกลูโคสไซรัปที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไปจะมีลักษณะทั้งที่เป็นกึ่งแข็งกึ่งเหลวข้นหนืด และลักษณะที่เป็นผง ตามมาตรฐานทางการค้าจะต้องมีสารแห้ง (dry substance) ไม่น้อยกว่า 70 % โดยน้ำหนัก ตามปกติจะมีอยู่ 80-82 % ต้องมีค่า D.E. ไม่ต่ำกว่า 20 มีเถ้าซัลเฟตได้ไม่เกิน 1 % ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ควรต่ำกว่า 20 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) แต่ชนิดที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกกวาด อนุญาตให้มีได้ถึง 400 ppm (สายสนมและสิริ, 2539)

กลูโคสไซรัปสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมากขึ้นกว่าแต่ก่อน ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจใช้กลูโคสไซรัปในปริมาณที่มากกว่าน้ำตาลทราย (Edwards, 2000)

กลูโคสไซรัปจัดเป็นวัตถุดิบสำคัญต่อการผลิตลูกกวาดทุกชนิดรองลงมาจากน้ำตาล จึงทำหน้าที่เสมือนเป็นเนื้อของลูกกวาด แต่สำหรับหน้าที่แท้จริงของกลูโคสไซรัปนั้น คือ การทำหน้าที่เป็น “doctor sugar” ทำให้น้ำตาลในลูกกวาดที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวดไม่ตกผลึกออกมา หรือเกิดผลึกช้าลงหรือน้อยลง นอกจากนั้นยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษาของลูกกวาดด้วย (สุวรรณา, 2543)

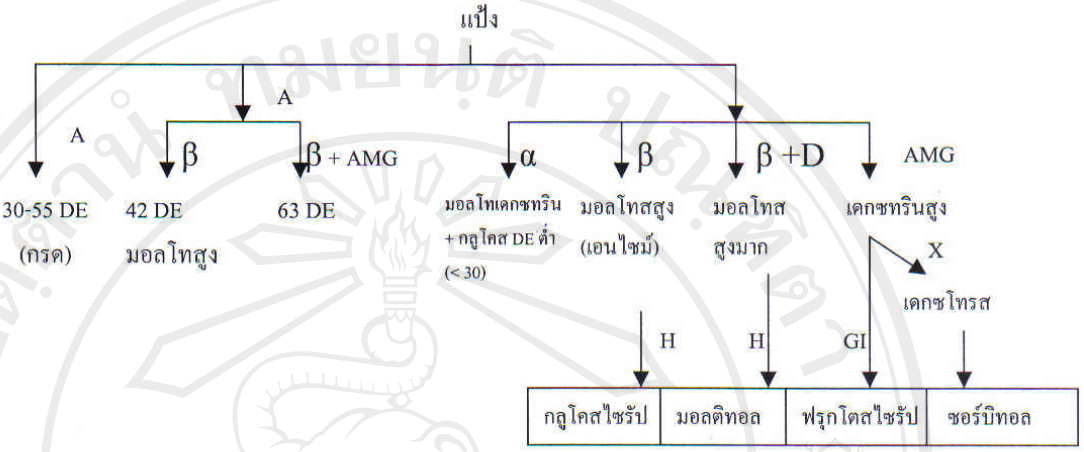
กลูโคสไซรัปที่มีค่า DE สูง หมายความว่า แป้งถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลมาก ดังนั้นโอกาสที่กลูโคสไซรัปจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสารสีน้ำตาลจึงมีมากขึ้น หรือตัวอย่างในเรื่องความหนืด กลูโคสไซรัปที่มีค่า DE ต่ำ หมายความว่า แป้งถูกย่อยไปเป็นน้ำตาลน้อย กลูโคสไซรัปจึงยังคงความเป็นแป้งไว้มาก แต่ในทางปฏิบัติสำหรับผู้ผลิตลูกกวาดแล้ว จะพิจารณาเฉพาะปัจจัยบางประการเท่านั้น ได้แก่ การดูดความชื้น การเกิดสีน้ำตาล การควบคุมการตกผลึก ความหวาน ความหนืด การเหนียวติดกัน การป้องกันไม่ให้น้ำตาลตกผลึก และคุณค่าทางอาหาร ตามลำดับ (สุวรรณา, 2543)

อัจฉรา (2549) รายงานว่าเมื่อความเข้มข้นน้ำตาลทั้งหมดในส่วนผสมมีค่าเท่ากัน การเพิ่มกลูโคสไซรัปส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าลดลง

Gabara and Hartel (1998) รายงานว่าการศึกษาผลของกลูโคสไซรัปในการควบคุมการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครส โดยใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลูโคสไซรัปที่มีความเข้มข้นรวม 10% นำไปทำให้แห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และบดเป็นผง เก็บรักษาไว้ในโถสุญญากาศที่มีสารดูดความชื้น พบว่าการใช้กลูโคสไซรัปที่ปริมาณ 10 และ 20% โดยน้ำหนักของน้ำตาลทั้งหมด มีผลรบกวนการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในรูปอสัณฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(amorphous) ในขณะที่การใช้กลูโคสไซรัปที่ปริมาณมากกว่า 50% ขึ้นไป จะสามารถป้องกันการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสได้



รูปที่ 2.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยตัวกลางและกระบวนการที่ต่างกัน

A หมายถึง กรด
α หมายถึง เอนไซม์แอลฟาอะมิเลส
β หมายถึง เอนไซม์เบตาอะมิเลส
D หมายถึง เอนไซม์ที่ตัดเฉพาะส่วนที่เป็นกิ่ง
AMG หมายถึง เอนไซม์อะมิโลกลูโคซิเดส
GI หมายถึง เอนไซม์ไอโซเมอเรส
H หมายถึง การเติมไฮโดรเจน
X หมายถึง การตกผลึก

ที่มา : Jackson and Howling, 1995

คุณสมบัติสำคัญบางประการของกลูโคสไซรัป (อัจฉรา, 2548)

1. ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบ วิธีง่ายๆที่สามารถใช้แบ่งชนิดกลูโคสไซรัป คือ การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งจะไม่แสดงอัตราส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของกลูโคสไซรัป ส่วนวิธีที่เหมาะสมในการตรวจสอบชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบ คือ การใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปจะแตกต่างกันตามกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตและเอนไซม์ที่นำมาใช้ไฮโดรไลซ์แป้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.8 และ ตารางที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า D.E. และสมบัติของกลูโคสไซรัป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.8 ส่วนประกอบของกลูโคสไซรัปที่ผลิตโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

ค่า D.E.	วิธีการผลิต	Dextrose (%)	Maltose (%)	Maltotriose (%)
42	กรด	19	14	12
	กรด-เอนไซม์	6	45	12
25-29	เอนไซม์-เอนไซม์	3-4	40-45	20-25
	Low temperature	3-4	11-13	12-13
	Heat stable	2-3	10-12	15-17

ที่มา: Belitz and Grosch (1987)

2. รสหวาน รสหวานของกลูโคสไซรัปขึ้นกับปัจจัยดังนี้
   - รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น
   - รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น
   - รสหวานจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า D.E. เพิ่มขึ้น
   - รสหวานจะลดลงเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น
   - รสหวานจะลดลงเมื่อความหนืดเพิ่มขึ้น
3. ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศ หรือ hygroscopicity ของผลิตภัณฑ์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์กับบรรยากาศที่ล้อมรอบอยู่ และเป็นสิ่งชี้บ่งอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Equilibrium Relation Humidity ; ERH) เป็นตัวควบคุม โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มี ERH ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อม จะดูดความชื้นจากบรรยากาศ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า ERH สูงกว่าสิ่งแวดล้อม จะสูญเสียความชื้นออกไป ดังนั้น กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. สูง ซึ่งมีค่า ERH ต่ำ จะมีโอกาสดูดความชื้นได้สูง ในขณะที่กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. ต่ำ จะมีค่า ERH สูง จะมีโอกาสดูดความชื้นได้ต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า D.E. และสมบัติของกลูโคสไซรัป

สมบัติหรือบทบาท	D.E. ของกลูโคสไซรัป				
	20-38	38-48	48-58	58-68	68 ขึ้นไป
ช่วยให้สีคงตัว	น้อย	→	→	→	มาก
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล	น้อย	→	→	→	มาก
ใช้เป็นอาหารของยีสต์	น้อย	→	→	→	มาก
ช่วยเพิ่มกลิ่นรส	น้อย	→	→	→	มาก
เป็นตัวกลางนำพากลิ่นรส	น้อย	→	→	→	มาก
ดูดความชื้น	น้อย	→	→	→	มาก
ความหวาน	น้อย	→	→	→	มาก
การให้เนื้อ	มาก	←	←	←	น้อย
การเหนียวติดกัน	มาก	←	←	←	น้อย
ป้องกันไม่ให้น้ำตาลตกผลึก	มาก	←	←	←	น้อย
ความหนืด	มาก	←	←	←	น้อย
ทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มชื้น	←	←	เท่ากัน	→	→
ทำให้ผลิตภัณฑ์แวววาว	←	←	เท่ากัน	→	→
ผลต่อสารละลาย	←	←	เท่ากัน	→	→
สามารถควบคุมให้เกิดผลึก	←	←	เท่ากัน	→	→

ที่มา : Jackson and Howling (1995)

4. ความหนืด จะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้น และอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบ โดย
   - เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดลดลง
   - เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น
   - เมื่อน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ในกลูโคสไซรัปมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น และหากมีน้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดเล็กมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความหนืดลดลง
5. การเกิดสี ปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสีคือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยเกิดจากคาร์โบไฮเดรตทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล วิธีลดการเกิดสี คือ การลดปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรตีน การเพิ่มซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการลดค่า D.E.ให้ต่ำลง ซึ่งจะทำให้หมู่อัลดีไฮด์อิสระลดลง จึงเกิดปฏิกิริยาได้น้อยลง

6. การช่วยเสริมกลิ่น กลูโคสไซรัปที่มีค่า D.E. สูง จะช่วยเสริมกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์
7. การเกิดความเลื่อมมัน กลูโคสไซรัปช่วยให้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดมีลักษณะปรากฏเลื่อมมัน เช่น ผลไม้แห้ง เค้ก และไอซิ่ง

2.3.5 นมและผลิตภัณฑ์จากนม

นมและผลิตภัณฑ์จากนม เป็นส่วนผสมอื่นนอกจากน้ำตาล กลูโคสไซรัปและน้ำที่จะถูกนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกกวาดเป็นชนิดแรก โดยทำหน้าที่เช่นเดียวกับส่วนผสมอื่นๆ คือ การทำให้น้ำตาลที่ต้มเคี่ยวแล้วมีลักษณะเนื้อสัมผัสต่างไปจากเดิม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดกลิ่นหอมเฉพาะตัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเติมนมลงไปในน้ำตาลผสมกลูโคสไซรัปที่เคี่ยวแล้ว จะทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (caramelization) และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ทำให้เกิดกลิ่นรสหอมหวานชวนกินของคาราเมลขึ้น (สุวรรณา, 2543)

นมผงที่ใช้ในการผลิตลูกกวาดมีอยู่หลายชนิดได้แก่ นมผงไขมันเต็มอัตรา (whole milk powder) นมผงพร่องมันเนย (skim milk powder) ครีมผง (cream powder) และบัตเตอร์มิลล์ผง (butter milk powder) เป็นต้น โดยในอุตสาหกรรมลูกกวาดจะนิยมใช้นมผงไขมันเต็มอัตรา และนมผงพร่องมันเนย

นมและผลิตภัณฑ์จากนม เป็นส่วนผสมของทอฟฟี่และคาราเมลที่ต่างออกไปจากส่วนผสมของลูกกวาดเนื้อแข็งและบัตเตอร์สก็อตซ์ โดยโปรตีนที่ได้จากนมเป็นตัวที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อผลิตภัณฑ์ ทำให้มีลักษณะเฉพาะตัวทั้งด้านสีและเนื้อสัมผัส โดยเคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในนม มีส่วนทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์แข็งและช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำตาล สามารถทำปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการให้ความร้อน ทำให้เกิดสีน้ำตาลและกลิ่นหอมคาราเมล ช่วยรักษาเสถียรภาพของเม็ดไขมันในเฟสน้ำตาลและยังอาจจับตัวกับน้ำได้บ้าง การใช้นมและผลิตภัณฑ์จากนม จึงต้องเลือกตัวที่ละลายได้ดี ละลายได้หมด เพราะถ้าละลายได้ไม่หมด จะเกิดคาราเมไลซ์ (caramelization) หรือไหม้ในระหว่างการให้ความร้อน ซึ่งไม่ใช่ปฏิกิริยาแบบเมลลาร์ด (กรดอะมิโนรวมตัวกับน้ำตาลรีดิวซ์) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีด่าง ไม่สม่ำเสมอ ถ้าใช้ผลิตภัณฑ์จากนมบางชนิด เช่น เวย์ผง (whey powder) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลแลกโตสสูงและละลายได้ค่อนข้างจำกัด จะต้องระวังการเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์เนื่องจากการมีปริมาณแลกโตสมากเกินไปด้วย (สุวรรณา, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.6 สารให้กลิ่น

สารให้กลิ่นมีความสำคัญและจำเป็นในกระบวนการผลิตอาหารเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ปราศจากกลิ่นเฉพาะของตัวเอง เช่น ลูกกวาดชนิดต่างๆ น้ำอัดลม (ปริศนา, 2537) สารให้กลิ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตลูกกวาดและชอคโกแลต แบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. น้ำมันหอมระเหย (Essential oils)
2. กลิ่นสังเคราะห์ (Essences)
3. น้ำผลไม้ (Fruit juices)
4. สารให้กลิ่นรูปผง (Powdered flavor)

กลิ่นที่นิยมใช้ในการผลิตลูกกวาดส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปกลิ่นสังเคราะห์และน้ำมันหอมระเหย นอกจากนี้กลิ่นที่ใช้ควรจะมีลักษณะพิเศษคือ ทนความร้อนได้สูงถึง 154 องศาเซลเซียส ในช่วงสั้น และทนได้ที่ 140 องศาเซลเศียส เป็นเวลานานขึ้น เพราะการเติมกลิ่นในผลิตภัณฑ์นี้จะต้องทำในขณะร้อนเมื่อเคี่ยวน้ำตาลได้ที่แล้ว การเติมกลิ่นจะกระทำในขั้นตอนการทำให้เข้มข้น ปริมาณที่ใช้จะใช้น้อยกว่าร้อยละ 0.1 ต่อน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด การเติมจะกระทำที่อุณหภูมิ 87.8 องศาเซลเซียส (190 องศาฟาเรนไฮด์) เพื่อป้องกันการระเหยและการสูญเสียกลิ่น การเติมกลิ่นในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการผลิตเป็นเวลานานทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นได้ (สายสนมและสิริ, 2539) สำหรับในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดซึ่งมีทั้งแบบแข็ง (hard boiled) และแบบเคี้ยว (chewy) ควรหลีกเลี่ยงสารให้กลิ่นที่มีแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย เพราะในขั้นตอนการผลิตต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้สารให้กลิ่นไม่คงตัว (ปริศนา, 2537)

2.4 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture property) หมายถึง ลักษณะทางกายภาพที่เกิดจากโครงสร้างของอาหารที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือการไหลของอาหารเมื่อมีแรงมากระทำ โดยทั่วไปจะใช้คำว่า “ลักษณะเนื้อสัมผัส” กับของแข็ง และใช้คำว่า “ความหนืด” กับของเหลว การวัดเนื้อสัมผัสอาจทำได้โดยใช้ความรู้สึกของมนุษย์ หรือการใช้เครื่องมือวัดออกมาในรูปของแรง ระยะทาง หรือเวลา (รัตนันท์, 2545) โดยทั่วไปเมื่อมีการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัมผัสมักมีการประเมินโดยรวม แต่ผลการประเมินจะไม่สามารถนำมาอธิบายลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์มากนัก ซึ่งมีคำต่างๆที่สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ได้แก่ body, mouthfeel, crumb และ graininess นอกจากนั้นการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชิงกล ยังรวมไปถึงคำต่างๆ ดังนี้ hardness, springiness, gumminess, fracturability, chewiness, adhesiveness และ cohesiveness ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมที่รู้สึกได้ตามความเข้าใจของมนุษย์ แท้ที่จริงแล้วประกอบด้วยหลายลักษณะแตกต่างกันดังกล่าว ดังนั้นในการประเมินคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัส เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องควรประเมินหลายๆลักษณะประกอบกันมากกว่าที่จะประเมินเนื้อสัมผัสโดยรวมเพียงอย่างเดียว (Schur, 1987) พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายลักษณะเนื้อสัมผัสและชื่อเรียกที่นิยมใช้ แสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.10 พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายลักษณะเนื้อสัมผัสและชื่อเรียกที่นิยมใช้

Mechanical characteristics		
Primary parameters	**Secondary parameters**	**Popular terms**
Hardness		Soft → firm → hard
Cohesiveness	Brittleness	Crumbly → crunchy → brittle
	Chewiness	Tender → chewy → tough
	Gumminess	Short → mealy → pasty → gummy
Viscosity		Thin → viscous
Elasticity		Plastic → elastic
Adhesiveness		Sticky → tacky → gooey
Geometrical characteristics		
Class		**Example**
Partical size and shape		Gritty, grainy, coarse, etc.
Particle shape and orientation		Fibrous, cellular, crystalline, etc.
Other characteristics		
Primary parameters	**Secondary parameters**	**Popular terms**
Moisture content		Dry → moist → wet → water → juicy
Fat content	Oiliness	Oily
	Greasiness	Greasy

ที่มา : Kokini and Cussler (1987)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ

วิธีการทดสอบทาง rheology เพื่อใช้ชี้บ่งคุณสมบัติหรือลักษณะเนื้อสัมผัสโดยทั่วไป สามารถแบ่งได้ 3 วิธีใหญ่ๆ ดังนี้

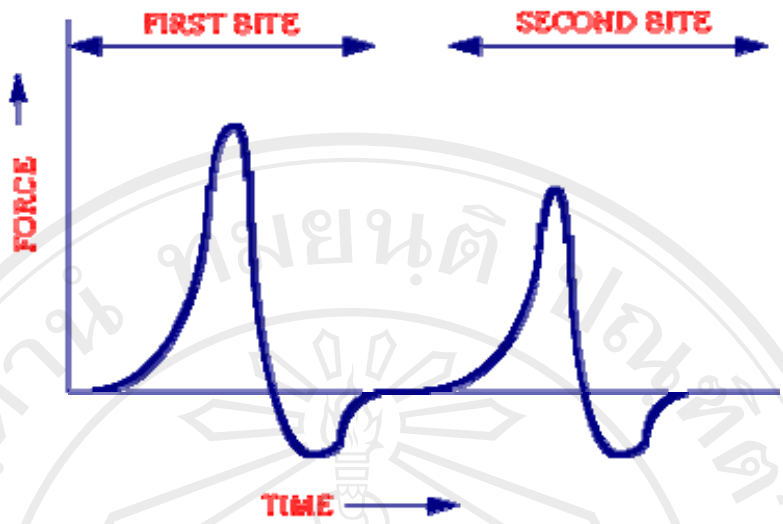
1. Empirical method เป็นวิธีการทดสอบทางกายภาพที่กระทำกับตัวอย่างที่วัดในทิศทางเดียว และเป็นวิธีทดสอบที่สร้างขึ้นจากผลการทดลองและการสังเกตุที่อาจขาดหลักฐานอ้างอิงพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร แต่มีคุณภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพของลักษณะเนื้อสัมผัสในอุตสาหกรรมอาหารได้ วิธีนี้เป็นการวัดได้ทั้งแบบ small deformation และ large deformation
2. Imitative methods เป็นวิธีการทดสอบที่มีกลไกเลียนแบบจังหวะการบดเคี้ยวอาหารของมนุษย์ โดยเป็นการวัดค่าแรงกด (stress) และ/หรือการเปลี่ยนรูป (strain) ในแต่ละลำดับการทดสอบ วิธีการนี้ให้ค่าที่คงที่เป็นมาตรฐานของเนื้อสัมผัสอาหาร ได้แก่ Texture Profile Analysis (TPA) มีกลไกเลียนแบบการบดเคี้ยว 2 ครั้ง และให้ค่าที่สัมพันธ์กับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมมากที่สุด(รัตนันท์, 2545)
3. Fundamental methods เป็นวิธีการวัดโครงสร้างทางกายภาพของเจลหรือวัสดุอย่างแท้จริง เช่นค่า stress, strain, ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด ค่า Young's modulus หรือ Poisson's Ratio โดยใช้หลักการวัดพร้อมทั้งแสดงค่าที่ได้ออกมาเป็นหน่วยทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความสัมพันธ์จากสมบัติต่างๆของวัสดุที่วัดได้ ไปทำนายค่าของสมบัติอื่นที่เกี่ยวข้องได้ วิธีการนี้สามารถวัดได้ทั้งแบบ small deformation และ large deformation และหลักการที่นิยมนำมาใช้ในการวัดสมบัติทาง elastic และ viscoelastic ของเจลและผลิตภัณฑ์อาหาร คือ Oscillatory rheometry (Rosenthal, 1999)

พารามิเตอร์ที่ชี้บ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากการวัดตัวอย่างโดยใช้วิธี Texture Profile Analysis ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4 ได้แก่

Hardness : ค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดหัววัดลงบนตัวอย่างครั้งแรก

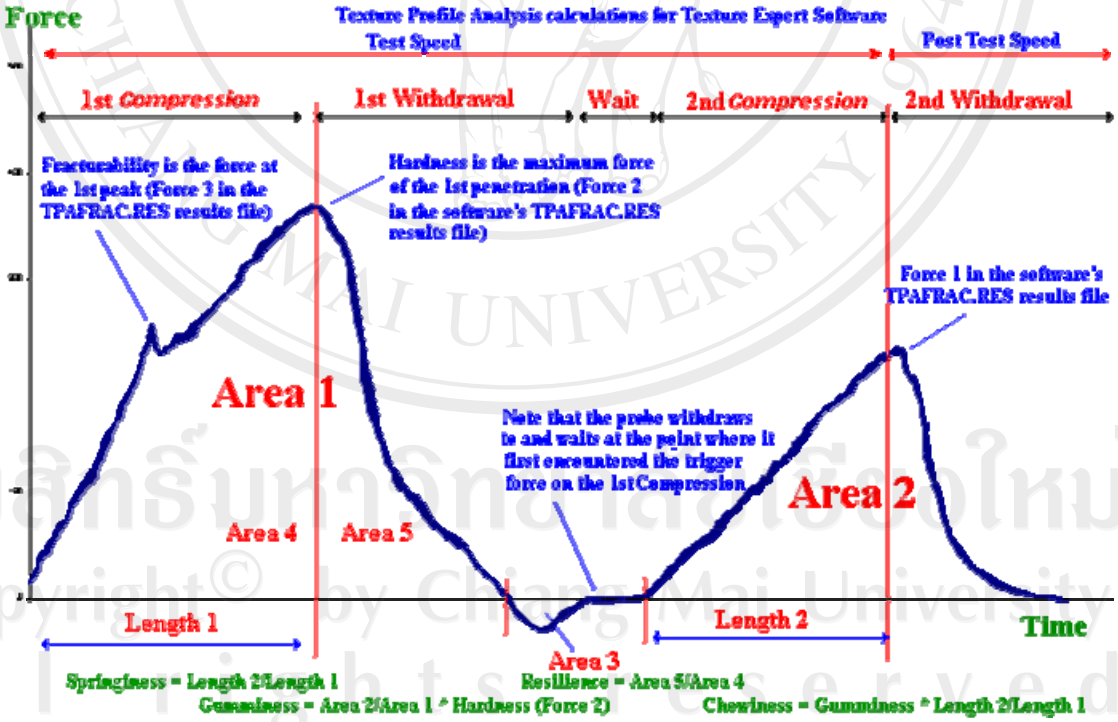
Fracturability : ค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างเปราะหรือแตกออกเมื่อกดหัววัดบนตัวอย่างครั้งแรก จากรูปจะเป็นตำแหน่งของแรงสูงสุดก่อนที่แรงจะตกหลังจากที่ตัวอย่างแตกออก หลังจากนั้นแรงจะเพิ่มขึ้นไปอีกครั้งจนถึงค่าแรงสูงสุด ค่าความเปราะนี้บางครั้งอาจเรียก "brittleness"

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.5 กลไกการเลียนแบบการเคี้ยว 2 ครั้ง โดยวิธี Texture Profile Analysis

ที่มา : http://www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html



รูปที่ 2.6 รูปแบบกราฟที่ได้จากการวัดโดยวิธี Texture Profile Analysis

ที่มา : http://www.texturetechnologies.com/texture_profile_analysis.html

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Adhesiveness : งานที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดออกจากผิวหน้าของตัวอย่างจากการกดครั้งแรก คำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของ Area 3 ตัวอย่างที่มีผิวหน้าเหนียวหรือเกาะติดกับหัววัด จะมีพื้นที่ดังกล่าวมาก

Cohesiveness : ความแข็งแรงของพันธะที่เกิดขึ้นภายในชิ้นตัวอย่าง คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่สองหารด้วยพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งแรก คำนวณพื้นที่โดยเริ่มจากการกดหัววัดลงบนตัวอย่างจนถึงตำแหน่งของแรงสูงสุดในแต่ละครั้ง

Springiness : ระยะทางที่ตัวอย่างคายตัวกลับขึ้นมาหลังจากดึงหัวกดขึ้น คำนวณจากเวลาที่ใช้ในการกดตัวอย่างครั้งที่สองจนถึงจุดแรงสูงสุดหารด้วยเวลาที่ใช้ในการเริ่มกดตัวอย่างครั้งแรกจนถึงจุดแรงสูงสุด โดยเริ่มคิดเวลาเมื่อเริ่มมีแรงต้านเกิดขึ้นจากการกดตัวอย่าง บางครั้งอาจเรียก “elasticity”

Gumminess : พลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารกึ่งแข็งจนอยู่ในสภาพพร้อมกลืน คำนวณได้จาก hardness คูณด้วยค่า cohesiveness

Chewiness : พลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็งจนอยู่ในสภาพพร้อมจะกลืน คำนวณได้จากการนำค่า gumminess คูณด้วยค่า springiness

Marsha and Rai (2006) ทำการศึกษาการวัด Texture Profile Analysis (TPA) ในเจลของแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ค่า hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness, gumminess และ chewiness เจลของแป้งมันฝรั่งจะมีค่ามากกว่าเจลของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง

Rahman and Al-Farsi (2005) ทำการวัด Texture Profile Analysis (TPA) ในอินทผลัม โดยวัดค่า hardness, adhesiveness, cohesiveness และ springiness พบว่าค่าดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแบบ exponential เมื่อปริมาณความชื้นลดลง โดยการลดปริมาณความชื้นให้ต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤตจะเป็นการลดค่า hardness, adhesiveness, cohesiveness และ springiness ลงอย่างรวดเร็ว

Herrero และคณะ (2007) ทำการศึกษา breaking strength ของ dry fermented sausages พบว่า การกำหนดค่า breaking strength ควรทำ tensile test ร่วมกับ TPA โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ ได้แก่ hardness, adhesiveness, cohesiveness และ springiness เพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์โมเดล breaking strength ของ dry fermented sausages

อัจฉรา (2549) ทำการศึกษาผลของพีเอช เจลาติน เพกทิน น้ำตาลและน้ำผลไม้ ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลีพบว่า เมื่อกำหนดให้ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัปและน้ำตาลซูโครสคงที่ พบว่าความหนืด ความแข็งแรงของเจล และแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เจลาตินและเพกทิน ขณะที่ค่า gumminess และ chewiness เพิ่มขึ้น ตามความเข้มข้นของเจลาตินเท่านั้น สำหรับค่า springiness เพิ่มขึ้นสูงสุด และ cohesiveess ลดลงต่ำสุด เมื่อความเข้มข้นของเจลาตินเท่ากับ 6.70%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved