สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

14612

การใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ในข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง

(Use of Cryoprotectant in Frozen Baby Corn)

T096665

นางสาวฐิติมา คทาวัชรกุล

นางสาวศิริมา เลาบรินัตร

ปพ.
ส351ก
2536

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96665
วัน,เดือน,ปี.....4 JUN 2009

รายงานนี้ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ในข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง

(Use of Cryoprotectant in Frozen Baby Corn)

โดย

นางสาวฐิติมา คทาวัชรกุล

นางสาวศิริมา เลาบริพัตร

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....28/3/38..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... (ผศ.ดร.วราวุฒิ ครุส่ง)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31 เดือน ม.ค. พ.ศ. 38

ACC. NO.....
Date Received 23 พ.ค. 2538
Call No.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 มิ.ย. 2541

ว.ท. 35171
2537

ฐิติมา คทาวัชรกุล และ ศิริมา เลาบริพัตร. 2538.:การใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ในข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง (Use of Cryoprotectant in Frozen Baby Corn).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต , 59 หน้า.

ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้มีการผลิตและส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนมากขึ้นข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจ ซึ่งคุณภาพหลังการละลายอาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะในเรื่องของ drip loss สารป้องกันการตกผลึกอาจช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านต่าง ๆ ให้ดีขึ้นกว่าเดิม ในการทดลองนี้จะใช้สารละลายน้ำตาลรีมเลกุลต่ำ

เมื่อหาจุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่าจุดเยือกแข็งมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดมีจุดเยือกแข็งของข้าวโพดสูงกว่า จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพด้าน drip loss และปริมาณความชื้นลดน้อยลง ส่วน Brix และแรงกดทะลุ เพิ่มมากขึ้น โดยค่าคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งดีที่สุดในสารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ความเข้มข้น 10,10 และ 8 เปอร์เซนต์ตามลำดับ เมื่อใช้ข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายความเข้มข้นดังกล่าว มาแปรรูปเป็นน้ำข้าวโพดฝักอ่อน ปรับความหวานเป็น 7 เปอร์เซนต์ และเกลือเป็น 0.3เปอร์เซนต์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้สารละลายจะมีสี และลักษณะปรากฏดีขึ้น แต่ใน ด้านกลิ่น รสชาติ และการยอมรับจะได้คะแนนน้อยลง

ฐิติมา คทาวัชรกุล
ศิริมา เลาบริพัตร ....

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่ออาจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะแนวทางต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ต่างๆ ของรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ อีกทั้งข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณอาจารย์เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ และอาจารย์กิตติชัย บรรจง ที่ท่านกรุณาเสียสละ เวลารับเป็นกรรมการสอบปัญหาพิเศษนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆ รวมทั้งสนับสนุนงานวิจัยให้เป็นไปได้ดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้คำแนะนำสั่งสอน ตลอดจนให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดียิ่งตลอดมา

ฐิติมา คทาวัชรกุล

ศิริมา เลาบริพัตร

มีนาคม 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 ข้าวโพดฝักอ่อน	3
2.2 ประเภทของสารไครโอโพรเทคแทนท์	9
2.3 คุณสมบัติของสารไครโอโพรเทคแทนท์	18
2.4 กลไกการออกฤทธิ์ของสารไครโอโพรเทคแทนท์	18
2.5 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำตาลซูโครส	20
2.6 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำตาลกลูโคส	20
2.7 คุณสมบัติทั่วไปของซอร์บิทอล	21
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	22
3.1 อุปกรณ์	22
3.2 วัสดุและสารเคมี	23
3.3 วิธีการทดลอง	24
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	31
4.1 จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน	31
4.2 ผลของสารละลายต่อคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง	32
4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 47
5.1 สรุปผลการทดลอง 47
5.2 ข้อเสนอแนะ 48
เอกสารอ้างอิง 49
ภาคผนวก 52
ประวัติผู้แต่ง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน	4
2.2	ชนิดของสารไดโอโพรเทคแทน์ทางชีวภาพ	11
2.3	สารไดโอโพรเทคแทนท์ที่ใช้ในอาหาร	16
4.1	จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน	31
4.2	ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และ drip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	34
4.3	ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	36
4.4	ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และ drip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	38
4.5	ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	40
4.6	ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และ drip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	43
4.7	ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	44
4.8	ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส	45
ก1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะที่ปรากฏของน้ำข้าวโพดฝักอ่อน	53
ก2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้าน สี ของน้ำข้าวโพดฝักอ่อน	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้าน กลิ่น ของ น้ำข้าวรพดฝักอ่อน 55

ก4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้าน รสชาติ ของ น้ำข้าวรพดฝักอ่อน 56

ก5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้าน การยอมรับ ของ น้ำข้าวรพดฝักอ่อน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	มาตรฐานข้าวโพดฝักอ่อนของโรงงานอุตสาหกรรม	5
3.1	แผนผังการหาจุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน	25
3.2	แผนผังการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ต่อคุณภาพข้าวโพดฝักอ่อน	28
3.3	แผนผังการผลิตน้ำข้าวโพดฝักอ่อน	29
ข1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของข้าวโพดฝักอ่อน	58
ข2	กราฟการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

อาหารแช่แข็ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้นอย่างมากในตลาดของอาหารแต่ก็ประสบปัญหาด้านการจัดการและการเก็บรักษาอาหารแช่แข็งที่ดี ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพสุดท้ายของอาหาร การแช่แข็งอย่างช้า การเก็บรักษาในระหว่างแช่แข็งรวมถึงการแช่แข็งหรือการหลอมละลายของผลึกน้ำแข็งระหว่างการแช่แข็ง มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในหลายๆ ด้านเช่น เนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติรวมทั้งคุณค่าทางอาหารที่เหลืออยู่ซึ่งมักต้อยลง

ในอดีตมีการทำการแช่แข็งแบบช้า ซึ่งทำให้อาหารที่ผ่านการแช่แข็งมีคุณภาพลดลงมาก สาเหตุหลักเกิดจากผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่และเซลเมมเบรนแตกออก ของเหลวที่อยู่ภายในไหลออกมาในช่วงหลอมละลาย ซึ่งส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนั้น จึงได้มีการปรับปรุงนำเอาการแช่แข็งแบบเร็วเข้ามาแทน ซึ่งพบว่าผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ดังนั้นจะลดการฉีกขาดของเซลเมมเบรนและมีผลให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงภายในเนื่องจากเอนไซม์ที่ปล่อยออกมา ก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ รวมถึงการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ลดน้อยลงด้วย

ดังนั้น จากปัญหาดังกล่าว จึงมีความพยายามที่จะทำให้อาหารเกิดความเสถียรในกระบวนการของ freezing-thawing โดย

1.ลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารให้เหลือน้อยที่สุด

2.ใช้สารคงตัวช่วยในการลดจุดเยือกแข็งของอาหาร หรือลดการเติบโตของผลึก

3.การใช้สารบางตัวช่วยลดการเกิดนิวคลีเอชั่นในสารที่เป็น supercool

ได้มีการใช้แป้ง โดยแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีมีผลต่อความคงตัวระหว่างการแช่แข็งและการละลายต่ำ ขณะที่การใช้แป้งข้าวเหนียวให้ผลดีกว่า แต่ก็ยังไม่ดีเท่าแป้งข้าวที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ ดังนั้น สารที่ใช้สำหรับการทำให้ระบบมีความเสถียร โดยป้องกันการสูญเสียคุณภาพระหว่างการแช่แข็งและการละลาย จะเรียกว่า โครโอโพรเทคแทนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษากับข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง ซึ่งในปัจจุบันนี้ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นธัญพืชที่ได้รับการส่งเสริมให้มีการผลิตและส่งออก ซึ่งการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งยังมักมีปัญหาจากสาเหตุข้างต้น ดังนั้นการนำเอาสารไครโอโพรเทคแทนท์ เข้ามาใช้จึงเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษากราฟการแช่แข็งของข้าวโพดฝักอ่อนจากจุดเยือกแข็ง

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารไครโอโพรเทคแทนท์ ที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารแช่แข็ง

3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ กับข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งโดยการนำไปแปรรูปเป็นน้ำข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่สำคัญอย่างหนึ่งของโลก รองจากข้าวสาลี เป็นพืชอาหารหลักของหลายประเทศ โดยใช้เป็นอาหารประจำวันบริโภคในรูปแบบต่างๆกัน ประเทศเม็กซิโก รูมาเนีย ยูโกสลาเวีย ใช้ข้าวโพดเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เมล็ดข้าวโพดและส่วนอื่นๆยังใช้เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด โดยเฉพาะในต่างประเทศนิยมบริโภคข้าวโพดฝักอ่อนกันอย่างแพร่หลายมากกว่า 20 ปีแล้ว(ปราโมทย์,2530)

2.1 ข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชวงศ์ *GRAMINEAE* สกุล ZEA ชนิด MAYSL. ระบบรากฝอย ไม่มีรากแก้ว ลักษณะลำต้นแข็ง เป็นข้าวโพดที่เก็บมารับประทานเมื่อฝักยังอ่อนอยู่ แกนยังไม่แข็ง ซึ่งเป็นระยะที่ไหมเริ่มโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มฝัก ยังไม่ได้รับการผสมเกสร รสชาติหวานกรอบอร่อย จึงมีผู้นิยมนำมาประกอบอาหารรับประทาน (เอกสารวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย,2531) เดิมคนไทยเรา รู้จักข้าวโพดฝักอ่อนสดในการปรุงอาหารบริโภคเหมือนผักทั่วไป คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน จากการวิเคราะห์พบว่า ในส่วนของข้าวโพดฝักอ่อน 100 กรัม นั้น มีความชื้นอยู่สูงถึง 84.10 กรัม อุดมด้วย คาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินเอ อยู่ในปริมาณสูง ดังในตารางที่ 2.1

ในปัจจุบันการปลูกข้าวโพด แล้วเก็บฝักอ่อนเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมถึงร้อยละ 70 โดยมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ และยังเป็นสินค้าที่ส่งออกไปต่างประเทศ ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก จนสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้บรรจุ ให้ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มพืชอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง ซึ่งต้องพัฒนาและเร่งรัด พืชหนึ่งในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 ปี 2530-2534 ในจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วฝักยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วแขก เห็ด หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ และข้าวโพดฝักอ่อน

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน

ส่วนประกอบแร่ธาตุอาหาร	ข้าวโพดฝักอ่อน 100 กรัม
ความชื้น (กรัม)	84.10
ไขมัน (กรัม)	0.20
โปรตีน (กรัม)	1.90
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8.20
เถ้า (กรัม)	0.60
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	28.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	86.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.10
วิตามินเอ (ไอ.ยู)	64.00
ไธอามีน (มิลลิกรัม)	0.05
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.08
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	11.00
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.30

ที่มา : ไฉน ยอดเพชร , STUDIES ON SWEET CORN AS POTENTIAL YOUNG COB CORN (ZEA MAYS L.), PH.D. THESIS UNIVERSITY OF PHILLIPPINES, 1979.

การรับซื้อข้าวโพดฝักอ่อนของโรงงานนั้น จำเป็นต้องคัดขนาด และกำหนดมาตรฐานของข้าวโพดฝักอ่อนสดบอกเปลือกไว้ดังนี้ (เอกสารวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย, 2531)

- ลักษณะฝักต้องสมบูรณ์ ไม่หักหรือบิดเบี้ยวดดงอ
- ฝักยาวที่สุด ประมาณ 9-13 เซนติเมตร และ ฝักสั้นที่สุดประมาณ 4 เซนติเมตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุดไม่เกิน1.5เซนติเมตร และเล็กที่สุดไม่ต่ำกว่า1เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฝักอยู่ในลักษณะสด ไม่ผ่านการแช่น้ำมาก่อน
- มีสีเหลืองหรือสีครีม
- การเรียงของไข่ปลาตรง ไม่แยกเห็นเป็นร่อง

การวัดขนาดมาตรฐานของข้าวโพดฝักอ่อนของโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ข้าวโพดฝักอ่อนที่ส่งออกจำหน่ายไปต่างประเทศในหลายรูปแบบ คือ การแปรรูปบรรจุกระป๋อง การส่งผักสด และการแช่แข็งข้าวโพดฝักอ่อน

รูปที่ 2.1 มาตรฐานข้าวโพดฝักอ่อนของโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง เป็นอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อนที่มีแนวโน้มจะสูงดีขึ้น ซึ่งขบวนการในกรรมวิธีการทำ คือ นำข้าวโพดฝักอ่อนมาลวกน้ำร้อน แล้วผ่านความเย็นอย่างรวดเร็ว แล้วจึงส่งออกจำหน่ายไปต่างประเทศ (ปราโมทย์, 2530) โดยมากแล้วมักเป็นบริษัทซึ่งทำการแช่แข็งเนื้อสัตว์ต่างๆ อาหารทะเล และผักบางชนิด ได้ทำการส่งออกซึ่งลูกค้าได้แก่ ญี่ปุ่น เพื่อนำไปแปรรูปบรรจุกระป๋องอีกที หรือใช้บริโภคได้เลย ซึ่งอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อนชนิดนี้ยังต้องมีการพัฒนาทั้งกรรมวิธี และการเปิดตลาดอีกมาก

อาหารแช่แข็ง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้นอย่างมากในตลาดของอาหารเพราะ นอกจากจะให้ในเรื่องของความสะดวกแล้ว ยังเป็นผลทำให้ เก็บรักษาอาหารได้นานขึ้น เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีทางด้านนี้เข้าช่วย แต่ก็ประสบปัญหาด้านการจัดการ และ การเก็บรักษาอาหารแช่แข็งที่ดี ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพสุดท้ายของอาหาร อัตราเร็วในการแช่แข็งการเก็บรักษาอาหารระหว่างการแช่แข็ง รวมถึงการหลอมละลายของผลึกน้ำแข็งระหว่างการแช่แข็ง ล้วนมีผลต่อคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ ผลที่เกิดจากการสูญเสียคุณภาพที่เกิดขึ้น (Blenford, 1993) คือ

1. เกิดการแยกตัวของน้ำ เป็นผลทำให้เกิด drip loss ในผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งมากขึ้น ซึ่งไม่เพียงแต่จะมีผลต่อรสชาติแห้งเท่านั้น ยังจะมีผลต่อเส้นใยด้วย

2. เกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีน

3. เกิดการตกผลึกของน้ำตาลแลคโตสและสิ่งอื่น ๆ ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นกรวด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเข้ารวมกับแป้ง

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในลักษณะนี้ ทำให้ช่วงการแช่แข็งและการละลายขึ้นอยู่กับพฤติกรรมขององค์ประกอบน้ำที่มีอยู่โดยเฉพาะในรูปของผลึก โดยมีปัจจัยหลักที่มีผล 3 ประการ ประการที่หนึ่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผลิตภัณฑ์ได้รับ โดยเฉพาะในช่วงของการแช่แข็ง ประการที่สองคือ สถานะของน้ำในผลิตภัณฑ์ และ ประการสุดท้าย องค์ประกอบในอาหาร ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมีผลต่ออัตราการเติบโตของผลึก โดยจะส่งผลให้เกิดปัญหาโดยรวม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมตัวกันของน้ำแข็ง เป็นผลึกใหญ่ ซึ่งจะมีผลทำให้ มีความจำเป็นในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การแช่แข็ง คือ การลดอุณหภูมิลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของของเหลวที่อยู่รอบเซลและภายในเซล จึงทำให้น้ำในสภาพที่เป็นของเหลวกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ส่วนการละลาย เป็นปรากฏการณ์ที่กลับสวนทางกัน (กฤษณ์, 2535)

เมื่อมีการลดอุณหภูมิต่ำถึง 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย (ประมาณ -0.5 องศาเซลเซียส) ของเหลวที่อยู่รอบเซลและภายในเซลจะยังไม่แข็งตัว ดังนั้นของเหลวรอบเซล และเซลจะอยู่ในสภาพที่เย็นจัด ตามปกติเซลจะคงอยู่ในสภาพที่เย็นจัดได้นานต่อไป ขณะที่ของเหลวรอบๆเซลเริ่มมีเกล็ดน้ำแข็งที่อุณหภูมิประมาณ -5 องศาเซลเซียส หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ การเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซลเกิดขึ้นช้ากว่าการเกิดเกล็ดน้ำแข็งในของเหลวรอบๆ เซล ผลต่อเนื่องจากปรากฏการณ์นี้ ก็คือ (กฤษณ์, 2535)

1. ตัวถูกละลายในของเหลวรอบ ๆ เซลมีความเข้มข้นสูงขึ้น ตามปริมาณการเกิดเกล็ดน้ำแข็ง ในขณะที่ยังไม่เกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซล ดังนั้นเซลจึงสูญเสียน้ำ เพราะความไม่สมดุลของแรงดันออสโมติก

2. ถ้าอัตราการลดอุณหภูมิเป็นไปอย่างช้าๆ เซลก็จะสูญเสียน้ำเพียงพอที่จะทำให้แรงดันออสโมติกมีความสมดุลได้ และเซลจะมีขนาดเล็ดลง อย่างไรก็ตามถ้าการปรับตัวดังกล่าวนี้ ต้องใช้เวลานานเกินพอดี ก็จะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อเซล ทั้งนี้เพราะการสูญเสียน้ำและเพราะความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงเกินควร อาจถึงขั้นผลึกในที่สุด

3. ถ้าอัตราการลดอุณหภูมิเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความสมดุลของแรงดันออสโมติกก็เกิดขึ้นได้ เพราะการเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซลและเกล็ดน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในเซล จะเป็นสาเหตุให้เซลเสียชีวิต เพราะเยื่อหุ้มเซลถูกทิ่มแทงโดยเกล็ดน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาแล้ว เราจะเห็นว่า เมื่อทำการแช่แข็ง อัตราการลดอุณหภูมิอย่างช้าหรืออย่างเร็วต่างก็ก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลได้ทั้งนั้น ดังนั้นอัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมย่อมจะทำให้ตัวอย่างเซลแช่แข็งมีอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมดังกล่าวนี้แตกต่างกันไปตามชนิดของเซล (Niemann , 1984) อัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้น คือ อัตราการลดอุณหภูมิที่พอเหมาะที่จะป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซลหรือถ้าเกิดขึ้นก็ให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ขณะเดียวกัน อัตราการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นก็ยังเป็น อัตราการลดอุณหภูมิที่เร็วพอ ที่จะไม่ทำให้เซลเป็นอันตราย เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ และการตกผลึกของสารเคมีที่เป็นตัวถูกละลายภายในเซล (Maurer, 1978)

ในทำนองเดียวกัน การเพิ่มอุณหภูมิเพื่อทำการละลายตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ก็ก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลเช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ย่อมจะเกิดขึ้น แต่จะเป็นไปในทางตรงกันข้าม เช่น ขณะทำการละลาย เกล็ดน้ำแข็งที่อยู่ภายนอกเซลจะละลายก่อน น้ำจากภายนอกเซลย่อมจะแพร่เข้าสู่ภายในเซล ขนาดของเซลจะเพิ่มขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นหากอัตราการละลายเป็นไปอย่างช้าๆ เกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็กภายในเซล(ถ้ามี) ก็จะมีโอกาสเกาะรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นได้ การเปลี่ยนแปลงต่างๆเหล่านี้ ย่อมมีผลกระทบต่อการมีชีวิตของเซลที่ผ่านการแช่แข็งทั้งสิ้น

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกี่ยวกับการเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซล และปัญหาเกี่ยวกับอันตรายเนื่องจากเซลสูญเสียน้ำ จนทำให้ของเหลวภายในเซลมีความเข้มข้นสูง จนเป็นอันตรายต่อเซลนั้นพอจะแก้ไขให้เบาบางลงได้ ด้วยการเติมสารเคมีบางอย่างลงไปในของเหลวที่อยู่นอกเซล สารเคมีดังกล่าว มีหลายชนิด แต่เรียกรวมกันว่า " ไครโอโพรเทคแทนท์ " (cryoprotectant) ซึ่งจะมีผลทำให้ (Blenford, 1993)

1. ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์มีน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมความหนืด และการดูดซึมน้ำได้

2. การเข้ารวมของสารไครโอโพรเทคแทนท์ทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลง และ/หรือทำให้มีการเติบโตของผลึกขนาดใหญ่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รวมตัวเข้ากับส่วนประกอบที่มีอยู่ ซึ่งจะเป็นตัวชักนำให้เกิด นิวคลีเอชั่น ในส่วนประกอบนั้นในช่วงอุณหภูมิเย็นจัดมากขึ้น

2.2 ประเภทของสารไครโอโพรเทคแทนท์

ไครโอโพรเทคแทนท์มีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้ เป็นส่วนผสมของน้ำยาสำหรับทำการแช่แข็งเซล ได้แก่ dimethylsulfoxide,DMSO และ glycerol สารไครโอโพรเทคแทนท์จำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ออกฤทธิ์ภายในเซล กล่าวคือ สารเคมีเหล่านี้จำต้องซึมผ่านเข้าสู่ภายในเซล เพื่อที่จะทำหน้าที่ป้องกันอันตรายไม่ให้เกิดขึ้นขณะแช่แข็งและละลาย ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ได้แก่ กลีเซอรอล ไดเมธิลซัลฟอกไซด์ และอัลกอฮอล์อีกหลายตัว เช่น methanol, ethanol, propanediol เป็นต้น สารเคมีกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์ป้องกันอันตรายได้ดี เมื่อใช้ในระดับที่ความเข้มข้นค่อนข้างสูง (1-4 M) ถ้าพิจารณาถึงความสามารถในการแพร่เข้าสู่ภายในเซล อัลกอฮอล์มีอัตราการแพร่สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ไดเมธิลซัลฟอกไซด์ และ กลีเซอรอล ตามลำดับ สารเคมีในกลุ่มนี้มีข้อเสียอยู่ประการหนึ่ง คือเป็นพิษต่อเซลและเนื้อเยื่อ

2. ออกฤทธิ์ภายนอกเซล สารเคมีกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ป้องกันอันตรายให้กับเซลขณะที่อยู่ภายนอกเซล และใช้ได้ผลดีที่ความเข้มข้นต่ำกว่าพวกแรก (0.01-0.02 M) และเป็นพิษน้อยกว่าด้วย ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ ได้แก่ polyvinylpyrolidon , PVP และน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น sucrose, glucose, manitol เป็นต้น

ซูโครสเป็นน้ำตาลตัวหนึ่งที่นิยมใช้ เพราะหาง่าย และราคาไม่แพง ส่วนกลูโคส เป็นน้ำตาลโมเลกุลขนาดเล็ก บางคนจึงจัดน้ำตาลกลูโคสเป็นไครโอโพรเทคแทนท์ประเภทที่ออกฤทธิ์ภายในเซลด้วย (Storey 1987)

แต่เดิมได้มีทดลองใช้กลีเซอรอลในไข่ขาว (ovson,1933) เพื่อให้เกิดลักษณะเจลน้อยที่สุดในระหว่างการแช่แข็ง แต่ไม่ประสบความสำเร็จ จนปี 1949 Polge, et al.ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้นพบเกี่ยวกับความสามารถในการป้องกันตัวเองของ spermatozoa ในระหว่างการแช่แข็งโดยบังเอิญ ดังนั้น ตั้งแต่ปี 1949 เป็นต้นมา ก็ได้มีการพยายามค้นหา และ ทำการทดลองเกี่ยวกับสารไครโอโพรเทคแทนท์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สารที่ค้นพบ เช่น dimethyl sulfoxide และ polyvinylpyrrolidone สารไครโอโพรเทคแทนท์ทางชีวภาพดังตารางที่ 2.2 ตามความสำคัญ ทั้งที่ได้มีการพยายามค้นหาสารใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่พบว่า glycerol ยังคงเป็นสารที่มีประสิทธิภาพกว้างขวางมากที่สุด

ในการใช้สารป้องกันการตกผลึก แม้จะมีผลทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลง ซึ่งจะหมายถึงมีปริมาณน้ำที่น้อยลงในการแข็งตัวเป็นผลิตภัณฑ์แช่แข็ง เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้ใช้ ที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้สุดท้ายจะมีความไวต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เพราะจะเกิดการละลายมากที่อุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงไม่ควรเก็บในที่อุณหภูมิสูงกว่า -15 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ชนิดสารไครโอโพรเทคแทนท์ทางชีวภาพ

ชนิดสารเคมี	ประสิทธิภาพโดยประมาณ		
	มีประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพปานกลาง	ไม่มีประสิทธิภาพ
Amides, amines, amino acids and peptides	acetamide N-methyl foramide N-dimethyl foramide N-methyl acetamide N-dimethyl acetamide hexamethylene tetramine β-alanine L-glutamic acid	hexamethylene tetramine acetamide foramide N-dimethyl foramide N-dimethyl acetamide urea sym-dimethyl urea DL-norvaline γ-aminobutyric acid glycylglycine	tetramethylamine N-oxide foramide dimethyl cyanamide L-glutamine urea monomethyl urea glycine glycylglycyl glycine glycylglycyl glycylglycine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสารเคมี	ประสิทธิภาพโดยประมาณ		
	มีประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพปานกลาง	ไม่มีประสิทธิภาพ
Mono-,di-,and trisaccharides	glucose xylose ribose arabinose galactose fructose lactose sucrose maltose raffinose	glucose xylose mannose ribose sucrose lactose	sucrose
Alcohols		methanol ethanol 2-methoxyethanol	methanol ethanol ethoxyethanol
Polyhydric alcohols	glycerol mannitol ethylene glycol diethylene glycol propylene glycol inositol sorbitol	glycerol glycerol monoacetate (monoacetin) mannitol sorbitol inositol erythriol	glycerol monoacetate ethylene glycol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสารเคมี	ประสิทธิภาพโดยประมาณ		
	มีประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพปานกลาง	ไม่มีประสิทธิภาพ
Polyhydric alcohols (continues)		triethylene glycol propylene glycol	
Heterocyclic compounds	pyridine N-oxide	pyridazine	phenols resorcinol pyrazine pyrrolidone dioxane tetrahydrofuran butyrolactone
Polymers and macromolecules	polyvinyl pyrrolidone polyethylene glycol polyoxyethylenes methoxy polyethylene glycol dextran gelatin albumin	polyvinyl pyrrolidone dextran starch (gelatinized) serum	polyethylene glycol gum acacia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสารเคมี	ประสิทธิภาพโดยประมาณ		
	มีประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพปานกลาง	ไม่มีประสิทธิภาพ
Polymers and macromolecules (continues)	hydroxymethyl starch milk proteins plants proteins mucin meat extract blood serum: whole glycoprotein		
Salts		sodium citrate sodium tartrate sodium chloride sodium iodide sodium bromide sodium nitrate sodium sulfate sodium thiosulfate sodium thiocyanate	sodium formate sodium glucuronate tetraalkyl ammonium salts sodium chloride

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสารเคมี	ประสิทธิภาพโดยประมาณ		
	มีประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพปานกลาง	ไม่มีประสิทธิภาพ
Other	dimethyl sulfoxide macromolecules	dimethyl sulfone glutaric acid	dimethyl sulfone acetone ethylene oxide hexane-2,5 -dione

ที่มา : Oven R. Fennema, et. al., LOW TEMPERATURE PRESERVATION OF FOOD AND LIVING MATTER, 1973.

อาหารหลายชนิดสามารถแช่แข็งได้ โดยไม่ต้องใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ อย่างไรก็ตาม อาหารบางชนิด เช่น ปลา ผลไม้ และเนื้อไก่ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บไว้จะให้คุณภาพที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดถ้ามีสารป้องกันการตกผลึกอยู่ และ อาหารบางชนิด เช่น ไข่ขาว และนม จะมีคุณภาพที่ยอมรับไม่ได้เลยถ้าไม่ใช้สารไครโอโพรเทคแทนท์ สารไครโอโพรเทคแทนท์ที่ใช้กับอาหารดังตารางที่ 2.3 สารพวกน้ำตาล และ polyhydric alcohols เป็นสารที่นิยมใช้กันมาก มีปัจจัยหลายๆอย่างที่ทำให้ ชนิดของสารไครโอโพรเทคแทนท์มีจำนวนน้อยชนิด เช่น อาหารหลายชนิดแช่แข็งได้โดยไม่ต้องใช้สาร ทำให้ความต้องการในการค้นหาสารใหม่ๆ ลดน้อยลง ความเป็นพิษก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ และ สุดท้ายเป็นการยากที่จะค้นหาสารที่มีประสิทธิภาพราคาไม่แพงและอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สารไครโอโพรเทคแทนท์ที่ใช้ในอาหาร

Chemical	Function
<u>Mono- and disaccharides</u>	
Glucose	minimize gelation of egg yolk.
	minimize precipitation of milk proteins.
Fructose	minimize gelation of egg yolk.
Sucrose	min. gelation of egg yolk.
	min. ppt. of milk proteins
Sucrose syrups and other sugar syrups	retard oxidative browning of fruit by excluding O_2.
Various mono- and disaccharides	min. insolubilization of protein in fish.
<u>Polyhydric alcohols</u>	
Glycerol	min. gelation of egg yolk.
	min. insolubilization of protein in fish.
	min. ppt. of milk proteins.
Sorbitol	min. ppt. of milk proteins.
<u>Salts</u>	
Sodium chloride	min. gelation of egg yolk.
	inhibit oxidative enzymes in fruits.
Sodium citrate	min. ppt. of milk proteins.
Polyphosphates	min. ppt. of milk proteins.
	min. thaw-exudate in fish.
	min. thaw-exudate in poultry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chemical	Function
Other	
Ascorbic acid	min. oxidative browning in fruits by serving as a reducing agent. (if present in sufficient concentration it can also inhibit oxidative enzymes).
Citric acid	min. oxidative browning in fruits by altering pH to a value less suitable for oxidative enzymes.
Carboxymethyl cellulose, alginates, and other gums	improves texture of ice cream by promoting the formation and stability of small ice crystals.
Ice glaze	min. desiccation and oxidation of fish.
Lactase	min. ppt. of proteins in milk by preservation of lactose crystallization.
Sulfites (SO_2,$NaHSO_3$)	inhibit oxidative enzymes in fruits.

ที่มา : Oven R. Fennema, et. al.,LOW TEMPERATURE PRESERVATION OF FOOD AND LIVING MATTER, 1973.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96665

2.3 **คุณสมบัติของสารไครโอโพรเทคแทนท์** โดยทั่วไปที่จะนำมาใช้ คือ

1. มีความเป็นพิษต่ำ เมื่อใช้ในความเข้มข้นที่ต้องการ
2. ระเหยได้น้อย
3. มีความสามารถที่จะซึมเข้าเยื่อหุ้มเซลได้
4. ละลายน้ำได้ และมีจุดยูเทคติกต่ำ
5. ละลายในสารอิเลคโตรไลต์ได้น้อย
6. ราคาไม่แพง

2.4 **กลไกการออกฤทธิ์ของสารไครโอโพรเทคแทนท์**

เนื่องจากสารดังกล่าวมีมากมายหลายชนิด ดังได้กล่าวมาแล้ว กลไกการทำงานของสารเหล่านี้จึงเข้าใจได้ยาก เพราะสารเคมีเหล่านั้นมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ต่างกัน เช่น กลีเซอรอล, ไดเมธิลซัลฟอกไซด์ และอัลกอฮอล์ เป็นตัวทำละลายที่ระเหยได้ ส่วนน้ำตาลซูโครสและกลูโคสเป็นผลึกแข็ง ละลายได้ดีในน้ำ อนึ่งหากพิจารณาถึงอัตราการแพร่ของสารเหล่านี้ผ่านเยื่อหุ้มเซล จะพบว่ามีความแตกต่างกัน ซูโครสไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลแต่กลูโคสแพร่ผ่านได้ ส่วนอัลกอฮอล์มีอัตราการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลเร็วกว่าไดเมธิลซัลฟอกไซด์ และกลีเซอรอลมีอัตราการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลช้ากว่าไดเมธิลซัลฟอกไซด์

อย่างไรก็ตามเป็นที่เข้าใจกันดีว่า สารไครโอโพรเทคแทนท์เหล่านี้จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซล ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อเติมสารเหล่านี้เป็นเหตุให้จุดเยือกแข็งลดลง คุณสมบัติข้อนี้มีความสำคัญมากในการออกฤทธิ์ของสารเคมีเหล่านี้ ปกติที่แรงดัน 1 บรรยากาศ น้ำจะแข็งตัวที่ 0 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามธรรมชาติของๆเหลวภายในเซล จะมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส และถ้ามีการเติมสารไครโอโพรเทคแทนท์เข้าไปด้วยแล้ว จะยิ่งทำให้จุดเยือกแข็งต่ำลงไป จะทำให้ของเหลวนั้น"เย็นจัด" (supercool) ก่อนจะแข็งหรือก่อนการเกิดเกล็ดน้ำแข็ง และสารเคมีไครโอโพรเทคแทนท์จะช่วยเปลี่ยนแปลงแรงดันออสโมติกของของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซล ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการแพร่เข้าสู่เซลได้มากน้อย หรือไม่ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเหลวสองประการนี้ จะช่วยให้เซลรอดชีวิตภายหลังการแช่แข็งได้ เพราะ

1. ป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซล เป็นผลเนื่องมาจาก การเติมสารไครโอโพรเทคแทนท์ทำให้ของเหลวภายในเซลแข็งตัวช้า หรือแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่ไม่เติมสารไครโอโพรเทคแทนท์ ด้วยเหตุผลนี้เซลจะสูญเสียน้ำไปสู่นอกเซล ถ้าสูญเสียน้ำไปมาก น้ำก็ย่อมเหลืออยู่ในเซลน้อย การเกิดเกล็ดน้ำแข็งย่อมน้อยตามไปด้วย การสูญเสียน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการลดอุณหภูมิ สารไครโอโพรเทคแทนท์ช่วยป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายในเซลได้ 2 วิธี คือ 1) ทำให้ของเหลวแข็งตัวช้า 2) ทำให้น้ำในเซลมีน้อยลง

2. ป้องกันการลดขนาดของเซล การแพร่ของสารไครโอโพรเทคแทนท์เข้าสู่เซล สารนี้ไปแทนที่น้ำที่แพร่ออกจากเซลเพราะความแตกต่างของแรงดันออสโมติกที่เปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดเกล็ดน้ำแข็งภายนอกเซลก่อนที่ของเหลวภายในเซลจะแข็งตัว (Rall et al., 1978)

3. ช่วยคงไว้ซึ่งคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซล ยังไม่มีคำอธิบายถึงกลไกการทำงานของสารไครโอโพรเทคแทนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สมบัติทั่วไปของน้ำตาลซูโครส

มักใช้ในรูปของน้ำเชื่อม หรือคลุกกับน้ำตาล สามารถช่วยปรับปรุงรสชาติ รักษาสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ได้ดีกว่าไม่ใช้น้ำเชื่อม นอกจากจะลดการเกิด oxidation แล้ว ยังช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการถ่ายเทความร้อนอีกด้วย ดังนั้นผักและผลไม้ที่ชุบน้ำเชื่อม หรือคลุกน้ำตาล ควรเก็บไว้เหนือจุดเยือกแข็งก่อนนำไปแช่แข็ง เพื่อให้น้ำตาลสามารถซึมเข้าไปในผักผลไม้ได้บางส่วน

ซูโครสเป็นน้ำตาลที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแปรรูปผักผลไม้ ผลิตจากอ้อย ส่วนประเทศเขตหนาวจะผลิตจากบีท น้ำตาลจากอ้อยและบีทจะมีสูตรโครงสร้างเหมือนกัน

ซูโครสเป็นน้ำตาลนอนรีดิวส์ ประกอบด้วยน้ำตาลโมโนแซคคาไรด์ 2 ชนิดคือ กลูโคส 1 โมเลกุล และฟรุคโตส 1 โมเลกุล มีชื่อทางเคมีว่า α-D-glucopyranosyl-β-D-fructofuranoside มีสูตรเอมไพริกัล $C_{12}H_{22}O_{11}$ น้ำหนักโมเลกุล 342.3 มีจุดหลอมเหลวที่ 188 องศาเซลเซียส (370 องศาฟาเรนไฮต์) และจะสลายตัวเมื่อหลอมเหลว ซูโครสจะละลายน้ำได้ดีและจะละลายได้เล็กน้อยในเอธานอลที่ 20 องศาเซลเซียส(68 องศาฟาเรนไฮต์) สารละลายอิ่มตัวของซูโครสในน้ำจะมีความเข้มข้น 67.09 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก และในอัลกอฮอล์ 0.9 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก

2.6 สมบัติทั่วไปของน้ำตาลกลูโคส

กลูโคสเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเดี่ยว ที่พบในผลไม้รสหวาน เช่น องุ่น น้ำผึ้ง อาจเรียก น้ำตาลองุ่น (grape sugar) หรือ dextrose

กลูโคสเป็นผลึกสีขาว จุดหลอมเหลว 146 องศาเซลเซียส ละลายน้ำ ไม่ละลายในอีเทอร์ แต่ละลายเล็กน้อยในอัลกอฮอล์ มีชื่อว่า D(+)-glucose และสูตรเอมไพริกัล $C_6H_{12}O_6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14612

2.7 สมบัติทั่วไปของซอร์บิทอล

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตมักเป็นกลูโคสและแป้ง เพราะถ้าใช้วัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่กลูโคสจะต้องทำการไฮโดรไลส์ให้เป็นกลูโคสก่อน

ซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลอัลกอฮอล์ ที่ต้องใช้พลังงานความร้อนที่สูงกว่าในการละลาย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลทราย ดังนั้นจึงทำให้รู้สึกเย็นในปาก ซอร์บิทอลไม่มีหมู่คาร์บอนิลอิสระ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด และเสถียรมากกว่าโมโน- และไดแซคคาร์ไรด์ที่ความร้อนสูง น้ำตาลแอลกอฮอล์มีความต้านทานต่อการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าน้ำตาลทราย ซอร์บิทอลมีสูตรเอมไพริกัล $C_6H_{14}O_6$ น้ำหนักโมเลกุลเป็น 182.17 จุดหลอมเหลว 96-97 องศาเซลเซียส

ตามมาตรฐานของ Generally Reconized as Safe (GRAS) ในการใช้ไม่ให้เกิน Good Manufacturing Practices ที่ใช้ในอาหาร ปริมาณที่ใช้ในระดับสูงสุด

Hard candy and cough drops, 99 เปอร์เซนต์

Chewing gum, 75 เปอร์เซนต์

Soft candy, 98 เปอร์เซนต์

Jams and jellies (nonstandardized), 30 เปอร์เซนต์

Baked goods and baking mixes, 30 เปอร์เซนต์

Frozen dairy desserts and mixes, 17 เปอร์เซนต์

Other foods, 12 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

เครื่องวัดสี(Minolta CR 300)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(KMITL)

เครื่องชั่งสาร

เครื่องบันทึกอุณหภูมิ(YOKOGAWA)

เครื่องแก้ว

เครื่องปั่น

ตู้อบ Memmert(model 400)

รีแฟรคโตมิเตอร์ เบอร์ 1(hand refractometer No.1)

อลูมิเนียมแคน(aluminium can)

ฮอทเพลท(hot plate)

เทอร์โมมิเตอร์(Thermometer)

เทอร์โมคอบเบิล(Thermocouple) (Type K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วัสดุและสารเคมี

3.2.1 วัสดุ

ข้าวรพดผักอ่อน

3.2.2 สารเคมี

แซนแทน กัม (Xanthan gum)

กรดซิตริก (Citric acid)

โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Nodium metabisulfite)

ดี-กลูโคส แอนไฮดรัส (D-glucose anhydrous)

ซอร์บิทอล 70 เปอร์เซนต์ (sorbitol 70 %)

ซูโครส(sucrose)

แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์(alcohol 95 %)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

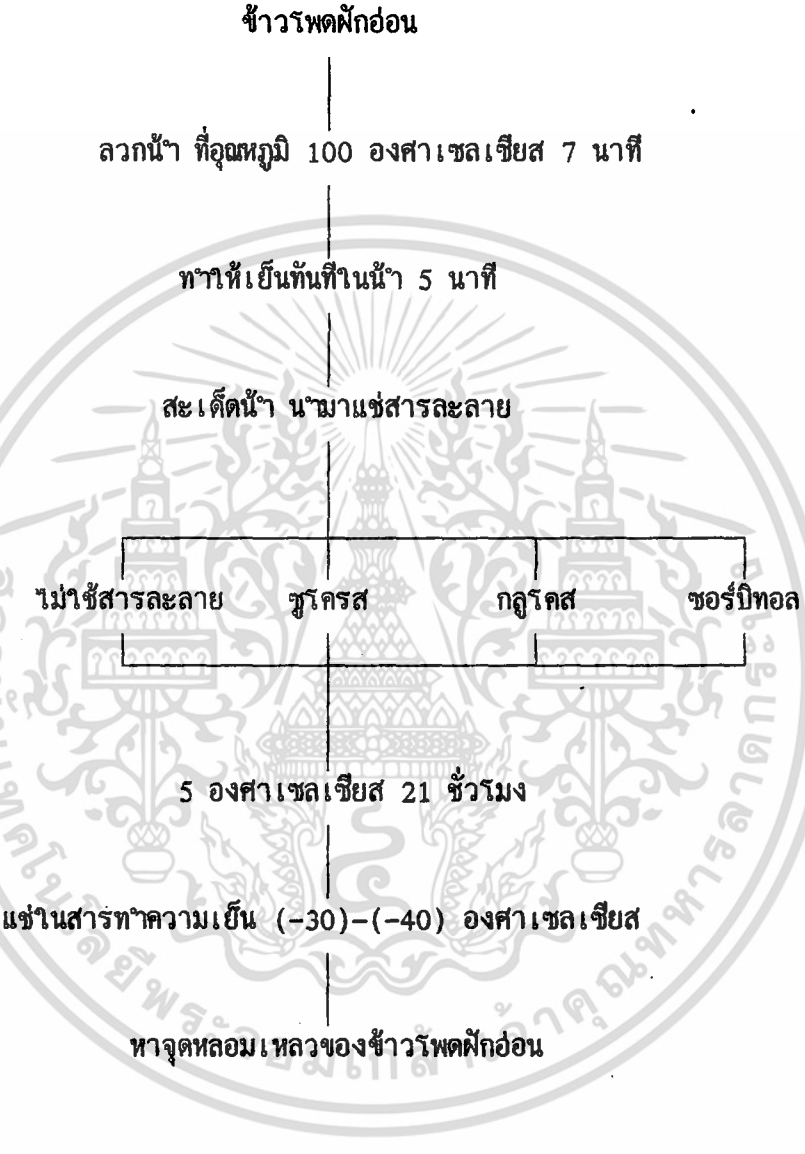
3.3.1 การศึกษากราฟการแช่แข็งของข้าวโพดฝักอ่อนจากจุดเยือกแข็ง

นำข้าวโพดฝักอ่อนมาตัดขั้ว ดึงไหมออก แล้วคัดขนาดที่ใกล้เคียงกันโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง1-2เซนติเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 8-10 เซนติเมตร ข้อมูลในช่วงดังกล่าวได้จากการรวบรวมโดยการวัดตัวอย่างข้าวโพดก่อนนำมาผ่านขบวนการแช่แข็ง ข้อมูลแสดงดังรูปที่ ข1 นำมาลวกน้ำร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส 7 นาที ทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาทีนำขึ้นมาสะเด็ดน้ำออก แล้วแช่ในสารละลายซูโครส กลูโคสและซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 และ 10เปอร์เซนต์ โดยแช่ข้าวโพดในอัตราส่วนน้ำหนักข้าวโพดต่อน้ำหนัก สารละลายเป็น 1:2 ที่ 5 องศาเซลเซียส นาน 21ชั่วโมง (Garrate,R.L; Bertone.R.A.,1989) นำออกมาล้างน้ำ 2 วินาที สะเด็ดให้แห้ง

นำข้าวโพดที่เตรียมไว้ มาเสียบ probe วัดอุณหภูมิที่ต่อกับเครื่องแสดงตัวเลข โดยให้ probe อยู่จุดกึ่งกลางของข้าวโพดตามความยาว นำมาแช่ในสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิ (-30)-(-40) องศาเซลเซียส สารทำความเย็นเตรียมจากน้ำน้ำแข็งเติมลงในสารละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์และน้ำโดยใช้น้ำเป็นตัวปรับอุณหภูมิ ปรับอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการจนข้าวโพดฝักอ่อนมีอุณหภูมิประมาณ (-20) องศาเซลเซียส นำข้าวโพดขึ้นมาแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส น้ำที่ใช้จะมีการกวนตลอดเวลา เพื่อควบคุมอุณหภูมิรอบข้าวโพดให้คงที่ บันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 10 วินาที จนอุณหภูมิขึ้นถึงประมาณ 20 องศาเซลเซียส นำมาเขียนกราฟการละลาย (melting curve) เพื่อหาจุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน

จากขั้นตอนดังกล่าว แสดงได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังการหาจุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล

3.3.2.1 การแช่แข็งข้าวโพดฝักอ่อน

นำข้าวโพดที่ได้จากการแช่สารละลายซูโครส กลูโคสและซอร์บิทอลที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 และ 10 ตามลำดับ มาบรรจุในถุงพลาสติกที่ปิดผนึกด้วยความร้อน นำมาแช่ในสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิ (-30)-(-40) องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำขึ้นมาแช่ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ (-20) องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งอย่างสมบูรณ์ นาน 24 ชั่วโมง (Garrote,R.L;Bertone,R.A.,1989) แล้วนำมาละลายที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง

3.3.2.2 การตรวจคุณภาพ

เปรียบเทียบคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อน ที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอลความเข้มข้นต่างๆและไม่แช่สารละลาย ในด้านปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้(รายงานเป็นบริกซ์) drip loss (รายงานเป็นร้อยละ) และแรงกดทะลุ (รายงานเป็นกิโลกรัม)

3.3.2.2.1 ปริมาณความชื้น

อบอลูมิเนียมแคนในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นชั่งน้ำหนักอลูมิเนียมแคนเปล่าพร้อมฝาที่สะอาด ใส่ตัวอย่างข้าวโพดฝักอ่อนจำนวน 1 ฝัก ปิดฝาแล้วนำไปชั่งจดน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝาอลูมิเนียมแคน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดที่อบปิดฝาอลูมิเนียมแคน นำมาทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น-น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2.2 ของแข็งที่ละลายได้

วิเคราะห์ได้จากการบดเนื้อของข้าวโพดฝักอ่อน คั้นน้ำมาหยด ลงบนกระจกของเครื่องมือ refractometer อ่านค่าออกมาเป็นร้อยละของปริมาณน้ำตาลหรือค่าบริกซ์

3.3.2.2.3 drip loss

วิเคราะห์ได้จากการชั่งน้ำหนักข้าวโพดก่อนการแช่แข็ง (W1) และหลังการละลาย (W2) โดยข้าวโพดที่นำมาชั่งควรทำให้สะเด็ดน้ำมากที่สุด แล้วนำมาคำนวณหาค่า drip loss จากสูตร

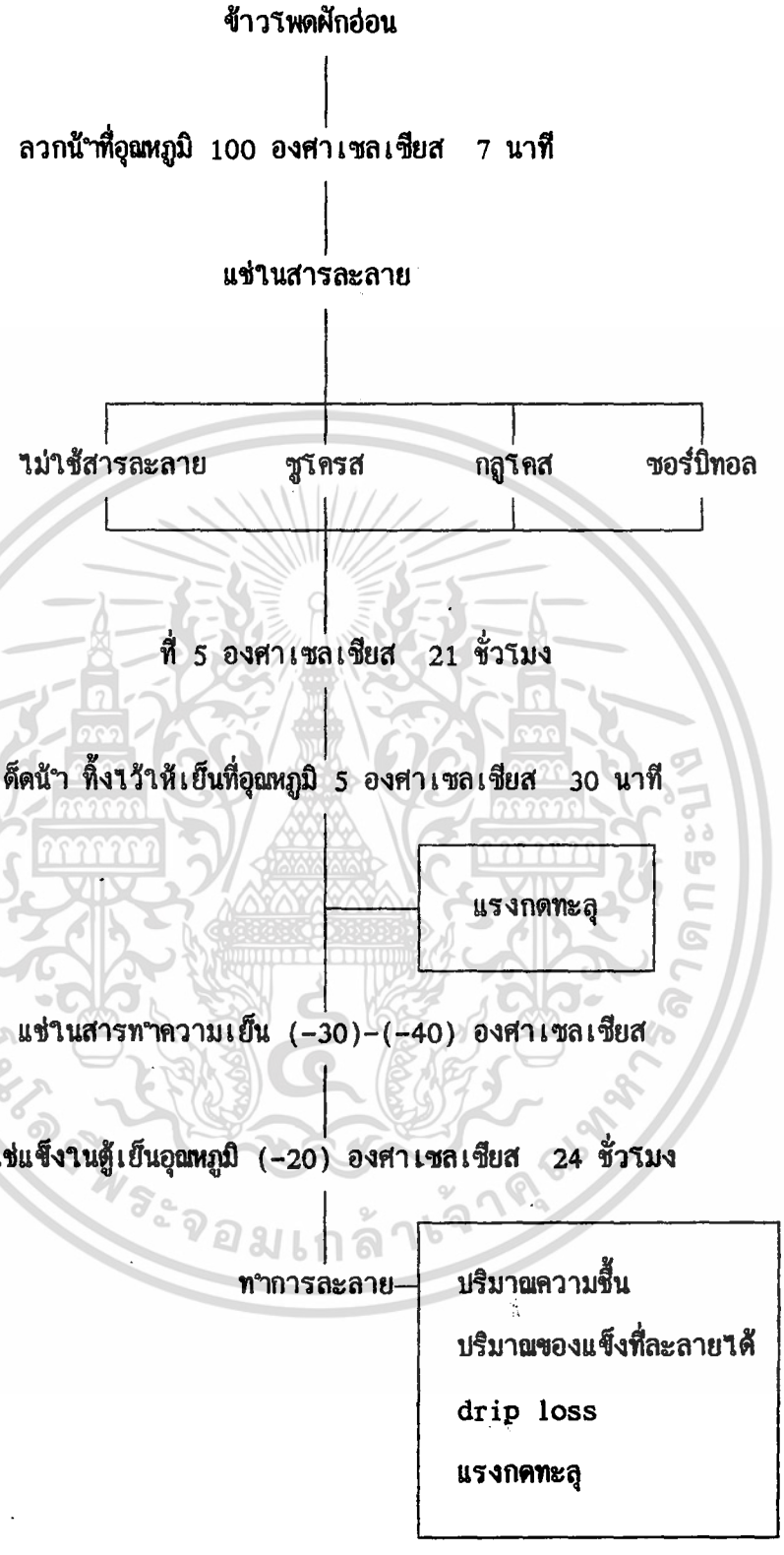
$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซนต์)} = \frac{W1 - W2}{W1} * 100$$

3.3.2.2.4 การวัดแรงกดทะลุ

วิเคราะห์ได้โดยการใช้ เครื่องวัดเนื้อสัมผัสแบบ KMITL ด้วยหัววัดแบบ PUNCTURE PROBE เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดของหัววัด 5.41 ตารางมิลลิเมตร ความเร็ว 10 เซนติเมตรต่อนาที ฐานวางตัวฝักข้าวโพดกว้าง 0.5 เซนติเมตร โดยวางตามยาว ใช้แท่งกดลงที่ตำแหน่งวัดเข้ามาประมาณ 1 เซนติเมตร จากรอยฝัก กลางฝัก และปลายฝักเข้ามาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร จนกดทะลุ

จากขั้นตอนดังกล่าว แสดงได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนผังการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอลต่อคุณภาพข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การผลิตน้ำข้าวโพด

ทำการเลือกข้าวโพดที่ไม่แช่และแช่ในสารละลายที่ให้ผลดีที่สุด นำมาทำน้ำข้าวโพดฝักอ่อนโดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักข้าวโพดฝักอ่อนต่อน้ำหนักน้ำ 1 : 1 ปั่นผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.1 เปอร์เซนต์ สำหรับป้องกันการเกิดสีน้ำตาล จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางนำน้ำที่ได้มาปรับความหวานให้ได้ 7 บริกซ์ ด้วยซูโครส (น้ำตาลทราย) เติมเกลือ 0.3 เปอร์เซนต์ และแซนแทน กัม (Xanthan gum) 0.05 เปอร์เซนต์สำหรับเป็นสารช่วยคงตัวในน้ำข้าวโพด นำมาพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 15 นาที จึงนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้น้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวควบคุม

รูปที่ 3.3 แผนผังการผลิตน้ำข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีฮีโดนิกสเกล ให้คะแนนการทดสอบ 1-9 ทำการทดสอบกับผู้ชิม 14 คน โดยใช้ตัวอย่างที่ทดสอบเป็นน้ำข้าวโพดผักอ่อนจากข้าวโพดแช่แข็งที่ไม่แช่สารละลายและแช่สารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10 10 และ 8 ตามลำดับ โดยทดสอบคุณภาพทางด้านลักษณะที่ปรากฏ (คะแนนมากที่สุดคือลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกัน คะแนนน้อยสุดคือลักษณะที่ตกตะกอนแยกชั้นของแข็งและของเหลว) สี (คะแนนมากที่สุดคือสีขาวนวล คะแนนน้อยที่สุดคือสีคล้ำ) กลิ่น (คะแนนมากที่สุดคือกลิ่นแรงที่สุด คะแนนน้อยที่สุดคือกลิ่นน้อยที่สุด) รสชาติ และการยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน

จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน โดยหาจากกราฟที่จุดหลอมเหลวข้าวโพดที่แช่ในสารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้นต่างๆดัง ภาพที่ ข2 ซึ่งแสดงจุดเยือกแข็งที่เปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายที่เข้มข้นเพิ่มขึ้นจุดเยือกแข็ง จะลดต่ำลง และในสารละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ จะให้จุดเยือกแข็งที่ได้สูงกว่า control คาดว่าสาเหตุจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายมีน้อยกว่าในข้าวโพด จึงเกิดการออสโมซิสระหว่างสารละลายและข้าวโพด ทำให้ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพดลดลง จุดเยือกแข็งที่ได้จึงสูงขึ้น

ตารางที่ 4.1 จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อน (องศาเซลเซียส)

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	สารละลายซูโครส (เปอร์เซนต์)	สารละลายกลูโคส (เปอร์เซนต์)	สารละลายซอร์บิทอล (เปอร์เซนต์)
control**	-0.41	-0.41	-0.41
2	-0.30	-0.29	-0.30
4	-0.86	-1.46	-1.38
6	-0.88	-1.50	-2.39
8	-1.66	-3.00	-2.85
10	-1.76	-3.08	-3.19

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของสารละลายต่อคุณภาพของข้าวโพดผักอ่อนแช่แข็ง

4.2.1 สารละลายซูโครส

4.2.1.1 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss

ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดผักอ่อนที่แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างๆดังแสดง ตารางที่ 4.2

ปริมาณความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำส่วนที่ระเหยซึ่งเป็นส่วนของ free water ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนน้ำทั่วไปเช่น จุดเดือด จุดเยือกแข็ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์โดยการอบไล่ความชื้นในตู้อบ การระเหย free water จะเร็วขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น (AOAC,1975) จากผลการทดลองพบว่าความชื้นลดน้อยลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสารไครโอโพรเทคแทนท์ ทำหน้าที่ลดน้ำส่วนที่เป็น free water ในผลิตภัณฑ์ (Blenford,1993) ตัวถูกละลายสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำข้างเคียง โครงสร้างที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างที่ต่างจากน้ำธรรมดา และเป็นพันธะที่มีขั้วเนื่องจากเกิดสนามไฟฟ้าอ่อน (Oven,1973) จากผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ สามารถสูญเสียน้ำได้มากกว่า control ส่วนความเข้มข้น 6 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำได้มากกว่า control เล็กน้อย จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำได้น้อยกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์) คือหน่วยที่ใช้วัดความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ซึ่งหากใช้กับสารละลายน้ำตาลบริสุทธิ องศาบริกซ์จะเท่ากับเปอร์เซนต์ของของแข็งทั้งหมด แต่หากวัดบริกซ์กับสารละลายน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ ค่าองศาบริกซ์ที่ได้มักจะได้มากกว่าเปอร์เซนต์ของของแข็งส่วนของน้ำตาล (กิตติพงษ์) จากผลการทดลองพบว่าบริกซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทของสสารระหว่างภายในข้าวโพดผักอ่อนและสารละลายที่แช่เพื่อให้เกิดสมดุล ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้ต่ำกว่า control อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายต่ำกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ภายในข้าวโพด จะเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่จากข้าวโพดระหว่างสารละลายและน้ำเพื่อเข้าสู่สมดุล ทำให้ความเข้มข้นของข้าวโพดที่ได้หลังผ่านการแช่สารละลายลดลง ที่ความเข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้ต่ำกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่เข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้สูงกว่า control เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายสูงกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพด จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

drip loss คือส่วนที่เป็นของเหลวที่ไหลออกจากอาหาร อาจจะเกิดขึ้นหลังนำเอาอาหารที่ผ่านการแช่แข็ง แล้วหลอมละลายน้ำแข็งออกซึ่ง อาหารที่ได้จะมีลักษณะแห้งขึ้น เนื่องจากการสูญเสียน้ำและสารละลาย (Blenfold,1993) เมื่อเกิดการแช่แข็งน้ำในเจลของสตาร์ชและเพคตินจะแยกออกจากเจลในรูปผลึกน้ำแข็ง เมื่อนำผักผลไม้แช่แข็งมาละลาย คุณภาพของผักผลไม้จะใกล้เคียงของสดเพียงไร ขึ้นอยู่กับการดูดกลับของน้ำที่ละลายจากผลึกน้ำแข็งของเจล ถ้าเจลไม่สามารถดูดน้ำกลับคืนได้ ซึ่งมักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอิเลกโตรไลท์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส น้ำที่ละลายจากน้ำแข็งและไม่ถูกเจลดูดกลับคืนไปได้จะไหลออกมาจาก ผัก ผลไม้ เมื่อนำมาละลาย ซึ่งหากการดูดกลับมีมากเนื้อสัมผัสก็จะเปลี่ยนแปลงไปน้อย (กิตติพงษ์) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้สารละลายความเข้มข้นสูงขึ้น drip loss มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของไดรอโพรเทคแทนท์ ที่จับน้ำส่วนที่เป็น free water ให้เป็น bound water ด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังนั้นน้ำที่จะเหลือเป็น free water ซึ่งกลายเป็นผลึกน้ำแข็งลดน้อยลงด้วย ดังนั้นน้ำที่สูญเสียออกมาจึงลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ drip loss สูงกว่า control สาเหตุเนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในสารละลายต่ำกว่าภายในข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในการวัด บริกซ์ หากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพดต่ำกว่าเดิมจึงทำให้ความสามารถยึดเกาะน้ำได้น้อยกว่าข้าวโพดที่ไม่แช่สารละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 6 8 และ10 เปอร์เซนต์ที่แนวโน้มที่ drip loss จะลดลงน้อยกว่า control ซึ่งสอดคล้องกับ ค่าบริกซ์ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความชื้น (เปอร์เซนต์)	ของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)	drip loss (เปอร์เซนต์)
control**	92.06^{b}	5.5^{b}	9.49^{ab}
2	92.49^{ab}	4.0^{a}	10.40^{b}
4	92.41^{ab}	4.1^{a}	9.56^{b}
6	91.58^{b}	5.1^{b}	9.08^{a}
8	90.43^{c}	5.4^{b}	8.80^{a}
10	90.07^{c}	6.4^{c}	6.72^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 การวัดเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสของข้าวโพดฝักอ่อนจะใช้แรงกดทะลุเป็นตัวบ่งบอก ค่าเนื้อสัมผัส จากขบวนการแช่แข็งเป็นสาเหตุทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่เกิดขึ้นจากน้ำที่ 0 องศาเซลเซียส จะขยายตัวประมาณ 9 เปอร์เซนต์ เมื่อเปลี่ยนรูปเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อาหารจะมีการขยายตัวแต่น้อยกว่าการขยายตัวของน้ำ ซึ่งสาเหตุของการบาดเจ็บเนื่องจากความเย็นมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ด้วยเหตุนี้เราจะทำให้การขยายตัวของปริมาตรลดลง โดยการแทนที่น้ำด้วยสารอื่นๆ เช่น สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นสูง ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายตัวของในปริมาณที่ต่ำลง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานะของแข็งและของเหลว นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยองค์ประกอบภายใน ได้แก่ เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของน้ำและเปอร์เซนต์โดยปริมาตรอากาศ โดยตัวถูกละลายและสารแขวนลอยจะมีผลไปแทนที่สัดส่วนของน้ำในระบบซึ่งน้ำสามารถขยายตัวได้มาก ดังนั้นการลดปริมาณน้ำจะเป็นการลดปริมาตรที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วย รวมถึงสัดส่วนของน้ำที่ลดลง โดยน้ำที่เป็น bound water หรือน้ำที่ super cool จะไม่ขยายตัวในขณะแช่แข็ง (Oven,1973) จากผลการทดลองเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสทั้ง 5 ความเข้มข้น พบว่าต้องใช้แรงกดก่อนการแช่แข็งสูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 และcontrol ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ใช้แรงกดก่อนการแช่แข็งสูงที่สุด เมื่อเปรียบกับ control ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังการแช่แข็งจะใช้แรงกดทะลุต่ำกว่าก่อนการแช่แข็ง ซึ่งเนื่องจากการแช่แข็งแบบเร็วถึงแม้จะเกิดผลึกขนาดเล็กแต่ก็ยังทำให้คอลลอยด์ในเซลสูญเสียน้ำไปด้วยขบวนการที่ผันกลับไม่ได้ ซึ่งจะทำให้การยอมให้สารซึมผ่านและความยืดหยุ่นของเซลเมมเบรนเสียไป ทำให้เนื้อสัมผัสของผักผลไม้นุ่มขึ้น แต่การแช่แข็งในน้ำเชื่อมจะลดการสูญเสียน้ำของคอลลอยด์ได้ จึงรักษาเนื้อสัมผัสเอาไว้รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชและเพคตินดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจากผลการทดลองแรงกดทะลุของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายหลังการหลอมน้ำแข็งยังสูงกว่า control และที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ใช้แรงกดทะลุสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแรงกดทะลุที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ค่าแรงกดทะลุ (กิโลกรัม)	
	ก่อนการแช่แข็ง	หลังการหลอมน้ำแข็ง
control**	0.31^{ab}	0.23^{a}
2	0.41^{bc}	0.25^{a}
4	0.40^{ab}	0.31^{a}
6	0.42^{bc}	0.24^{a}
8	0.38^{ab}	0.28^{a}
10	0.47^{c}	0.31^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สารละลายกลูโคส

4.2.2.1 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss

ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายกลูโคสความเข้มข้นต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 4.4

ปริมาณความชื้นจะลดลง เมื่อใช้สารละลายที่ความเข้มข้นสูงขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสาร cryoprotecant ทำหน้าที่ลดน้ำส่วนที่เป็น free water ในผลิตภัณฑ์ (Blenford ,1993) ตัวถูกละลายสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำข้างเคียง โครงสร้างที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างที่ต่างจากน้ำธรรมดา และเป็นพันธะที่มีขั้วเนื่องจากเกิดสนามไฟฟ้าอ่อน (Oven ,1973) จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณความชื้นลดน้อยลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น ที่ความเข้มข้น 2 4 และ 6 เปอร์เซนต์ ความชื้นสามารถสูญเสียได้สูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซนต์ ความชื้นสามารถสูญเสียได้น้อยกว่า control โดยที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์สูญเสียความชื้นน้อยที่สุด จากการวิคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ จากผลการทดลองพบว่า ค่าบริกซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทของสสารระหว่างภายในข้าวโพดฝักอ่อนและสารละลายที่แช่เพื่อให้เกิดสมดุล ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้ต่ำกว่า control เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายต่ำกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ภายในข้าวโพด จะเกิดการแพร่จากข้าวโพดระหว่างสารละลายและน้ำเพื่อเข้าสู่สมดุล ทำให้ความเข้มข้นของข้าวโพดที่ได้หลังผ่านการแช่สารละลายลดลง ที่ความเข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้สูงกว่าและใกล้เคียง' control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 10 ค่าบริกซ์ที่ได้สูงกว่า control เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายที่แช่ข้าวโพดฝักอ่อนสูงกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพดมากที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

drip loss ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้สารละลายความเข้มข้นสูงขึ้น drip loss มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของ cryoprotectant ที่จับน้ำส่วนที่เป็น free water ให้เป็น bound water ด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังนั้นน้ำที่จะเหลือเป็น free water ซึ่งกลายเป็นผลึกน้ำแข็งลดน้อยลงด้วย ดังนั้นน้ำที่สูญเสียออกมาจึงลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ drip loss สูงกว่า control สาเหตุเนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในสารละลายต่ำกว่าภายในข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในการวัด บริกซ์ หากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพดต่ำกว่าเดิม จึงทำให้ความสามารถยึดเกาะน้ำได้น้อยกว่าข้าวโพดที่ไม่แช่สารละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 6 และ 8 เปอร์เซนต์ที่แนวโน้มที่ drip loss จะลดลงน้อยกว่า control ซึ่งสอดคล้องกับ ค่าบริกซ์ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่า control ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ค่า drip loss ลดน้อยลงที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความชื้น (เปอร์เซนต์)	ของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)	drip loss (เปอร์เซนต์)
control**	92.06^{b}	5.5^{ab}	9.49^{ab}
2	93.57^{ab}	3.7^{a}	10.27^{b}
4	92.96^{ab}	4.2^{a}	9.50^{ab}
6	91.98^{bc}	6.1^{bc}	9.03^{ab}
8	90.74^{c}	5.4^{bc}	8.89^{ab}
10	90.32^{c}	6.6^{c}	8.39^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 การวัดเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสของข้าวโพดฝักอ่อนจะใช้แรงกดทะลุเป็นตัวบ่งบอก ค่าพบว่าต้องใช้แรงกดทะลุก่อนการแช่แข็งสูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 และ 10เมื่อเปรียบเทียบกับ control ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังการแช่แข็งจะใช้แรงกดทะลุต่ำกว่าก่อนการแช่แข็ง ซึ่งเนื่องจากการแช่แข็งแบบเร็วถึงแม้จะเกิดผลึกขนาดเล็กแต่ก็ยังทำให้คอลลอยด์ในเซลสูญเสียน้ำไปด้วยขบวนการที่ผันกลับไม่ได้ ซึ่งจะทำให้การยอมให้สารซึมผ่านและความยืดหยุ่นของเซลเมมเบรนเสียไป ทำให้เนื้อสัมผัสของผักผลไม้นุ่มขึ้นแต่การแช่แข็งในน้ำเชื่อมจะลดการสูญเสียน้ำของคอลลอยด์ได้ จึงรักษาเนื้อสัมผัสเอาไว้รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชและเพคตินดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจากผลการทดลองแรงกดทะลุของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายหลังการหลอมน้ำแข็งยังสูงกว่า control และที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ใช้แรงกดทะลุสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ control จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแรงกดทะลุที่ได้แสดงในตารางที่ 4.3 เนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายกลูโคสความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ค่าแรงกดทะลุ (กิโลกรัม)	
	ก่อนการแช่แข็ง	หลังการหลอมน้ำแข็ง
control**	0.31^{ab}	0.23^{a}
2	0.41^{b}	0.27^{ab}
4	0.29^{ab}	0.28^{ab}
6	0.30^{ab}	0.28^{ab}
8	0.30^{ab}	0.27^{a}
10	0.33^{ab}	0.42^{c}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สารละลายซอร์บิทอล

4.2.3.1 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss

ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลความเข้มข้นต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 4.6

ปริมาณความชื้น จากผลการทดลองพบว่าความชื้นลดน้อยลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสาร cryoprotecant ทำหน้าที่ลดน้ำส่วนที่เป็น free water ในผลิตภัณฑ์ (Blenford,1993) ตัวถูกละลายสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำข้างเคียง โครงสร้างที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างที่ต่างจากน้ำธรรมดา และเป็นพันธะที่มีขั้วเนื่องจากเกิดสนามไฟฟ้าอ่อน (Oven,1973) จากผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ สามารถสูญเสียน้ำได้มากกว่า control ซึ่งที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับ control มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 4 6 และ 10 เปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับ controlไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซนต์ สูญเสียน้ำได้น้อยกว่า control ที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซนต์สามารถสูญเสียความชื้นต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ control จากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ จากผลการทดลองพบว่าค่าบริกซ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทของสสารระหว่างภายในข้าวโพดฝักอ่อนและสารละลายที่แช่เพื่อให้เกิดสมดุล ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้ต่ำกว่า control อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายต่ำกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ภายในข้าวโพด จะเกิดการแพร่จากข้าวโพดระหว่างสารละลายและน้ำเพื่อเข้าสู่สมดุล ทำให้ความเข้มข้นของข้าวโพดที่ได้หลังผ่านการแช่สารละลายลดลง ที่ความเข้มข้น 2 4 และ 6 เปอร์เซนต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่เข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซนต์ ค่าบริกซ์ที่ได้สูงกว่า control เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายสูงกว่าความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพด จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

drip loss จากผลการทดลองเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้น ค่า drip lossมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของ cryoprotectant ที่จับน้ำส่วนที่เป็น free water ให้เป็น bound water ด้วยพันธะไฮโดรเจน ดังนั้นน้ำที่จะเหลือเป็น free water ซึ่งกลายเป็นผลึกน้ำแข็งลดน้อยลงด้วย ดังนั้นน้ำที่สูญเสียออกมาจึงลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ drip loss สูงกว่า control สาเหตุเนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในสารละลายต่ำกว่าภายในข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับผลการ ทดลองในการวัด บริกซ์ หากความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายได้ในข้าวโพดต่ำกว่าเดิมจึง ทำให้ความสามารถยึดเกาะน้ำได้น้อยกว่าข้าวโพดที่ไม่แช่สารละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 6 8 และ10 เปอร์เซนต์ที่แนวโน้มที่ drip loss จะลดลงน้อยกว่า control ซึ่งสอดคล้องกับ ค่าบริกซ์ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซนต์ ค่า drip loss มีค่าต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นที่สูญเสียไปเมื่อเปรียบเทียบกับ control จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และdrip loss ของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ความชื้น (เปอร์เซนต์)	ของแข็งที่ละลายได้ (บริกซ์)	drip loss (เปอร์เซนต์)
control**	92.06^{b}	5.5^{b}	9.49^{b}
2	94.00^{a}	3.9^{a}	10.67^{b}
4	92.48^{b}	4.2^{ab}	9.58^{b}
6	91.92^{b}	4.8^{b}	9.13^{b}
8	89.52^{c}	6.2^{c}	6.76^{a}
10	91.27^{b}	7.4^{c}	8.75^{b}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

4.2.3.2 การวัดเนื้อสัมผัส

เนื้อสัมผัสของข้าวโพดฝักอ่อนจะใช้แรงกดทะลุเป็นตัวบ่งบอก ค่าเนื้อสัมผัส จากผลการทดลอง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสทั้ง 5 ความเข้มข้น พบว่าต้องใช้แรงกดก่อนการแช่แข็งสูงกว่า control จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 10 เมื่อเทียบกับ control ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเข้มข้น 8เปอร์เซนต์ ใช้แรงกดก่อนการแช่แข็งสูงที่สุด เมื่อเปรียบกับ control ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หลังการแช่แข็งจะใช้แรงกดทะลุต่ำกว่าก่อนการแช่แข็ง เนื่องจากการแช่แข็งแบบเร็ว ถึงแม้จะเกิดผลึกขนาดเล็ก แต่ก็ยังทำให้คอลลอยด์ในเซลสูญเสียน้ำไปด้วยขบวนการที่ผันกลับไม่ได้ ซึ่งจะทำให้การยอมให้สารซึมผ่านและความยืดหยุ่นของเซลเมมเบรนเสียไป ทำให้เนื้อสัมผัสของผักผลไม้นุ่มขึ้น แต่การแช่แข็งในน้ำเชื่อมจะลดการสูญเสียน้ำของคอลลอยด์ได้ จึงรักษาเนื้อสัมผัสเอาไว้รวมถึง การเปลี่ยนแปลงของสตาร์ชและเพคตินดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจากผลการทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองแรงกดทะลุของข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายหลังการหลอมน้ำแข็งยังสูงกว่า control และที่ความเข้มข้น 8 เปอร์เซนต์ ใช้แรงกดทะลุสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแรงกดทะลุที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าแรงกดทะลุที่ใช้ในการกดทะลุข้าวโพดฝักอ่อน ที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลความเข้มข้นต่างๆ *

ความเข้มข้น (เปอร์เซนต์)	ค่าแรงกดทะลุ (กิโลกรัม)	
	ก่อนการแช่แข็ง	หลังการหลอมน้ำแข็ง
control**	0.31^{ab}	0.23^{a}
2	0.31^{ab}	0.33^{abc}
4	0.36^{ab}	0.30^{ab}
6	0.35^{ab}	0.38^{bc}
8	0.42^{b}	0.47^{c}
10	0.39^{b}	0.31^{ab}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

** หมายถึงข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดลองนำข้าวโพดฝักอ่อนที่ผ่านขบวนการแช่แข็ง มาทำน้ำข้าวโพดฝักอ่อนสำหรับดื่มนั้น โดยทำการเลือกวัตถุดิบที่ผ่านขบวนการที่ทำให้ได้ข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งที่มีคุณภาพดีที่สุดในแต่ละสารละลายที่ทำการแช่ ซึ่งจะเลือกใช้ข้าวโพดฝักอ่อนที่ผ่านขบวนการมีการแช่สารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ความเข้มข้น 10 10 และ8 เปอร์เซนต์ตามลำดับ เมื่อนำมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางด้านลักษณะต่างๆได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รส และการยอมรับโดยใช้น้ำข้าวโพดที่ได้จาก ข้าวโพดฝักอ่อนที่ได้จาก ข้าวโพดที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารละลายเป็นตัวอย่างมาตรฐาน กำหนดคะแนนที่ให้เป็น 1-9 คะแนน ทำการทดสอบกับผู้ชิมจำนวน 14 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส *

สารละลาย	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับ
ไม่แช่สารละลาย	5.6^{a}	5.4^{a}	7.3^{c}	7.1^{b}	6.8^{a}
ซูโครส	6.6^{b}	6.1^{a}	6.6^{bc}	6.2^{ab}	5.7^{a}
กลูโคส	7.3^{b}	7.5^{c}	5.4^{a}	5.4^{a}	5.5^{a}
ซอร์บิทอล	6.7^{b}	6.8^{bc}	5.8^{ab}	5.4^{a}	5.6^{a}

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวเดียวแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบฮีโดนิกสเกล กำหนดคะแนนที่ให้เป็น 1-9 คะแนน

จากการใช้สารละลายที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนหลังการแช่แข็งมาทำเป็นน้ำข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า

ด้านลักษณะที่ปรากฏ น้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลายที่ใช้มีผลช่วยให้ลักษณะปรากฏดีกว่าน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านสี น้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลายมีสีดีกว่าน้ำข้าวโพดที่ไม่แช่สารละลาย สีของสารละลายซูโครส ไม่มีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายอย่างนัยสำคัญ สารละลายกลูโคสและซอร์บิทอล มีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านกลิ่น น้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายจะมีกลิ่นที่ดีกว่าน้ำข้าวโพดที่ใช่สารละลาย สารละลายซูโครส ไม่มีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสารละลายกลูโคสและซอร์บิทอล มีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านรสชาติ น้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายจะมีกลิ่นที่ดีกว่าน้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลาย สารละลายซูโครส ไม่มีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสารละลายกลูโคสและซอร์บิทอลมีความแตกต่างกับน้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ใช้สารละลายอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านการยอมรับ น้ำข้าวโพดที่ไม่ใช้สารละลายจะได้รับการยอมรับมากกว่าน้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลาย น้ำข้าวโพดที่ใช้และไม่ใช้สารละลายไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนียสำคัญ สาเหตุที่น้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลายได้รับการยอมรับน้อยกว่า เนื่องจากมีผลทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดไปจากเดิม และปัจจัยด้านกลิ่นและรสชาติเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการยอมรับ ดังนั้นผลในด้านการยอมรับจึงลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของสารไครโอโพรเทคแทนท์ที่มีต่อข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง พบว่า จุดเยือกแข็งของข้าวโพดฝักอ่อนมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้สารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซนต์ ของ สารละลายทั้ง 3 ชนิด มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย หากพิจารณาด้านความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้และ drip loss มีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้สารละลายทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 2 และ 4 เปอร์เซนต์ ปริมาณความชื้นที่สามารถสูญเสียไปได้และdrip lossสูงขึ้น ข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดต่ำลง ต่ำกว่าข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย ค่าแรงกด พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายทั้ง 3 ชนิด ต้องใช้แรงกดทะลุมากกว่าข้าวโพดที่ไม่แช่สารละลายซึ่ง แสดงว่าสารละลายทั้ง 3 ชนิด ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสให้เกิดน้อยลง เมื่อเทียบ กับข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่ใช้สารละลาย จากการทดสอบด้านความชื้น drip loss และแรงกดทะลุ การใช้สารละลายซูโครส กลูโคส และซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้น 10 10 และ 8 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะให้คุณภาพข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งดีที่สุด หลังจากนำมาผลิตเป็นน้ำข้าวโพดฝักอ่อน แล้วนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่แช่สารละลายทั้ง 3 ชนิด ช่วยให้ คุณภาพด้านลักษณะปรากฏ และสี ดีขึ้น ส่วนรสชาติและกลิ่น น้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย ให้คุณภาพที่ดีกว่า เมื่อพิจารณาด้านการยอมรับพบว่า น้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลายได้รับ การยอมรับมากกว่าน้ำข้าวโพดที่ใช้สารละลายทั้ง 3 ชนิด สาเหตุคาดว่าเนื่องจากคุณสมบัติให้ ความหวานซึ่งมีผลต่อรสชาติของน้ำข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการยอมรับของผู้บริโภค ส่ง ผลให้การยอมรับของน้ำข้าวโพดฝักอ่อนที่ไม่แช่สารละลาย สูงกว่าน้ำข้าวโพดที่แช่สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. สารไครรอโพรเทคแทนท์ ที่ใช้ในนการทดลองครั้งนี้ เป็นสารจำพวก low molecular weight สามารถให้ความหวานได้ ดังนั้นหากเรานำสารพวก high molecular weight ที่ให้ความหวานน้อยกว่าเข้ามาแทนเช่น แซนแทนกัม (Xantan gum) คาดว่าผู้บริโภคจะให้การยอมรับมากขึ้น

2. การคัดเลือกข้าวโพดฝักอ่อน หากคัดทั้งขนาดและน้ำหนัก ความแก่อ่อน รวมถึงลักษณะสดใหม่ได้ใกล้เคียงกัน จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองที่ได้ให้น้อยลง

3. สภาพและอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็งเมื่อใช้สารไครรอโพรเทคแทนท์ เป็นสิ่งที่ควรพิจารณาศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ มงคลปัญญา.ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. ชีววิทยาการแช่แข็ง. วิทยาศาสตร์ ม.ก. 10(1) : 41 - 48.

กองแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. 2532. ข้าวโพดฝักอ่อน พืชเศรษฐกิจที่กำลังมีอนาคต. วารสารส่งเสริมการลงทุน 1(1) : 27 - 29.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ผักและผลไม้. 311p.

ไฉน ยอดเพชร, Studies on Sweet Corn as Potential Young Cob Corn (ZEA MAYS L.), PH.D. Thesis University of Phillipines,1979.

ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. 2533. การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม. สรุปข่าวธุรกิจ 21(6) : 3 - 6.

ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530. อุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อน BABY CORN INDUSTRY. วารสารพืชสวน 30 ปี : 101 - 107.

ธนาคารกสิกรไทย. 2531. ข้าวโพดฝักอ่อนและผลิตภัณฑ์. ผักและผลิตภัณฑ์ 9(1) : 103 - 153.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัญชลี กมลรัตนกุล, สักขี แสนสุภา, ฉวี สืบุบผา และ อนันต์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา. 2534. การพัฒนาต้นแบบภาชนะบรรจุข้าวโพดฝักอ่อน เพื่อการขนส่งและลดอุณหภูมิ. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6(3) : 20 - 35.

AOAC, 1975. Assosociation of Offical Analysis Chemists. 12 th ed. Edited by W.Horwits, Inc.

B.W.W. Grout, G.J. Morris and M.R. Mclellan. 1991. Food Freezing. Great Britain : Springer - Verlag London limited.

Don Blenford. 1993. The Search For Cryoprotectants. Food Ingredients and Analysis International.

Donald, K.T. Ph, D. et al. 1968. The Freezing Preservation of Food. United State : The avi Publishing Company, Inc.

Garrote, R.L., Bertone, R.A. 1989. Berries. FSTA.

Grant, A.M. and Tyre Lanier. 1991 .Carbohydrates as Cryoprotectants for Meats and Surimi. Food Technology.

Maurer, R.R. 1978. Freezing mammalian embryos : a review of techniques. The riogenology. 9 : 45 - 67.

Niemann, H.1984. Theroretical and practical aspects of deep freezing cattle embryos. Anim. Res. Devel. 19 : 83 - 97.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oven, R.F. William, D.P. and Elmer, H.M. 1973. Low Temperature Preaservation of Food and Living Matter. New York : Marcel Dekker, Inc.

Rall, W.F., P, Mazur. and H.Souzu. 1978. Physical basis of the protection of slowly frozen human crythrocytes by glycerol. Biophys J., 23 : 101 - 120.

Storey, K.B. 1987. What contributes to freeze tolerance? News Physiol Sci. 2 : 157 - 160.

William, C.D. Bernard, F. Robert, L.O. Roth, T.L. and Frank, H.W. 1977. Fundamentals of Food Freezing. United States : The avi Publishing Company, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ One way , DMRT ได้ผลดังนี้

โดยกำหนดให้ A = น้ำข้าวโพดผักอ่อนที่ไม่ใช้สารละลาย

B = น้ำข้าวโพดผักอ่อนที่ใช้สารละลายซูโครส

C = น้ำข้าวโพดผักอ่อนที่ใช้สารละลายกลูโคส

D = น้ำข้าวโพดผักอ่อนที่ใช้สารละลายซอร์บิทอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านลักษณะที่ปรากฏของน้ำข้าวรพดผักอ่อน

source	df	ss	ms	F_{cal}	$F_{0.05}$
Between group.	3	21.4821	7.1607	4.4141	0.0077
Within group.	52	84.3571	1.6203		
Total	55	105.8393			

ถ้า $F_{cal} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแบ่งที่ใช้ทดสอบ มีผลต่อชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือชนิดสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากตารางจะเห็นได้ว่า น้ำข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันในด้านลักษณะที่ปรากฏอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะที่ปรากฏของน้ำข้าวรพดผักอ่อนโดยวิธี Duncan's new multiple range test

C	D	B	A
7.3^a	6.7^a	6.6^a	5.6^b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านสีของน้ำข้าวรพดผักอ่อน

source	df	ss	ms	F_{cal}	$F_{0.05}$
Between group.	3	32.9286	10.9762	4.3570	0.0082
Within group.	52	131.0000	2.5192		
Total	55	163.9286			

ถ้า $F_{cal} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแบ่งที่ใช้ทดสอบ มีผลต่อชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากตารางจะเห็นได้ว่า น้ำข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันในด้านสี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของน้ำข้าวรพดผักอ่อนรดยวิธี Duncan's new multiple range test

C	D	B	A
7.5^{a}	6.8^{ab}	6.1^{b}	5.4^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านกลิ่นของน้ำข้าวรพดผักอ่อน

source	df	ss	ms	F_{cal}	$F_{0.05}$
Between group.	3	29.7679	9.9226	4.4020	0.0078
Within group.	52	117.2143	2.2541		
Total	55	146.9821			

ถ้า $F_{cal} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแบ่งที่ใช้ทดสอบ มีผลต่อชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากตารางจะเห็นได้ว่า น้ำข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันในด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของน้ำข้าวรพดผักอ่อนโดยวิธี Duncan's new multiple range test

A	B	C	D
7.3^{a}	6.6^{ab}	5.8^{bc}	5.4^{c}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านรสชาติของน้ำข้าวโพดฝักอ่อน

source	df	ss	ms	F_{cal}	$F_{0.05}$
Between group.	3	30.4821	10.1607	4.3847	0.0080
Within group.	52	120.5000	2.3173		
Total	55	150.9821			

ถ้า $F_{cal} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแบ่งที่ใช้ทดสอบ มีผลต่อชนิดของสารที่แช่ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือชนิดของสารที่แช่ข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

จากตารางจะเห็นได้ว่า น้ำข้าวโพดฝักอ่อนมีความแตกต่างกันในด้านรสชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติของน้ำข้าวโพดฝักอ่อนโดยวิธี Duncan's new multiple range test

A	B	C	D
7.1^{a}	6.2^{ab}	5.4^{b}	5.4^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับคุณภาพด้านการยอมรับของน้ำข้าวรพดผักอ่อน

source	df	ss	ms	F_{cal}	$F_{0.05}$
Between group.	3	15.2143	5.0714	2.0263	0.1216
Within group.	52	130.1429	2.5027		
Total	55	145.3571			

ถ้า $F_{cal} > F_{0.05}$ แสดงว่าตัวแบ่งที่ใช้ทดสอบ มีผลต่อชนิดของสารที่แช่ข้าวรพดผักอ่อนตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หรือชนิดของสารตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

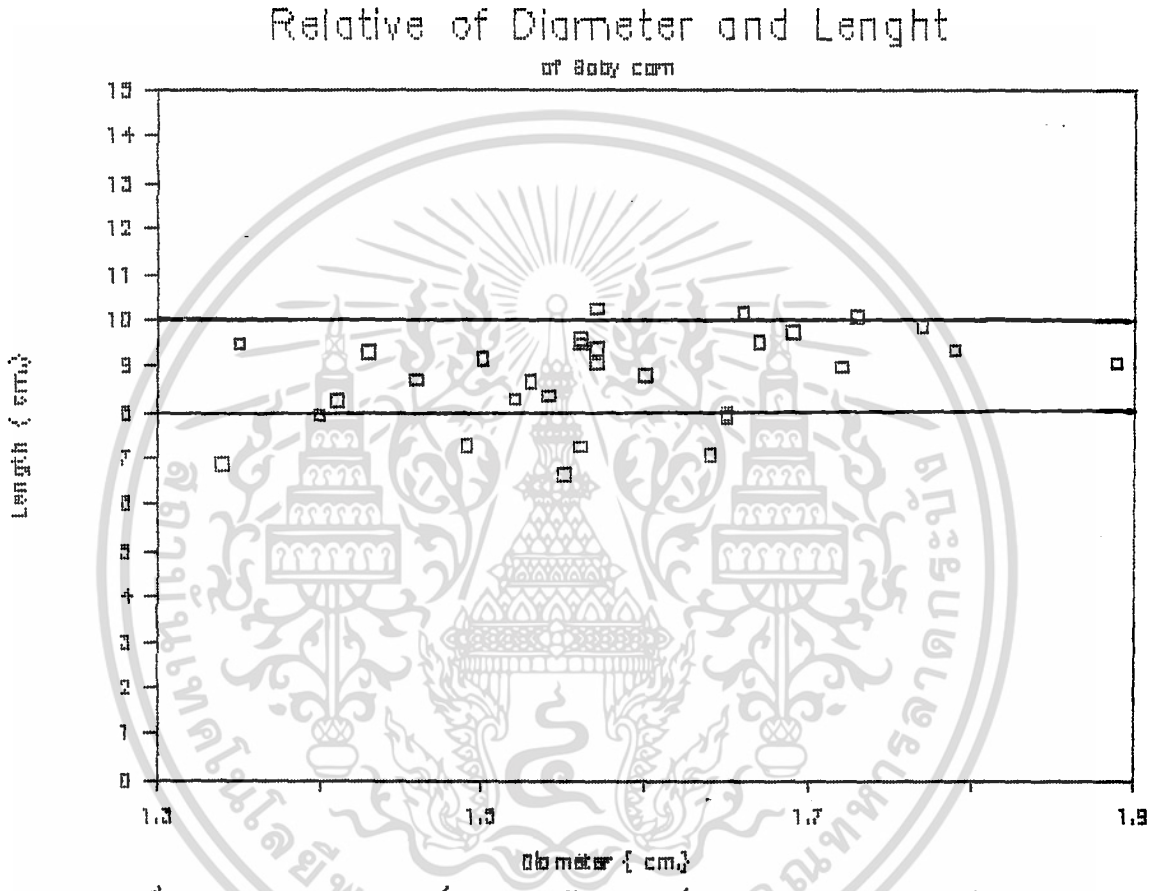
จากตารางจะเห็นได้ว่า น้ำข้าวรพดผักอ่อนมีความแตกต่างกันในด้านการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านการยอมรับของน้ำข้าวรพดผักอ่อนโดยวิธี Duncan's new multiple range test

A	B	D	C
6.8^a	5.7^a	5.6^a	5.5^a

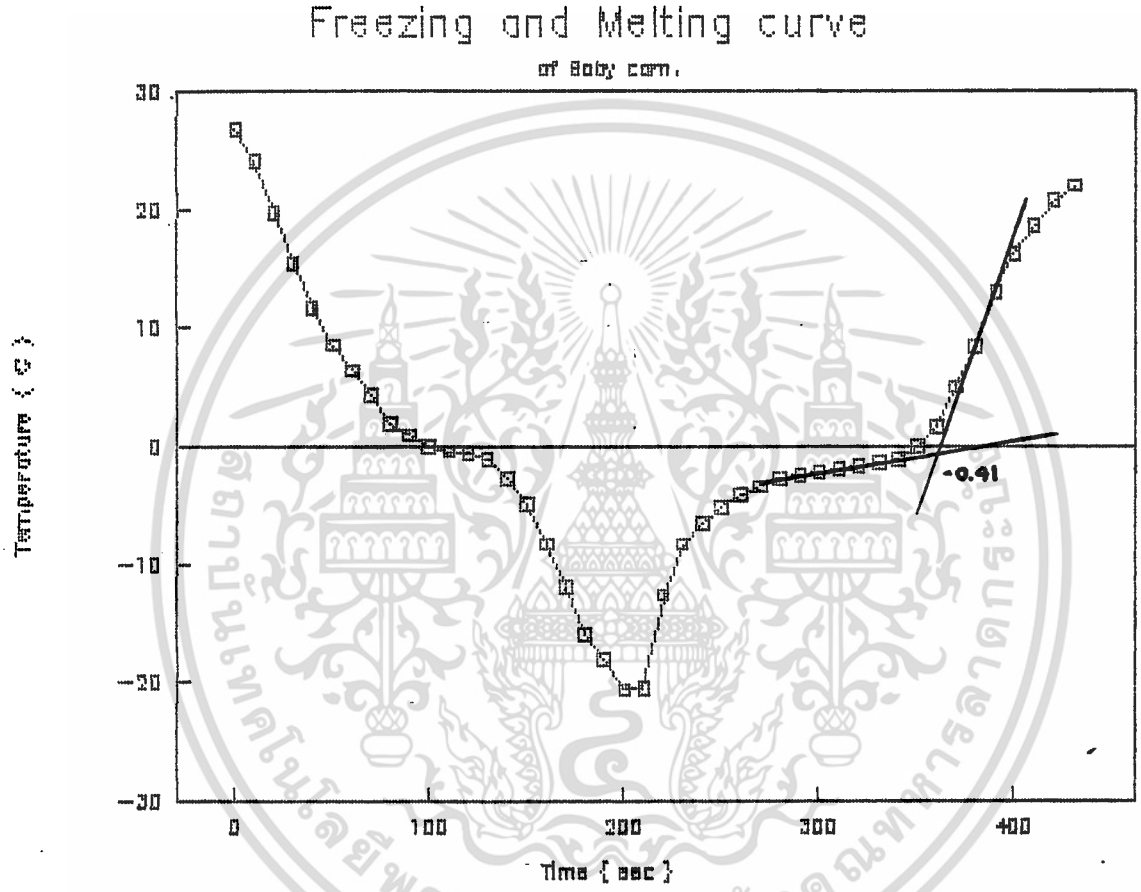
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



รูปที่ ข1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 กราฟการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของข้าวโพดฝักอ่อนแช่แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวฐิติมา คทาวัชรกุล เกิดเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2516 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียน เบญจมราชาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พศ.2534

นางสาวศิริมา เลาบริพัตร เกิดเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2516 ที่จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียน สตรีวัดระฆัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พศ.2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้