

คุณภาพการบริโภคในข้าวโพดรับประทานฝักสด

Eating Quality in Vegetable Corns

สกุลกานต์ สิมลา¹

Sakunkan Simla¹

Received : 6 June 2012 ; Accepted : 15 September 2012

บทคัดย่อ

ข้าวโพดรับประทานฝักสดเป็นข้าวโพดที่รับประทานเมล็ดสด ซึ่งเป็นเมล็ดที่ยังไม่มีการสะสมแป้ง ได้แก่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ และข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียน เนื่องด้วยแต่ละชนิดมีลักษณะต่างๆ แตกต่างกันไป ซึ่งเป็นผลมาจากยีนแฝงเพียงคู่เดียว โดยยีนแฝงเหล่านี้เป็นยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลในเมล็ดที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพการบริโภคโดยตรง เพื่อพัฒนาพันธุ์ให้มีลักษณะทางคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคจึงทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะคุณภาพการบริโภคในข้าวโพดรับประทานฝักสด ลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านกลิ่น โดยลักษณะด้านรสชาติใช้ความหวานที่เกิดจากน้ำตาลชนิดต่างๆ เป็นตัววัดคุณภาพ ด้านเนื้อสัมผัส ใช้ความเหนียวหนึบที่เกิดจากอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ความนุ่มที่เกิดจากการสะสมของไฟโตไกลโคเจน และความกรอบที่เกิดจากความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด เป็นดัชนีวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และในด้านการกลิ่นใช้กลิ่นของข้าวโพดเป็นตัววัด ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบถึงดัชนีที่ใช้ในการวัดคุณภาพการบริโภคในข้าวโพด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มคุณภาพการบริโภคข้าวโพดรับประทานฝักสดต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียน ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ คุณภาพการบริโภค

Abstract

Vegetable corn was consumed at the fresh kernel stage when the starch granules had not accumulated. They consisted of the sweet corn, super sweet corn, and glutinous or waxy corn. Each type had different kernel characters, resulting from a single recessive gene. This recessive gene controlled the starch and sugar metabolism that effected on the eating quality. To develop high eating quality varieties for the farmer and consumer, there have been several studies the eating quality in vegetable corn. Corn eating qualities were divided into 3 groups: taste, texture, and aroma. The taste was affected from the quantities of various sugars. There were three types of texture; stickiness, tenderness or creaminess, and crispiness. The stickiness was derived from the amylose and amylopectin ratio. The tenderness was affected from phytyglycogen content, and crispiness resulted from the thickness of the seed coat. For aroma characteristics, they were followed from the corn aroma. The results of these studies could be used as an index for the corn eating quality, and this information is useful for planning breeding strategies for improving eating quality in vegetable corn.

Keywords: glutinous or waxy corn, sweet corn, super sweet corn, eating quality

¹ อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

Lecturer, in Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm, Thailand 44150

* Corresponding author: Sakunkan Simla, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm 44150 E-mail : sakunkans@gmail.com

บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ในชีวิตประจำวันในด้านของอาหารในแต่ละวันมนุษย์มีการบริโภคและใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวโพดในรูปของข้าวโพดฝักสด (ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดข้าวเหนียว) ข้าวโพดแปรรูปบรรจุกระป๋อง คริมข้าวโพด น้ำมันปรุงอาหาร กาวและน้ำมันข้าวโพด เป็นต้น โดยทั่วไป ข้าวโพดรับประทานฝักสดจะหมายถึงข้าวโพดทุกชนิดที่เราใช้เป็นอาหารก่อนที่จะเมล็ดข้าวโพดจะเกิดขึ้นหรือก่อนที่จะเมล็ดจะแก่ ข้าวโพดรับประทานฝักสดที่สำคัญต่อเศรษฐกิจโลกและของประเทศไทย ได้แก่ ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อนสำหรับข้าวโพดเทียนและข้าวโพดข้าวเหนียวนับได้ว่ามีความสำคัญอยู่ในระดับท้องถิ่นตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย¹ เนื่องด้วยข้าวโพดแต่ละชนิดก็จะมีลักษณะต่างๆ แตกต่างกันไป โดยยีนที่ควบคุมลักษณะที่แยกความแตกต่างระหว่างข้าวโพดชนิดต่างๆ ออกจากกันเป็นผลจากยีนแฝงเพียงคู่เดียวที่เกิดจากการผ่าเหล่า (mutation) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากยีนซ่ม (dominant gene) ไปเป็นยีนด้อย (recessive gene) การผ่าเหล่านี้อาจทำให้กระบวนการสังเคราะห์สารคาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปิร์มของข้าวโพดไม่สมบูรณ์ โดยปกติแล้วในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะสะสมพวกแป้ง แต่เมื่อเกิดการผ่าเหล่าขึ้น ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งถูกยับยั้ง ทำให้ไม่เกิดการสะสมแป้งดังกล่าวขึ้น หรือเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลในเมล็ดมากขึ้น หรือมีการเปลี่ยนชนิดของแป้งไป¹ เช่น ในข้าวโพดหวาน พบยีน sugary (*su*) ที่เป็นยีนแฝงที่ควบคุมอยู่ ทำให้เมล็ดสดมีปริมาณน้ำตาลสูง และมีปริมาณของโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ (water-soluble polysaccharides, WSP) หรือเรียกว่า ไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen) สูง ในข้าวโพดหวานพิเศษ ควบคุมด้วยยีน shrunken-2 (*sh*₂) หรือ brittle-1 (*bt*) หรือ brittle-2 (*bt*₂) ซึ่งเป็นยีนที่ทำให้เมล็ดสดมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าในข้าวโพดหวาน 4 เท่า แต่มีปริมาณไฟโตไกลโคเจนต่ำมากหรือไม่มีเลยส่วนในข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนมียีน waxy (*wx*) ซึ่งเป็นยีนแฝงที่ควบคุมลักษณะแป้งที่มีผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีของแป้งส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพกติน (amylopectin) ทำให้มีความเหนียวนุ่มเมื่อสุก จะเห็นได้ว่าการผ่าเหล่าทำให้เกิดยีนด้อยหลากหลายตัว ซึ่งยีนเหล่านี้ส่วนมากเป็นยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลในเมล็ดซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดแต่ละชนิด

คุณลักษณะสำคัญของพืชพันธุ์ที่ดีที่ผู้บริโภคและผู้ผลิตต้องการ คือมีคุณภาพในการบริโภคดี ผลผลิตสูง ด้านทาน

โรคและแมลง และมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี จะเห็นได้ว่าคุณภาพในการบริโภคเป็นคุณลักษณะแรกที่สำคัญ ในเมล็ดข้าวโพดสด คุณภาพของเมล็ดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตภายในเมล็ด โดยแบ่งเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในเมล็ด รองลงมาคือน้ำตาล และไฟโตไกลโคเจนซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 ตัวนี้มีผลต่อคุณภาพของข้าวโพด ด้านความเหนียวนุ่ม ความหวาน และความนุ่ม ตามลำดับ เพื่อให้ได้ข้าวโพดพันธุ์ที่มีคุณภาพในการบริโภค ตรงตามความต้องการและวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ ดังนั้นการศึกษาถึงคุณภาพในการบริโภค และยีนที่ควบคุมลักษณะที่มีผลต่อคุณภาพ จึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสำคัญ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้ได้คุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

ข้าวโพดรับประทานฝักสด

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากปลูกง่าย มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ใช้สารเคมีน้อย ตลาดเพื่อการบริโภคสดในประเทศ และอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก ยังมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี โดยเฉพาะข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดหวาน โดยในปี 2549 ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องมากเป็นอันดับ 1 ของโลก ปริมาณ 125.77 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,290 ล้านบาท² และในปี 2555 มีมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานฝักสดและข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องมากถึง 6,187 ล้านบาท³ ข้าวโพดรับประทานฝักสด (vegetable corns หรือ specialty corn) สามารถจัดจำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้บริโภคฝักสด ได้ 3 ชนิด คือ 1) ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียน 2) ข้าวโพดหวาน 3) ข้าวโพดหวานพิเศษ^{1,4} ข้าวโพดแต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียน (Waxy or Glutinous Corn) จัดเป็นข้าวโพดชนิดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกันที่ขนาดฝัก โดยข้าวโพดข้าวเหนียวมีฝักขนาดใหญ่ และอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าข้าวโพดเทียน ส่วนข้าวโพดเทียนมีความยาวฝักประมาณ 10-15 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางฝักประมาณ 2.5-3.0 เซนติเมตร⁵ ข้าวโพดทั้งสองชนิดนี้มียีน waxy (*wx*) ควบคุมอยู่ มีผลทำให้เอนโดสเปิร์มในเมล็ดสะสมแป้งในกลุ่มของ อะไมโลเพกตินซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นกิ่งก้านสาขา ทำให้เมล็ดสดของข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียนที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด (อายุประมาณ 20 วันหลังผสมเกสร) เมื่อสุกจะเหนียว นุ่ม และเมื่อเมล็ดแก่มีความชื้นในเมล็ดต่ำ เมล็ดจะขุ่น และทึบแสง (dull)

ข้าวโพดหวาน (Sweet Corn) เป็นชนิดที่ควบคุมด้วยยีน sugary (*su*) ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวโพดกลุ่ม

นี้ คือ มีน้ำตาลน้อย ประมาณร้อยละ 5-15 แต่มีปริมาณไฟโตไกลโคเจนสูง ประมาณร้อยละ 25⁶ ข้าวโพดหวานจะสูญเสียน้ำตาลหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น เมล็ดสดข้าวโพดหวานที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด เมื่อสุกจะมีลักษณะคล้ายครีม เนื้อเนียน อ่อนนุ่ม และมีรสชาติหวานเล็กน้อย และเมื่อเมล็ดแก่ เมล็ดจะมีลักษณะเหี่ยวจนคล้ายลูกเกด และโปร่งแสง

ข้าวโพดหวานพิเศษ (Super sweet corn) เป็นชนิดที่ควมคุมด้วยยีน *shrunk-2(sh₂)* หรือ *brittle-2 (bt และ bt₂)* เมล็ดสดของข้าวโพดกลุ่มนี้จะมีปริมาณน้ำตาลสูงร้อยละ 25-44 แต่มีปริมาณไฟโตไกลโคเจนต่ำ⁶ ทำให้เนื้อสัมผัสไม่มีความนุ่ม แต่ในปัจจุบันพบว่ามีบางชนิดที่เนื้อค่อนข้างนุ่ม เนื่องจากมีปริมาณน้ำมาก และมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง ข้าวโพดกลุ่มนี้ไม่ค่อยมีกลิ่น การสูญเสียน้ำตาลในข้าวโพดกลุ่มนี้ค่อนข้างช้า จึงทำให้มีอายุการเก็บรักษานานกว่าข้าวโพดหวาน เหมาะกับการขนส่งระยะทางไกล และเหมาะกับการจำหน่ายตามตลาดขายปลีกทั่วไป เมล็ดสดข้าวโพดหวานพิเศษที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด เมื่อสุกจะมีรสชาติหวาน ฉ่ำน้ำ และเมื่อเมล็ดแก่ เมล็ดจะมีลักษณะลีบมาก แต่ทิบแสง

คุณภาพของข้าวโพดรับประทานฝักสด

ข้าวโพดรับประทานฝักสดในกลุ่มของ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ ข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียนนั้นเป็นอาหารที่มีการบริโภคทั้งทางตาและรสชาติ ดังนั้นคุณภาพจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มของข้าวโพดหวานความต้องการที่สำคัญที่สุดของตลาดทั้ง 2 ตลาด (ตลาดรับประทานฝักสด และตลาดส่งออกต่างประเทศ) คือ คุณภาพที่ดี ทั้งที่ใช้บริโภคในรูปฝักสดและแปรรูป¹ ลักษณะคุณภาพของข้าวโพดหวานที่ผู้บริโภคต้องการคือ มีความหวานสูงตามธรรมชาติ มีรสชาติดี มีเนื้อสัมผัสที่ดี มีความนุ่ม มีกลิ่นหอมเฉพาะของข้าวโพด เปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp) บางและไม่เหนียว ซึ่งให้ลักษณะที่เคี้ยวแล้วไม่ติดฟัน และต้องติดเมล็ดเต็มถึงปลายฝัก⁷⁻⁹ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ต้องการในข้าวโพดหวานพิเศษ และข้าวโพดข้าวเหนียวเช่นเดียวกัน คุณลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวโพดหวานสัมพันธ์กับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ เป็นอย่างดี^{6,10} และสามารถจัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้เป็น 3 กลุ่มตามองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพ คือ

1) ด้านรสชาติ (taste) คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ คือ ความหวาน (sweetness) ลักษณะของแป้ง (starchiness) ความฉ่ำน้ำ (juiciness) และปริมาณน้ำตาลซูโครสและแป้ง

2) ด้านเนื้อสัมผัส (texture) คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ คือ ความกรอบ (crispiness) ความนุ่ม (tenderness) ความเหนียว (stickiness) ปริมาณและความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด ความฉ่ำน้ำ และความนุ่มของเมล็ดหลังผ่านกระบวนการปรุง (cooked kernel tenderness)

3) ด้านกลิ่น (aroma) คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ คือ กลิ่นของข้าวโพด (sweet corn aroma) กลิ่นหญ้า (grassy aroma) และกลิ่นอื่นๆ ที่ไม่สามารถจำแนกได้

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของคุณลักษณะทั้ง 3 ลักษณะโดยวิธีการทำ multiple regression analysis ทำให้ทราบว่าลักษณะที่มีผลต่อการรับสัมผัสของเมล็ดข้าวโพด คือ ลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของเมล็ดข้าวโพด ในส่วนของการรับรู้กลิ่นนั้นจะส่งผลต่อคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดหวานค่อนข้างน้อย โดยสัดส่วนความสำคัญของคุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นที่มีผลต่อความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 45.1 30.5 และ 24.4 ตามลำดับ¹⁰ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะคุณภาพทางด้านรสชาติ และทางด้านเนื้อสัมผัส คือความนุ่ม และความเหนียว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำตาล ปริมาณไฟโตไกลโคเจน และปริมาณอะไมโลเพกตินด้วย⁶ โดยลักษณะคุณภาพดังกล่าวมีดังนี้

คุณลักษณะด้านรสชาติ: ความหวาน

ความหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของรสชาติข้าวโพด โดยจะสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำตาลในเมล็ด⁶ ถูกควบคุมโดยกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนา⁶ อันเป็นผลมาจากการควบคุมของยีนแฝงที่ทำให้กระบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปิร์มไม่สมบูรณ์ ทำให้ขั้นตอนการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้งถูกจำกัด เกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสภายในเมล็ดมากขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวโพดจะมีผลต่อความหวานมากกว่าปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส หรือมอลโตส^{6,11} นอกจากนี้พันธุ์ข้าวโพด อายุการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิและอายุการเก็บรักษา รวมถึงการแสดงออกร่วมกันของแต่ละปัจจัยจะมีผลต่อความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส น้ำตาลตัวอื่น และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด^{12,13}

ข้าวโพดต่างชนิดกัน จะมีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน โดยในกลุ่มของข้าวโพดหวานพิเศษ จะเป็นกลุ่มที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียน ตามลำดับ ในส่วนของการสะสมปริมาณน้ำตาลนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่อยๆ ลดลงเมื่อเมล็ดมีพัฒนาการมากขึ้น โดยในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) เป็นระยะที่มีปริมาณน้ำตาล

น้อยที่สุด ส่วนระยะที่มีการสะสมน้ำตาลสูงสุด จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิด และพันธุ์ของข้าวโพด แต่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณสูงสุดในระยะรับประทานฝักสด หรือที่ระยะ 18-22 วัน หลังการผสมเกสร^{6,14} ดังนั้นในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแต่ละชนิด จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษเพื่อหาระยะเหมาะสมที่มีปริมาณน้ำตาลสะสมในเมล็ดสูงสุด

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส: ความกรอบ ความเหนียวนิ่ม และความนุ่ม

ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวโพดหวานเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวโพดรับประทานฝักสด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวโพดหวาน คือ ปริมาณและความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด ปริมาณของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกตินและปริมาณไฟโตไกลโคเจน ซึ่งจะมีผลต่อความกรอบ ความเหนียวนิ่ม และความนุ่มขณะรับประทานตามลำดับ

ความกรอบ (crispiness และ crunchiness)

ความบางของเปลือกหุ้มเมล็ด เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความกรอบของเมล็ดข้าวโพด ข้าวโพดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดบางและไม่เหนียว ในระยะเหมาะสมที่จะบริโภค (eating stage) เป็นสิ่งที่เป็นที่นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานทุกคนปรารถนา⁷ เนื่องจากจะทำให้ข้าวโพดมีลักษณะนุ่ม เปลือกหุ้มเมล็ดจะทำให้หน้าที่เป็นเนื้อเยื่อป้องกันที่ต้านทานต่อแรงกัดสูงสุด⁸ ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของเปลือกหุ้มเมล็ด คือ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ความหนาของชั้นเปลือกเมล็ดมีผลต่อความนุ่มและคุณภาพประสาทสัมผัสอื่นๆ ของเมล็ดข้าวโพด¹⁵ ถ้าชั้นเปลือกเมล็ดข้าวโพดมีความหนามากก็จะมีกรอบมากตามไปด้วย การพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้มีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดบางลงได้ จะสามารถเพิ่มคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นได้ คือมีความนุ่มมากขึ้น¹⁶ ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดจะขึ้นอยู่กับความหนาของผนังเซลล์¹⁶ และไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของผนังเซลล์¹⁶ และความหนาจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ข้าวโพดหวานขณะยังอ่อนจะมีความบางของเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าข้าวโพดที่มีอายุมากกว่า จึงทำให้ต้องเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในระยะที่เหมาะสม ไม่อ่อนหรือไม่แก่เกินไป เพื่อให้ได้ข้าวโพดที่มีคุณภาพสูงสุด

ความเหนียวนิ่ม (stickiness)

อะไมโลสและอะไมโลเพกตินเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีผลต่อความเหนียวนิ่มของข้าวโพด ซึ่งความเหนียวนิ่มนี้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียน อะไมโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 100-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 4 มีน้ำหนักโมเลกุล 100,000-200,000 (Fig. 1)¹⁷⁻¹⁹

แต่เดิมพบว่า อะไมโลสเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันพบว่ามีความซับซ้อนที่เป็นกิ่งบ้างแต่มีค่อนข้างน้อย^{17,20} ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีอะไมโลสประมาณ 25% แต่ในข้าวโพดที่เกิดกลายพันธุ์จะมีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของยีนที่มีอยู่ในข้าวโพดชนิดนั้นๆ อะไมโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนไอโอดีนให้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของ อะไมโลสในส่วนของอะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 4 และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 6 หน่วยกลูโคสที่มีพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 6 มีอยู่ประมาณ 5% ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะไมโลเพกตินทั้งหมด โครงสร้างของอะไมโลเพกตินประกอบด้วยกลูโคสถึง 200,000 หน่วย ซึ่งกิ่งของอะไมโลเพกตินนั้นมี 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีกลูโคส 10-20 หน่วย และกลุ่มที่มีกลูโคส 30-50 หน่วย จากการที่กิ่งมีขนาดที่แตกต่างกันนั้นทำให้มองเห็นอะไมโลเพกตินมีลักษณะเป็นกลุ่ม (Fig. 1) โครงสร้างของอะไมโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 2,000,000 และเมื่อย่อยอะไมโลเพกตินด้วยไพแทสเซียมไอโอดีนจะติดสีม่วงแดงซึ่งลักษณะการติดสีม่วงแดงนี้ นักปรับปรุงพันธุ์นำมาใช้ประโยชน์ในการแยกอะไมโลสออกจาก อะไมโลเพกติน¹⁷⁻¹⁹

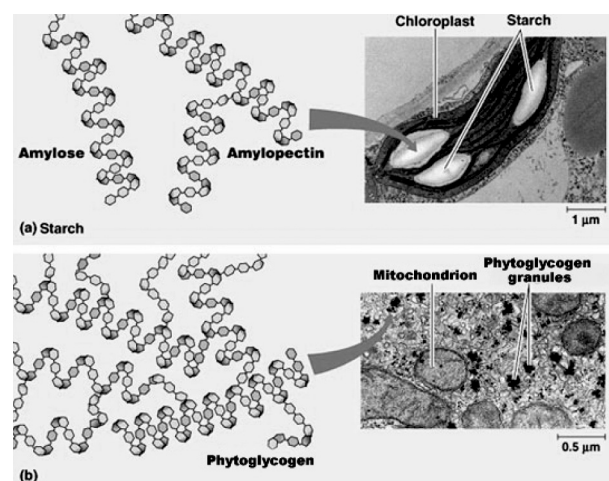


Figure 1 Amylose, amylopectin and phytyglycogen structure

Source: modified from <http://fig.cox.miami.edu/.../c5x6polysaccharides.jpg>

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกตินและความยาวของสายอะไมโลเพกตินเป็นตัวทำให้ starch gelatinization และ pasting properties ของแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งไปมีผลต่อความเหนียวนุ่มในข้าวโพด โดยจะให้เนื้อสัมผัสตั้งแต่อ่อนนุ่มไปจนถึงแข็งกระด้าง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอะไมโลเพกตินจะช่วยทำให้เนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น ปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลเพกตินจะเป็นสิ่งบ่งชี้ความเหนียวนุ่มของข้าวโพดได้ ซึ่งเห็นได้จากการที่ความเหนียวนุ่มมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลเพกติน และนอกจากนี้คุณสมบัติของแป้ง ด้านความหนืด ยังเป็นสิ่งที่ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพในด้านความเหนียวนุ่มได้อีกลักษณะหนึ่งด้วย โดยพบว่าข้าวโพดที่มีความเหนียวนุ่มสูง จะมีปริมาณความหนืดสูงตามไปด้วย^{6,21} การสะสมปริมาณแป้ง และปริมาณอะไมโลเพกตินจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำตาล โดยเมื่อเมล็ดมีพัฒนาการมากขึ้น จะมีปริมาณแป้งสะสมในเมล็ดมากขึ้น ในระยะที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาเป็นระยะที่มีการสะสมแป้งสูงที่สุด ดังนั้นการเก็บเกี่ยวในระยะที่ต่างกัน จะส่งผลถึงคุณภาพด้านความเหนียวนุ่มที่ต่างกันไปด้วย

ความนุ่ม (tenderness)

เป็นปัจจัยที่สำคัญในการตัดสินคุณภาพของข้าวโพดหวาน ความนุ่มของข้าวโพดประกอบด้วยปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัย โดยความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความนุ่มของเมล็ดข้าวโพด ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสของเอนโดสเปิร์มและความฉ่ำน้ำ ก็มีอิทธิพลต่อความนุ่มของข้าวโพดเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าองค์ประกอบและลักษณะของแป้งภายในเมล็ด ซึ่งควบคุมด้วยยีนแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณของไฟโตไกลโคเจนที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความนุ่มของเมล็ดแตกต่างกันไปด้วยไฟโตไกลโคเจนเป็นโมเลกุลของ โพลีแซคคาไรด์ที่มีลักษณะคล้ายกับโมเลกุลไกลโคเจน(glycogen)ในสัตว์ เป็นโมเลกุลที่ละลายน้ำได้ จึงจัดเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ไฟโตไกลโคเจนเกิดจากโมเลกุลของกลูโคสมาเชื่อมต่อกัน ซึ่งลักษณะทางโครงสร้างของไฟโตไกลโคเจนจะคล้ายกับอะไมโลเพกตินคือเชื่อมระหว่างโมเลกุลของกลูโคสในสายด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 4 และเชื่อมต่อระหว่างสายกลูโคสด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 6 แตกต่างกันตรงที่อัตราส่วนระหว่างพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 6 ต่อพันธะกลูโคซิดิกชนิด α -1, 4 ในไฟโตไกลโคเจนมีสูงกว่าในอะไมโลเพกตินซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของไฟโตไกลโคเจนมีลักษณะเป็นกิ่งมากกว่าในอะไมโลเพกติน²² ดังแสดงใน Fig. 1 โดยพบว่าในเมล็ดข้าวโพดที่มียีน sugary อยู่จะมีปริมาณไฟโตไกลโคเจนสูงมาก ซึ่งไฟ

โตไกลโคเจนจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะคล้ายครีม (creaminess)^{9,23} ทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความนุ่ม

การสะสมปริมาณไฟโตไกลโคเจนมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสะสมปริมาณแป้ง คือมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเมล็ดมีพัฒนาการมากขึ้น¹⁴

คุณลักษณะด้านกลิ่น: กลิ่นข้าวโพด (corn aroma)

องค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานอีกประการหนึ่งคือ กลิ่นข้าวโพด (corn aroma) โดยส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเมื่อได้รับความร้อนขณะแปรรูป⁸ โดยองค์ประกอบที่ให้กลิ่นของข้าวโพดในข้าวโพดหวาน พบว่า ได้แก่ สารประกอบ hydrogen sulfide, methanethiol, acetaldehyde, ethanol, ethanethiol, dimethylsulfide (DMS), และสารระเหยอื่นๆ สารประกอบที่มีบทบาทสำคัญต่อกลิ่นข้าวโพดมากที่สุด คือ DMS อย่างไรก็ตามสารประกอบอื่นๆ ก็มีบทบาทสำคัญด้วย ปริมาณ DMS จะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ ในข้าวโพดหวานดิบจะไม่พบสารประกอบ DMS แต่จะพบ S-methylmethioninesulfonium salt (MMS) เป็นสารตั้งต้น เมื่อได้รับความร้อน MMS จะเปลี่ยนไปเป็น homoserine และ DMS จึงทำให้เกิดกลิ่นขึ้น⁸

สรุป

คุณภาพการบริโภคของข้าวโพดรับประทานฝักสดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกของผู้บริโภคโดยลักษณะคุณภาพการบริโภคที่สำคัญสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะคุณภาพด้านรสชาติ ลักษณะนี้เป็นลักษณะที่ใช้ความหวานจากน้ำตาล เป็นตัววัดคุณภาพด้านรสชาติ โดยน้ำตาลซูโครสจะเป็นชนิดที่มีมากที่สุดในข้าวโพด จึงเป็นตัวแปรสำคัญในเรื่องรสชาติของข้าวโพด
2. ลักษณะคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ความเหนียวนุ่มที่เกิดจากอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกตินซึ่งลักษณะความเหนียวนุ่มนี้เป็นลักษณะเฉพาะตัวของข้าวโพดข้าวเหนียว 2) ความนุ่มที่เกิดจากการสะสมของไฟโตไกลโคเจน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่พบในข้าวโพดหวาน และ 3) ความกรอบที่เกิดจากความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดที่มีความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมากจะมีความกรอบมาก ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการในข้าวโพด ดังนั้น ลักษณะคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส มี 3 ลักษณะคือ ความเหนียวนุ่ม ความนุ่ม และความกรอบ เป็นดัชนีวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส
3. ลักษณะคุณภาพด้านกลิ่น ลักษณะนี้ใช้กลิ่นของข้าวโพดเป็นตัวชี้วัด ซึ่งกลิ่นที่ได้จะต้องเกิดจากกระบวนการ

ปรุงให้สุก หรือได้รับความร้อนจึงจะทำให้เกิดกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวของข้าวโพดขึ้น

ในแต่ละลักษณะที่ส่งผลต่อคุณภาพจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันไป ทำให้มีการศึกษาถึงการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจำนวนมาก เพื่อหาวิธีการควบคุมการสังเคราะห์ และนำมาใช้ประโยชน์ในงานปรับปรุงพันธุ์เพื่อช่วยในงานปรับปรุงลักษณะคุณภาพการบริโภคข้าวโพดรับประทานฝักสดมีคุณภาพ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- วันชัย ถนอมทรัพย์ สุขพงษ์ วายุภาพ. ประวัติข้าวโพดฝักสด. ใน เอกสารวิชาการ ข้าวโพดฝักสด. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการ; 2547.
- โรจน์ บุรุษรัตน์พันธุ์. สถานการณ์การตลาดข้าวโพดหวานของโลก. สัมมนาวิชาการ เรื่องข้าวโพดฝักสดไทย...ในหลากหลายมุมมอง. (เอกสารแจกในที่ประชุม) ลพบุรี: โรงแรมลพบุรี อินน์ รีสอร์ท; 2551.
- กรมศุลกากร. สถิติการนำเข้าส่งออก. 2555. ได้จาก: <http://www.customs.go.th/Statistic/Index.jsp>. ค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2555.
- นัทธิดา ทองนรินทร์. การศึกษาสมรรถนะการรวมตัวของข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2548.
- ประอรพิชญ์ จัณฉวัฒนา. พัฒนาข้าวโพดเทียน เพิ่มราคาผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น. 2549. ได้จาก library.dip.go.th/multim5/edoc/14067.doc. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2554
- สกุลกานต์ สิมลา. การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพในข้าวโพดข้าวเหนียว. วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2552.
- ทวีศักดิ์ ภูหล้า. ข้าวโพดหวาน: การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรินติ้ง.เฮาส์; 2540.
- นลินา จอมบดินทร์. ผลของพันธุ์และสภาวะการแปรรูปต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานแช่แข็งทั้งฝัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน; 2541.
- Boyer CD and Shannon JC. The use of endosperm genes for sweet corn improvement, pp. 139-161. In Janick J (ed.), Plant breeding review vol. 5. New York: CRC Press; 1984.
- Azanza F, Klein BP, and Juvik JA. Sensory characterization of sweet corn lines differing in physical and chemical composition. J Food Sci 1996;61(1): 253-257
- Reyes FR, Varseveld GW, and Kuhn MC. Sugar composition and flavour quality of high sugar (Shrunken) and normal sweet corn. J of Food Sci 1982;47: 753-755
- Evensen KB and Boyer CD. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. J Am Soc Hortic Sci 1986;111(5):734-738
- Simla S, Lertrat K, and Suriharn B. The Possibility of Sweet and Waxy Corn Gene Combination to Improve Sweetness in Waxy Corn Hybrids. In: The 11th Asian Maize Conference (11thAMC) 2011, Nov 7-11; Nanning, China; 2011. p. 330-1
- Simla S, Lertrat K, and Suriharn B. Carbohydrate characters of six vegetable waxy corn varieties as affected by harvest time and storage duration. Asian J of Plant Sci 2010;9 (8): 463-470.
- Ito GM and Brewbaker JL. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. J Am Soc Hortic Sci 1991;106(4): 496-499
- Helm JL and Zuber MS. Inheritance of pericarp thickness in corn belt maize. Crop Sci 1972;12: 482-430
- กล้าณรงค์ ศรีรอด เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546
- Boyer CD and Hannah LC. Kernel mutants of corn. pp. 1-31. In Hallauer AR. Specialty corns. 2 ed. New York: CRC Press; 2001.
- Ferguson V. High amylose and waxy corns. pp. 63-84. In Hallauer AR. Specialty corns. 2 ed. New York: CRC Press; 2001.
- White PJ. Properties of corn starch. pp. 33-62. In Hallauer AR. Specialty corns. 2 ed. New York: CRC Press; 2001.
- สกุลกานต์ สิมลา และอรุณทิพย์ เหมะรุฉิน. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว. เกษตร 2555;40 ฉบับพิเศษ: 455-459.
- James MG, Robertson DS, Myers AM. Characterization of the maize gene *sugary1*, a determinant of starch composition in kernels. Plant Cell 1995;7: 417-429
- Tracy WF. Sweet corn. pp. 155-197. In Hallauer AR. Specialty corns. 2 ed. New York: CRC Press; 2001.