

ผลของพันธุ์ข้าวโพดหวานและความร้อนต่อคุณลักษณะของ ผลิตภัณฑ์ข้าวโพดทั้งเมล็ดบรรจุกระป๋อง

Effect of Sweet Corn Varieties and Thermal Processing on Quality of Canned Whole Kernel Corn

ธนบุญย์ สัจจานันตกุล และ รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย¹

Tanaboon Sajjaanantakul and Ratchada Tangwongchai

ABSTRACT

Three sweet corn varieties were processed into canned whole kernel corn in brine. Before the process, HSSW(HS)C₂F₂ variety had higher firmness, carotene content and more yellow color than Hybrid 27127. While HSSW(HS)#11 variety exhibited lower firmness, carotene content, and lighter color than the others. Broken heating curve was found for the canning process at 121°C. After the process, all varieties showed higher moisture content and chroma value, but lower in carotene content and firmness. The process diminished the alcohol insoluble solid in the Hybrid 27127 but not in the others. Within each variety canning at F₀ value of 4, 9, and 12 caused significant reduction in firmness. The Hybrid 27127 had the least changes in the firmness. Microscopic examination also showed the least alteration in the pericarp structure of the Hybrid 27127. While the HSSW(HS)#11 exhibited the highest firmness reduction with the most changes in the pericarp structure. Descriptive sensory evaluation indicated that after canning the panel could not differentiate the color differences among the varieties. However, changes in color and firmness due to thermal process were identified by the panel.

Key words: sweet corn variety, thermal processing, whole kernel corn, canning

บทคัดย่อ

การศึกษาความเหมาะสมของข้าวโพดหวาน 3
พันธุ์ในการแปรรูปข้าวโพดแคะเมล็ดบรรจุกระป๋อง

พบว่า ก่อนแปรรูปพันธุ์ HSSW(HS)C₂F₂ มีความ
แน่นเนื้อและปริมาณแคโรทีนสูง มีสีเหลืองเข้มกว่า
พันธุ์ลูกผสม 27127 ส่วนพันธุ์ HSSW(HS)#11 มี
ความแน่นเนื้อและปริมาณแคโรทีนต่ำ สีเหลืองซีด

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand.

จากทั่วทั้ง 2 พันธุ์ เมื่อนำข้าวโพดหวานทั้ง 3 พันธุ์ไปแปรรูปและฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เป็น 4, 9 และ 12 นาทีพบว่า มีอัตราการส่งผ่านความร้อนเป็นสองช่วง (broken heating curve) และหลังการแปรรูปทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณความชื้น และค่าความแข็งของสีเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณแคลโรทีนและค่าความแน่นเนื้อลดลง ปริมาณสารที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ของข้าวโพดพันธุ์ 27127 ลดลง ขณะที่อีก 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพันธุ์พบว่าระดับความร้อนที่ต่างกันมีผลต่อการลดลงของความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ 27127 มีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อน้อยที่สุด และพบว่าระดับความร้อนมีผลทำลายชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดพันธุ์ 27127 น้อยที่สุดเช่นกัน ขณะที่พันธุ์ #11 มีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อและการเปลี่ยนแปลงชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุด ในการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของข้าวโพดกระป๋องผู้ชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีจากแต่ละพันธุ์ได้ แต่บอกได้ว่าสีเหลืองของข้าวโพดเข้มขึ้นเมื่อผ่านความร้อน และเมื่อระดับความร้อนสูงขึ้นเนื้อสัมผัสจะนุ่มขึ้น

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays L. saccharata*) จัดเป็นข้าวโพดอุตสาหกรรมที่สำคัญชนิดหนึ่ง การแปรรูปข้าวโพด กระป๋องในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแปรรูปโดยเฉพาะข้าวโพดหวานที่ใช้แปรรูปในปัจจุบันเป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อการรับประทานสด เช่น พันธุ์ลูกผสม 27127 ซึ่งกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนอาจมีผลต่อคุณลักษณะข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องได้ ข้าวโพดหวานที่นำมาทำการแปรรูปบรรจุกระป๋องจะต้องมี

ความชื้นและองค์ประกอบที่พอเหมาะของเมล็ด ความสม่ำเสมอในด้านสี และ เนื้อสัมผัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งความอ่อนนุ่มของเมล็ดซึ่งเกี่ยวข้องกับความหนาและความเหนียว (toughness) ของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp) เมล็ดที่มีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมากขึ้น (ละอองวรรณ, 2530) เมล็ดที่มีอายุน้อยกว่าจะมีความนุ่มของเมล็ดมากกว่า ความหนาและความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดแก่ขึ้นแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และยังขึ้นกับฤดูกาลปลูกด้วย อันเป็นผลให้เมล็ดข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์มีความเหนียวแตกต่างกัน (Sprague, 1955) ในการแปรรูปหากใช้ข้าวโพดอ่อนเกินไปจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ เนื้อเมล็ดน้อย ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มและ แต่ถ้าใช้ข้าวโพดที่แก่เกินไปเมล็ดจะมีลักษณะเป็นแข็ง เมล็ดแข็ง เปลือกหุ้มเมล็ดเหนียวและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสน้อย ปริธูดา (2531) พบว่าเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสม 27127 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 71 วันหลังการ ปลูกมีความเหมาะสมในการผลิตข้าวโพดทั้งเมล็ดบรรจุกระป๋อง รัศมีและคณะ (2534) พบว่าเวลาในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น ดังนั้นในกระบวนการฆ่าเชื้อซึ่งใช้ความร้อนสูงอาจมีผลต่อลักษณะคุณภาพข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์ได้แตกต่างกันไป การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวโพดหวานในน้ำเกลือบรรจุกระป๋องที่ผลิตจากข้าวโพดหวานพันธุ์ต่างๆ และศึกษาผลของความร้อนในการฆ่าเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงของสี แคลโรทีน และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานให้เหมาะสมกับการแปรรูปและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบและการแปรรูป ข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW(HS)C₂F₂ จากศูนย์วิจัยพืชไร่ จ.เชียงใหม่ พันธุ์ลูกผสม 27127 จาก อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา และพันธุ์ HSSW(HS)#11 จาก อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรี ถูกจัดส่งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อได้รับข้าวโพดหวานแล้วจะทำการเก็บเข้าห้องเย็น 4°C ก่อนทำการแปรรูปเพื่อลดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความล่าช้าในการขนส่ง โดยนับระยะเวลาจากการเก็บเกี่ยวถึงเวลาทำการแปรรูปเป็นเกณฑ์ให้เท่ากันแล้วจึงนำมาแปรรูปโดย ถอดไหม แกะเมล็ด ล้างน้ำเพื่อแยกเศษเส้นไหมออก ลวกในน้ำเดือด 4 นาที บรรจุกระป๋องขนาด 300 × 407 ใช้ข้าวโพด 250 กรัม เติมน้ำเกลือ (น้ำตาล 4%, เกลือ 1%) 185 กรัม ผ่านเครื่องไล่อากาศ ปิดผนึก อุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการฆ่าเชื้อ 65-78°C ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) ที่ 121.1°C ให้มีค่า F₀ = 4, 9, 12 นาที โดยติดเข็มวัดอุณหภูมิ (thermocouple) ภายในแนวแกนกระป๋องที่ความสูง 3/4 นิ้วจากก้นกระป๋องจำนวน 3 กระป๋องต่อช่วงการทดลอง ต่อสายเข้าเครื่องบันทึก อุณหภูมิและเครื่องคอมพิวเตอร์ คำนวณค่า F₀ (sterilizing value) ขณะทำการฆ่าเชื้อ (real time) ทำการแปรรูปสองซ้ำในแต่ละระดับความร้อน เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์ก่อนและหลังการแปรรูป วิเคราะห์ความชื้น ปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (alcohol insoluble solid, AIS) ปริมาณแคโรทีน (carotene) ตามวิธี AOAC (1984), สีโดย Hunter Color Difference Meter ใช้แผ่นสี เหลืองปรับค่ามาตรฐาน L = 77.2, a = -2.1, b = 22.2 คำนวณค่ามุมของสี (hue angle: $\theta = \tan^{-1}(b/a)$) ความเข้มของสี (chroma = $\sqrt{a^2 + b^2}$) เนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine ใช้หัว puncture (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม) cross-head speed 50 มม/นาที load cell ขนาด 1

กก chart speed 100 มม/นาที (Deak *et al.*, 1987) รายงานค่าแรงสูงสุดที่ (maximum force) โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้าวโพด 25 เมล็ดในการทดลองแต่ละซ้ำ

การเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ด ศึกษาความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดบริเวณส่วนบน และส่วนโคนเมล็ดด้วย Light microscope โดยใช้ใบมีดโกนเดือนเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวโพดแล้วหยดสารละลายไอโอดีนเจือจางเพื่อให้เห็นชั้นของเปลือกหุ้มเมล็ดชัดเจนขึ้น ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายเลนส์ใกล้ตาเป็น 10 และเลนส์วัตถุกำลังขยายเป็น 10 ในแต่ละตัวอย่างคำนวณหาค่าเฉลี่ยความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดจากการส่อง 12 ครั้ง

การทดสอบชิมแบบ (Descriptive Analysis With Scaling) ใช้การให้คะแนนประเภทไม่มีโครงสร้าง (unstructured scales) เพื่อประเมินความเข้มของคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาคือ สี โดยใช้แผ่นสีมาตรฐาน Horticultural Colour Chart : Maize Yellow 607/3 และ 607 เป็นจุดปลายเส้นคะแนน 0 และ 10 ตามลำดับ และเนื้อสัมผัสโดยใช้มันแกวเป็นจุดปลายเส้นคะแนน 0 และถั่วลิสงเตากระป๋องเป็นจุดปลายเส้นคะแนน 10 ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการเรียน sensory evaluation จำนวน 12 คน ตัวอย่างข้าวโพดกระป๋องจะผ่านการให้ความร้อนด้วย microwave 30 วินาที และข้าวโพดสดจะนำมอลวก ในน้ำเดือด 4 นาที ก่อนนำมาให้ชิมเป็นตัวอย่างควบคุมก่อนการแปรรูป

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Mstat. Version 4.00 (1986) ของ Michigan State University ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99%

ผลและวิจารณ์

ข้าวโพดหวานพันธุ์ C₂F₂ และลูกผสม 27127 มีลักษณะความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก ความยาว

เมล็ดใกล้เคียงกัน และมีผลผลิต (yield) เมล็ดข้าวโพดหวานที่ตัดแล้วเป็น 53% และ 50% โดยน้ำหนักตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ #11 (34%) ดัง Table 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความความแก่อ่อนของข้าวโพดหวานที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะก่อนการแปรรูป ข้าวโพดหวานทั้งสามสายพันธุ์มีความเป็นกรด-เบส (pH) เป็นกลางและใกล้เคียงกันคือ 6.33 - 6.55 (Table 2) ซึ่งเมื่อนำมาแปรรูปจะจัดเป็นอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะที่บ่งถึงความแก่อ่อน (maturity) ของข้าวโพดหวานคือ ปริมาณความชื้น AIS และความแน่นเนื้อ (firmness) จะเห็นว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ C₂F₂ และ 27127 มีความแก่อ่อนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณความชื้นเป็น 71.90 - 72.55% และปริมาณ AIS เป็น 18.33 - 18.60% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ #11 จะมีความแก่อ่อน น้อยกว่าเนื่องจากมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าเป็น 78.45% และ AIS ต่ำกว่าเป็น 11.22% สำหรับความแน่นเนื้อพบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ C₂F₂, 27127 และ #11 มีค่า ความแน่นเนื้อลดหลั่นเป็น 0.76, 0.65 และ 0.62 กิโลกรัมแรงตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมล็ดข้าวโพดหวานที่อายุอ่อนกว่าจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ต่ำกว่าและมีความอ่อนนุ่มมากกว่าเมล็ด ข้าวโพดหวานที่อายุมาก (Henry et al., 1956) ส่วนการที่ข้าวโพดหวานพันธุ์ C₂F₂ มีความแน่นเนื้อสูงสุดต่างจากพันธุ์ 27127 มาก แสดงให้เห็นความแตกต่างของสายพันธุ์ ซึ่งอาจเนื่องจากลักษณะความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ดในสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ต่างกัน ที่ก่อให้เกิดแรงต้านต่อการวัดความแน่นเนื้อโดยแรงเจาะ (puncture force) (Bourne, 1980)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์จะพบความแตกต่างของสีในค่าความสว่าง (lightness: L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าความเข้มของสี อย่างมีนัย

สำคัญ ($p < 0.05$) โดยพันธุ์ C₂F₂ มีสีเหลืองค่อนข้างไปทางส้มแดงมากที่สุด (ค่ามุมของสีน้อย) และพันธุ์ #11 มีสีออกเหลืองมากกว่า (ค่ามุมของสีมาก) และมีค่าความเข้มของสีและค่า L มากที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 มีสีเหลืองสดสว่างมากที่สุด ขณะที่พันธุ์ 27127 และพันธุ์ C₂F₂ มีสีเหลืองออกส้มแดงและดูคล้ำกว่าตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าปริมาณแคโรทีนในข้าวโพดหวานทั้งสามสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพันธุ์ #11 มีปริมาณแคโรทีนต่ำสุด คือ 358.5 IU หรือ 0.1 มก/กก และพันธุ์ 27127 และ C₂F₂ มีค่ามากกว่าเป็น 0.65 และ 0.86 มก/กก ตามลำดับ ทั้งนี้ข้าวโพดหวานสองสายพันธุ์นี้มี sugary gene ซึ่งพบว่าให้ค่าใกล้เคียงกับ Tannenbaum et al. (1985) ที่รายงานว่าข้าวโพดหวานมีปริมาณแคโรทีน 0.9-1.5 มก/กก ขณะที่ข้าวโพดหวาน #11 มีปริมาณแคโรทีนที่ต่ำกว่ามาก ซึ่งอาจเนื่องจากความแตกต่างของสายพันธุ์ที่มี bristle gene หรือจากสภาพการปลูกที่ต่างกัน

ผลของกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน ในการทดสอบเบื้องต้นถึงการส่งผ่านความร้อนที่ตำแหน่ง 1/3 ของความสูง ในแนวแกนศูนย์กลางกระป๋อง (1 8/16 นิ้วจากก้นกระป๋อง) เปรียบเทียบกับตำแหน่งความสูง 3/4 นิ้วจากก้นกระป๋องพบว่าที่ตำแหน่ง 3/4 นิ้วมีการเพิ่มของอุณหภูมิช้ากว่า ซึ่งยืนยันผลการทดลองของรัชมีและคณะ (2534) ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ตำแหน่งความสูง 3/4 นิ้วในแนวแกนศูนย์กลางจากก้นกระป๋องเพื่อวัดอัตราการส่งผ่านความร้อน ซึ่งพบว่ามีลักษณะกราฟ การส่งผ่านความร้อนเป็นเส้นตรงที่มีการเปลี่ยนความชันของเส้นกราฟ (broken heating curve) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Berry and Bush (1987) ข้าวโพดหวานทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าปัจจัยในการส่งผ่านความร้อนที่ระดับ F₀ ต่างๆ ใกล้เคียงกัน (Table 3) และข้าวโพดหวานหลังการบรรจุกระป๋องจะมีปริมาณความชื้นสูงขึ้นประมาณ 5% เนื่องจากมี

การดูดซับน้ำเกลือเข้าในเมล็ด โดยระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น (Table 4) และพบว่าปริมาณ AIS ในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ 27127 ลดลงจาก 18.60% เป็นประมาณ 14.81% ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในพันธุ์ #11 และ C₂F₂ และระดับความร้อนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ AIS ซึ่ง Gould *et al.* (1951) พบว่าข้าวโพดหวานที่ผ่านความร้อนโดยการบรรจุกระป๋องจะมีค่า AIS ต่ำลงประมาณ 4% แต่ข้าวโพดหวานที่มีอายุน้อยปริมาณ AIS ก่อนและหลังการแปร

รูปจะใกล้เคียงกัน สำหรับพันธุ์ C₂F₂ ที่มีการเปลี่ยนแปลงของ AIS น้อยมากเมื่อเทียบกับพันธุ์ 27127 ทั้งที่มีอายุใกล้เคียงกันนั้นแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ต่อผลการแปรรูป ซึ่งอาจเนื่องจากลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีความเหนียวมากกว่า (สอดคล้องกับความแน่นเนื้อสูง) ที่สามารถลดการสูญเสียของ AIS หรือเนื่องจากความแตกต่างของชนิดและองค์ประกอบ AIS ในข้าวโพดต่างสายพันธุ์กัน

สี สำหรับสีของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง

Table 1 Size and kernel yield of 3 sweet corn varieties.

Variety	Maturity (Days after silking)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Kernel length ¹ (cm)	Kernel yield ² (%)
HSSW(HS)C ₂ F ₂	20	20.2	4.9	1.28	53
Hybrid 27127	N/A	19.3	4.6	1.12	50
HSSW(HS)#11	20	18.5	4.3	0.97	34

¹ measured before cutting the kernel

² (weight of cut kernel per weight of whole ear with husk) × 100

Table 2 Quality attributes of 3 sweet corn varieties before canning.

	HSSW(HS)C ₂ F ₂	Hybrid 27127	HSSW(HS) #11
pH	6.33 c	6.55 a	6.34 b
Moisture content (%)	71.90 b	72.55 b	78.45 a
AIS (%)	18.33 a	18.60 a	11.22 b
Firmness (kg-force)	0.76 a	0.65 b	0.62 c
Hunter Color Lab : L	67.02 c	69.11 b	70.06 a
: a	6.30 a	5.17 b	5.29 b
: b	28.25 c	32.34 b	33.77 a
Hue angle	77.43 b	80.92 a	81.10 a
Chroma	28.94 c	32.75 b	34.18 a
Carotene content (IU.)	3167.75 a	2404.50 b	358.50 c

Values within rows followed by same letter are not significantly different at $P < 0.05$

Table 3 Heat penetration data of canned whole kernel sweet corn processed at 3 different sterilizing values (F_0).

Variety	IT ¹ (°C)	J (min.)	f_h	f_2	X_{bh}	F_0 obtained	Process time employed (min.)	Calculated ² process time (min.)
HSSW(HS)C ₂ F ₂	65.8	0.41	4.90	9.82	3.05	4.40	7.0	9.8
	67.8	0.65	5.50	16.10	5.90	9.36	14.5	16.8
	65.2	0.57	5.46	17.90	5.50	12.18	17.0	20.1
Hybrid 27127	75.0	0.58	6.05	8.12	4.46	4.03	7.5	9.8
	72.4	0.56	7.13	13.28	6.74	8.51	14.0	16.3
	66.7	0.48	6.97	15.52	6.86	12.06	17.0	22.5
HSSW(HS)#11	74.7	0.67	5.68	11.19	3.90	3.77	8.5	10.6
	72.6	0.54	7.12	14.83	6.74	8.80	14.5	16.9
	72.0	0.45	7.32	19.48	7.18	11.47	17.0	20.3

¹ Initial temperature² B_B by Ball formula method to estimate process time at $F_0 = 4, 9, 12$ (retort come up time = 6 min.)**Table 4** Quality attributes of canned whole kernel sweet corn processed at 3 different sterilizing values (F_0).

Variety	F_0 value (min.)	Moisture content (%)	AIS ¹ (%)	L value	Hue angle	Chroma	Carotene retention (%)
HSSW(HS)C ₂ F ₂	0	71.90 f	18.33 a	67.02 b	77.43 d	28.94 f	100.00 a
	4	76.54 d	17.77 b	59.97 ef	75.92 e	37.00 a	54.62 d
	9	76.15 de	18.58 a	58.74 e	76.22 de	35.74 abcd	75.80 bc
	12	75.73 e	18.78 a	59.95 ef	76.99 de	35.95 abc	68.22 c
Hybrid 27127	0	72.55 f	18.60 a	69.11 a	80.92 ab	32.75 e	100.00 a
	4	79.05 bc	14.79 c	61.02 e	79.85 bc	36.90 a	75.48 e
	9	78.92 bc	14.89 c	58.96 f	79.72 bc	35.19 bcd	73.63 f
	12	79.40 b	14.77 c	58.86 f	79.23 c	35.00 cd	77.12 e
HSSW(HS)#11	0	78.45 c	11.22 d	70.06 a	81.10 ab	34.18 d	100.00 a
	4	83.19 a	10.50 e	65.63 bc	82.36 a	36.56 ab	39.63 bc
	9	82.82 a	10.72 e	64.24 cd	82.33 a	35.53 abcd	26.21 bc
	12	83.29 a	10.68 e	63.40 d	81.54 a	35.02 bcd	38.31 b

¹ AIS = Alcohol insoluble solidValues within columns followed by same letter are not significantly different at $P < 0.05$

พบว่า ในทุกสายพันธุ์มีค่า L ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยพันธุ์ #11 มีค่า L สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญต่างจากข้าวโพดหวานอีกสองพันธุ์ ทั้งนี้เนื่องจากอนุพันธ์ของแคโรทีนต่างชนิดกันในสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไป (Francis, 1985; Bauernfeind, 1978) ค่า b ของข้าวโพดหวานจะเพิ่มขึ้นในทุกสายพันธุ์ โดยระดับของความร้อนที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่า b ซึ่งผลการทดลองที่ต่างจากรัศมีและคณะ (2534) นี้เนื่องจากระดับความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปต่างกัน

แม้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ 27127 และ #11 มีค่ามุมสีก่อนการแปรรูปไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังการแปรรูปพันธุ์ #11 จะมีค่ามุมของสีมากที่สุด (สีออกเหลืองมากที่สุด) แตกต่างจากพันธุ์ลูกผสม 27127 และ C_2F_2 ส่วนค่าความเข้มของสีในทุกสายพันธุ์จะสูงขึ้นเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน แต่ระดับความร้อนที่ต่างกันจะไม่มีผลต่อค่าความเข้มของสี ดังนั้นหลังการแปรรูปข้าวโพดหวานจะมีความสว่างลดลง ความเข้มของสีเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลรวมให้สีข้าวโพดหวานดูเข้ม คล้ำขึ้น (dark) โดยข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 จะมีสีเหลืองสว่างกว่าอีก 2 พันธุ์ การที่ข้าวโพดหวานมีสีเข้มขึ้นอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากน้ำตาลรีดิวซิงและกรดอะมิโนในข้าวโพดหวาน (Maillard reaction) และ/หรือการเปลี่ยนแปลงการหักเหของแสงเนื่องจากสารละลายน้ำเกลือไปแทนที่อากาศในเซลล์ข้าวโพดหวานที่ผ่านความร้อนแล้ว

แคโรทีน ข้าวโพดหวานทุกสายพันธุ์เมื่อผ่านการแปรรูปแล้วปริมาณแคโรทีนจะลดลง (Table 4) ซึ่งอาจสูญเสีย ระหว่างการลวกและการฆ่าเชื้อ ระดับของความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนในพันธุ์ #11 น้อยที่สุด และมากที่สุดพันธุ์ 27127 ซึ่งอาจเนื่องจากปริมาณอนุพันธ์

แคโรทีนที่ต่างกัน ข้าวโพดหวานแต่ละสายพันธุ์ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคโรทีนในข้าวโพดหวานไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน

ความแน่นเนื้อ ความร้อนในขั้นตอนการลวก (blanching effect) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อในข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 อย่างเด่นชัด (Figure 1) อาจเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดหวาน #11 มีอายุอ่อนกว่าและมีปริมาณ ความชื้นสูงเป็นผลให้มีความดันเต่ง (turgor pressure) มากซึ่งสูญเสียได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนี้การเกิด เจลาติไนซ์ของแป้งภายในเมล็ดข้าวโพดหวานที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วก็มีส่วนให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง โดยจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียวขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวโพดหวานที่ผ่านการลวกกับข้าวโพดหวานที่ผ่านการ แปรรูปที่ F_0 เป็น 4 จะเห็นว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ C_2F_2 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อมากกว่าพันธุ์ #11 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดหวานพันธุ์ C_2F_2 มีปริมาณแป้งที่สูงกว่า (ค่า AIS สูงกว่า) มีผลทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลง ความแน่นเนื้อในช่วงนี้มากกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 อย่างไรก็ตามการเจลาติไนซ์ของแป้งในเมล็ดข้าวโพดจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อมากนักเมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (sterilizing value, F_0) สูงขึ้น (Figure 2) เนื่องจากแป้งข้าวโพด (native corn starch) จะเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิ 62-73°C (Wurzburg, 1987) ดังนั้นที่ระดับความร้อนที่สูงกว่า $F_0 = 4$ การลดลงของความแน่นเนื้อน่าจะมีผลส่วนใหญ่นองมาจากการเปลี่ยนแปลงของชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดที่เป็นส่วนให้ความเหนียวเมล็ดข้าวโพด ซึ่งสนับสนุนตรงด้า (2532) ที่ว่าความอ่อนนุ่มของข้าวโพดหวานขึ้นอยู่กับเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสำคัญ และเกี่ยวข้องน้อยกับโครงสร้างภายในเมล็ด จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ C_2F_2 และ #11 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก

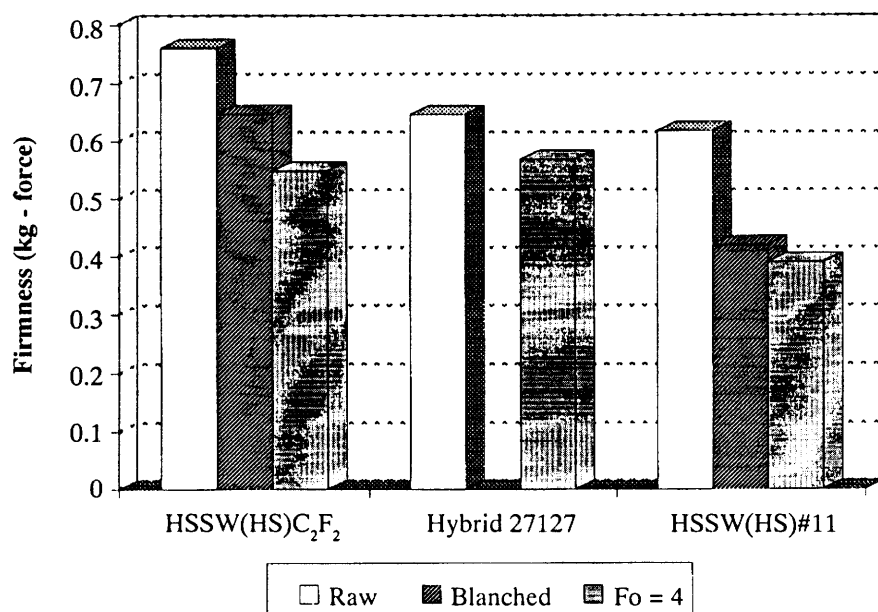


Figure 1 Firmness of raw, blanched and canned ($F_0 = 4$) whole kernel sweet corn. Data on blanched Hybrid 27127 were missing.

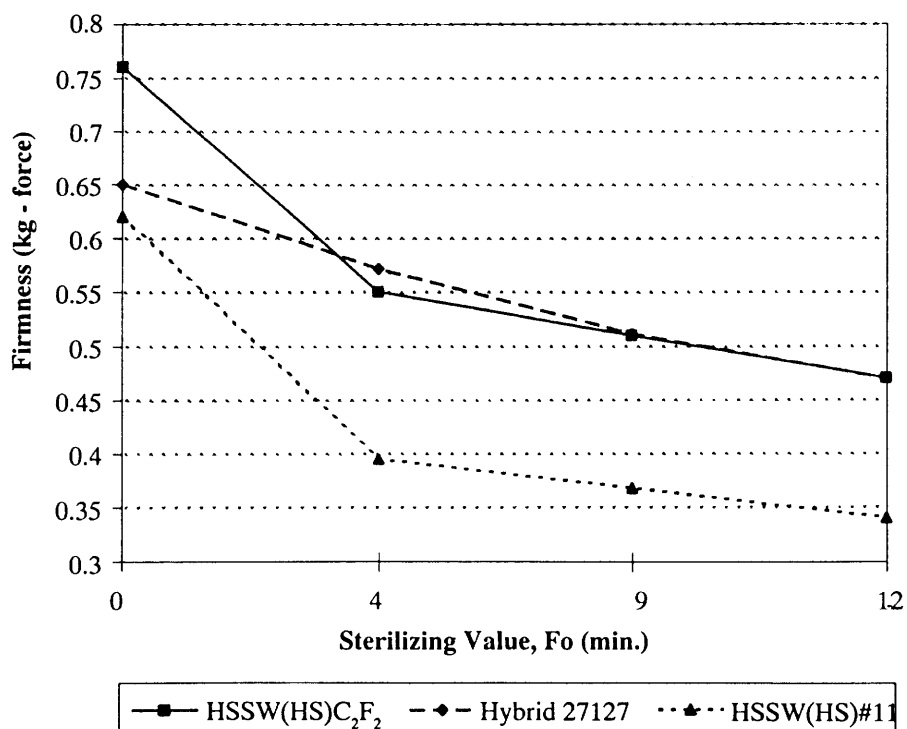
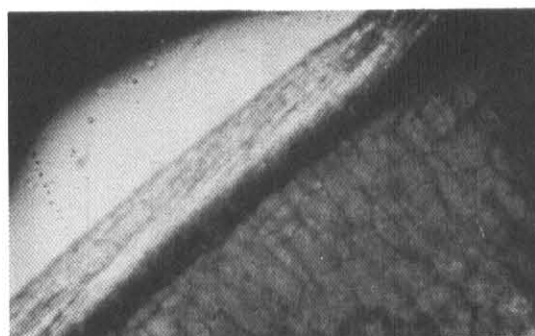


Figure 2 Firmness of canned whole kernel sweet corn processed at 3 different sterilizing values (F_0).

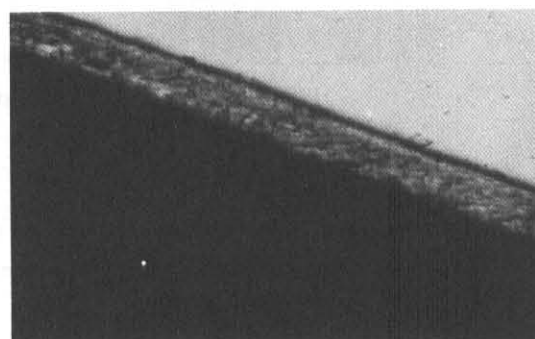
ในขณะที่พันธุ์ 27127 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า และค่อนข้างคงที่เมื่อระดับความร้อนเพิ่มขึ้น โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อจะใกล้เคียงกัน ในทุกสายพันธุ์ในช่วง F_0 เป็น 9 และ 12

เปลือกหุ้มเมล็ด ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด ข้าวโพดหวานที่ผ่านการแปรรูปที่ระดับความร้อนต่างๆ แสดงใน Table 5 ซึ่งพบว่าส่วนโคนเมล็ดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าส่วนบนเมล็ด และจาก Figure 3 พบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 มีการเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ดหลังการแปรรูปด้วยความร้อนแล้วมากที่สุด โดยเซลล์บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะพองตัวและถูกทำลายโครงสร้างมากกว่าอีก 2 พันธุ์ (ซึ่งพบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 มีอัตราการลดลงของความแน่นเนื้อมากที่สุดเช่นกัน) รองลงมา เป็นพันธุ์ C_2F_2 และลูกผสม 27127 ตามลำดับ พันธุ์ ลูกผสม 27127 จึงเป็นพันธุ์ที่ทนต่อการแปรรูปด้วยความร้อนได้ดีที่สุดเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ดและค่าความแน่นเนื้อน้อยที่สุด ขณะที่พันธุ์ #11 มีเนื้อสัมผัสนุ่มที่สุดหลังการแปรรูป การเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ดเนื่องจากการแปรรูปที่ต่างกันของข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์อาจเป็นผลของความแข็งแรง และความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ดที่ต่างกัน เนื่องจากสายพันธุ์และอาจมีผลร่วมเนื่องมาจากความแก่ก่อนของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ใช้ด้วย

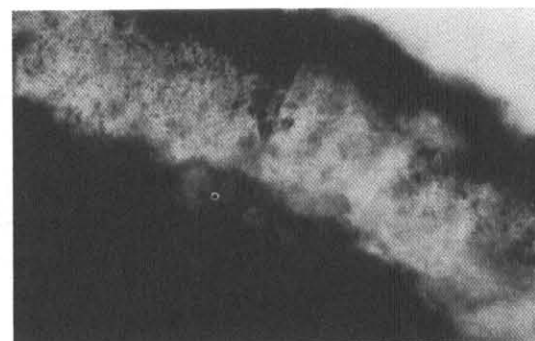
การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Descriptive Analysis With Scaling ทำการประเมินความเข้มของตัวอย่างข้าวโพดหวานก่อนและหลังการแปรรูปจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) (Table 6) ในด้านสีของ ข้าวโพดหวาน พบว่ามีความแตกต่างกันของสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าผู้ทดสอบชิม สามารถบอกถึงความแตกต่างของสายพันธุ์ได้ และพบว่ามี ความแตกต่างทางสถิติของผลร่วมปฏิกิริยา (interaction) ระหว่างสายพันธุ์ข้าวโพดหวานกับผู้ทดสอบชิมที่



HSSW(HS) C_2F_2



Hybrid 27127



HSSW(HS)#11

Figure 3 Light micrographs (x 100) of pericarp (top of kernel) of canned whole kernel sweet corn processed at sterilizing value $F_0 = 12$.

Table 5 Pericarp thickness of canned whole kernel sweet corn processed at 3 different sterilizing values (F_o).

Variety	F_o value (min.)	Pericarp thickness (mm)	
		top of kernel	side of kernel
HSSW(HS) C_2F_2	4	47.70 de	76.81 e
	9	46.93 de	74.57 ef
	12	56.12 bc	92.72 c
Hybrid 27127	4	39.46 f	67.28 g
	9	41.72 ef	72.69 ef
	12	36.78 f	70.82 fg
HSSW(HS)#11	4	51.80 cd	82.30 d
	9	60.00 b	97.81 b
	12	135.17 a	167.18 a

Values within columns followed by same letter are not significantly different at $P < 0.05$

Table 6 Sensory scores (descriptive analysis with scaling) of canned whole kernel sweet corn processed at 3 different sterilizing values.

Variety	F_o value (min.)	Texture ¹	Color ²
HSSW(HS) C_2F_2	0	4.23 d	4.68 b
	4	5.40 bc	5.49 ab
	9	5.70 b	5.72 ab
	12	6.18 ab	5.96 ab
Hybrid 27127	0	3.77 d	5.65 ab
	4	5.73 b	5.97 ab
	9	5.97 ab	6.51 a
	12	6.85 a	6.75 a
HSSW(HS) #11	0	2.59 e	5.58 ab
	4	4.59 cd	4.88 b
	9	5.74 b	5.48 ab
	12	6.30 ab	5.59 ab

Values within columns followed by same letter are not significantly different at $P < 0.05$

1 Score : 1 = Crisp (fresh yambean), 10 = Tender (canned sweet pea)

2 Score : 1 = Maize Yellow 607/3, 10 = Maize Yellow 60

ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งความแตกต่างของผลร่วมปฏิกิริยานี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของสายพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้าวโพดหวานแต่ละสายพันธุ์ไปแปรรูปด้วยความร้อน (treatment) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของผลร่วมปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์ข้าวโพดหวานกับระดับของความร้อนที่ใช้ นั่นคือผู้ทดสอบชิมไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างของสีข้าวโพดหวานหลังการแปรรูปที่ระดับความร้อนต่างกันได้ ดังนั้นการแปรรูปด้วยความร้อนจะช่วยลดความแตกต่างด้านสีที่ประเมินด้วยประสาทสัมผัสของข้าวโพดหวานต่างสายพันธุ์ได้

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) พบว่าเนื้อสัมผัสก่อนการแปรรูปของข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ C_2F_2 และพันธุ์ลูกผสม 27127 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อผ่านการแปรรูปแล้วข้าวโพดหวานทุกสายพันธุ์มีเนื้อสัมผัสนุ่มขึ้น (คะแนนมาก) และที่ระดับความร้อน F_0 เป็น 9 และ 12 นาที่ จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านเนื้อสัมผัสที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อพิจารณาข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 จะเห็นว่า ที่ระดับความร้อนที่ F_0 เป็น 4 จะแตกต่างจาก 9 และ 12 ซึ่งไม่พบในสายพันธุ์อื่น แสดงถึงคุณภาพ (ความกรอบ) ข้าวโพดหวานที่ยังคงสามารถรู้สึกได้โดยการชิมเมื่อใช้ความร้อนในการแปรรูปขั้นต่ำ (minimally process) แต่ในพันธุ์อื่นที่ข้าวโพดมีความเหนียวกว่า (ไม่กรอบนัก) และทนต่อความร้อนได้ดีผู้ชิมไม่สามารถรู้สึกความแตกต่างได้โดยการชิม ความแตกต่างของเนื้อสัมผัสข้าวโพดหวานพันธุ์ #11 นี้จะสูญเสียไปเมื่อให้ความร้อนนานขึ้นที่ F_0 เป็น 9 และ 12 ซึ่งผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของเนื้อสัมผัสพบว่า มีความแตกต่างกันเนื่องจากสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน ระดับของความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อและผลร่วมปฏิกิริยาของผู้ทดสอบชิมกับสาย

พันธุ์ข้าวโพดหวาน ซึ่งความแตกต่างของผลร่วมปฏิกิริยานี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของสายพันธุ์ สำหรับในด้านผลร่วมปฏิกิริยาระหว่างสายพันธุ์ข้าวโพดหวานกับระดับของความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประเมินด้วยประสาทสัมผัสกับค่าความแน่นเนื้อจากเครื่อง Instron จะมีความสอดคล้องกันโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ในข้าวโพดหวานพันธุ์ C_2F_2 ลูกผสม 27127 และ #11 เป็น -0.99, -0.97 และ -0.96 ตามลำดับ

สรุป

เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีบางประการพบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW(HS) _#11 มีอายุการเก็บเกี่ยวที่อ่อนกว่าข้าวโพดหวานอีกสองพันธุ์โดยจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าความแน่นเนื้อ ปริมาณ สารที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ แคลโรทีน และค่าของสีเหลืองต่ำกว่าพันธุ์ HSSW(HS) C_2F_2 และลูกผสม 27127 ซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ใกล้เคียงกัน สำหรับการแปรรูปข้าวโพดหวานทั้งเมล็ดบรรจุกระป๋องพบว่า มีการส่งผ่านความร้อนอย่างรวดเร็วในช่วงแรก (f_1 มีค่าน้อย) แต่จะลดลงในช่วงหลัง (f_2 มีค่ามาก) โดยมีกราฟการส่งผ่านความร้อนเป็นเส้นหัก (broken curve) และจะมีจุดที่ร้อนช้าที่สุดของกระป๋องที่จุด 3/4 นิ้ววัดจากกันกระป๋อง เมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนแล้ว พบว่ามีความชื้นประมาณ 79% ในทุกตัวอย่าง แสดงถึงระดับของความร้อนที่แตกต่างกันในช่วง $F_0 = 4 - 12$ นาที่ ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ความร้อนมีผลต่อการลดลงของปริมาณสารที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ (AIS) ของ ข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสม 27127 อย่างชัดเจน สำหรับในด้านผลของระดับความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อพบว่าไม่มีความแตกต่างทาง

สถิติต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ AIS ในทุกสายพันธุ์ ค่า L และค่ามุมของสี่ของข้าวโพดหวานที่ผ่านการแปรรูปแล้วจะมีค่าลดลง ความเข้มข้นของลิโมนีคเพิ่มขึ้นในข้าวโพดหวานทุกสายพันธุ์ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณแคโรทีนในข้าวโพดที่ผ่านความร้อนแล้วมีค่าลดลง และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลต่อการลดลงของแคโรทีน โดยแคโรทีนในข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW(HS) C₂F₂ จะลดลงมากที่สุด ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในทุกสายพันธุ์ โดยความแน่นเนื้อลดลงเมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มสูงขึ้น ข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสม 27127 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเนื่องจากความร้อนน้อยที่สุด ขณะที่พันธุ์ HSSW(HS)#11 มีความอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัสมากที่สุด นอกจากนี้พบว่า ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสม 27127 น้อยที่สุด และมีผลทำลายชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW(HS)#11 มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Descriptive analysis with scaling ในด้านสีพบว่า เมื่อผ่านความร้อนแล้วข้าวโพดหวานมีสีเหลืองส้มเข้มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนการประเมินผลด้านเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่อระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อสูงขึ้นมีความนุ่มเพิ่มขึ้น โดยในข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW (HS)#11 ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F₀) จาก 0 เป็น 9 นาทีมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ระหว่างระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ 9 และ 12 นาทีจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อไม่มากนักที่ระดับความร้อนดังกล่าว

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันอินทรีย์เพื่อการค้นคว้าและวิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ ดร. ทวีศักดิ์ ภู่อ่ำ คุณประวิตร พุทธานนท์ และคุณสุรณี ทองเหลือง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาข้าวโพดหวานในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ดรีงดา บัวสระแก้ว. 2532. ความสัมพันธ์ของการวัดความอ่อนนุ่มของเมล็ดสดข้าวโพดโดยใช้การกัดและการใช้การวัดความแน่นเนื้อ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปริญดา เพ็ญโรจน์. 2531. ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของข้าวโพดทั้งเมล็ดบรรจุกระป๋อง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รัศมี สุกศรี, สุนทรชัย ศรีงาม, และ พรทิพย์ เจริญธรรมวัฒน์. 2534. การศึกษาการผลิตข้าวโพดทั้งเมล็ดบรรจุกระป๋อง, น. 89-90. ใน บทคัดย่อและกำหนดการเสนอผลงานวิจัยการประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่าง ครั้งที่ 22 พศ.2534. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรมวิชาการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตรและศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวสาลีนานาชาติ, กรุงเทพฯ.
- ละอองวรรณ เหมจินดา. 2530. ผลของพันธุ์ อายุการเก็บและปริมาณแป้งต่อคุณภาพของข้าวโพดครีmgrะป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- AOAC. 1984. Official Method of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

- 1141 p.
- Bauernfeind, J.C. 1978. Carotenoids: A class of natural pigments in food, pp. 113-126. *In* M.S. Peterson, and A.R. Johnson (ed.). Encyclopedia of Food Science. 4th ed. The AVI Publ. Co., Inc., Wesport, Connecticut.
- Berry, M.R.Jr. and R.C. Bush. 1987. Establishing thermal processes for products with broken-heating curves from data taken at other retort and initial temperature. *J. Food Sci.* 52: 958 - 961.
- Bourne, M.C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 51 - 57.
- Deak, T., E.K. Heaton, Y.C. Hung, and L.R. Beuchat. 1987. Extending the shelf life of fresh sweet corn by shrink wrapping, refrigeration and irradiation. *J. Food Sci.* 52: 1625-1631.
- Francis, F.J. 1985. Pigments and other colorants, pp. 545 - 584. *In* O.R. Fennema, (ed.). Food Chemistry. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Gould, W.A., F.A. Krantz, Jr., and J. Mavis. 1951. Quality evaluation of fresh, frozen and canned yellow sweet corn. *Food Technol.* 7(5): 175-179.
- Henry, C.H., E.B. Wilcox, L.H. Pollard, D.K. Salunkhe, and F.E. Lindquist. 1956. Evaluation of certain methods to determine maturity in relation to yield and quality of yellow sweet corn grown for processing. *Food Technol.* 10(1): 370-380.
- Sprague, G.F. 1955. Corn and Corn Improvement. Academic Press, Inc., New York. 699 p.
- Tannenbaum, S.R., V.R. Young, and M.C. Archer. 1985. Vitamins and minerals, pp. 477 - 544. *In* O.R. Fennema, (ed.). Food Chemistry 2nd ed. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wurzburg, O.B. 1987. Modified Starches Properties and Uses. 2d ed., CRC Press, Inc., Florida. 277 p.