

การใช้โดสตา์รชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อเพิ่มความคงตัว
ในการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งของแผ่นเกี๊ยว
Using of Distarch Phosphate and Transglutaminase to Increase Freeze-Thaw
Stability of Wonton Sheet

นางนภสร ทองศิลา¹ และกิตติพงษ์ น่วงรักษ์²

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการใช้โดสตา์รชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทดแทนแป้งสาลีเพื่อเพิ่มความคงตัวในการคั้นรูปจากการแช่เยือกแข็งของแผ่นเกี๊ยวในปริมาณร้อยละ 3 5 7 และร้อยละ 0.5 1 1.5 2 ของน้ำหนักแป้งสาลีตามลำดับ พบว่าการใช้ปริมาณโดสตา์รชฟอสเฟตเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง การใช้โดสตา์รชฟอสเฟตร้อยละ 5 ขึ้นไป ทำให้ค่าด้านแรงตัด งานที่ใช้เชือน และความต้านทานแรงดึงทั้งจากแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็งสูงสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของแผ่นเกี๊ยวหลังแช่เยือกแข็งที่ใช้โดสตา์รชฟอสเฟตร้อยละ 3 ได้คะแนนไม่ต่างจากตัวอย่างควบคุม สำหรับการใช้อิโนซิมทรานส์กลูตามิเนส พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลงเช่นเดียวกันและพบว่าการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 2 ทำให้ค่าแรงตัดงานที่ใช้เชือน และแรงดึงสูงสุดทั้งจากแผ่นเกี๊ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบโดยรวมหลังแช่เยือกแข็งเมื่อใช้อิโนซิมทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 1.5 จะสูงกว่าคะแนนจากตัวอย่างควบคุม ผลการศึกษาภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ไม่สามารถเห็นความแตกต่างของโครงสร้างภายในจากตัวอย่างควบคุมเมื่อใช้ทั้งโดสตา์รชฟอสเฟตหรือเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

คำสำคัญ: โดสตา์รชฟอสเฟต ทรานส์กลูตามิเนส แผ่นเกี๊ยว แช่เยือกแข็ง

Abstract

From the studying on using of distarch phosphate and transglutaminase to substitute wheat flour at the level of 3 5 7% and 0.5 1 1.5 2% by weight respectively to increase freeze-thaw stability of wonton sheet, it was found that increasing the amount of distarch phosphate, water absorption of wonton sheet decreased. Using more than 5% of distarch phosphate gave highest value of cutting force, work of shear and tensile strength of wonton sheet before and after freezing. Sensory evaluation showed that overall liking scores of the sheets after freezing were not statistically different from control when using 3% distarch phosphate. For transglutaminase, when the amount of transglutaminase increased, water absorption of wonton sheet decreased too. It was also found that cutting force, work of shear and tensile strength of the sheet before and after freezing were highest when using 2% transglutaminase. Sensory evaluation showed that overall liking score of the sheet after freezing was higher than control when using 1.5% transglutaminase. From the study, image from SEM could not reveal the different of internal structure of samples treated with either distarch phosphate or transglutaminase.

Key words: distarch phosphate, transglutaminase, wonton sheet, freezing

¹ นักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 10520

² รองศาสตราจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 10520

คำนำ

เนื่องจากการดำรงชีวิตในปัจจุบันที่มีความเร่งรีบ มีผู้ประกอบการผลิตเนื้อเยื่อแช่เยือกแข็งขึ้น เนื้อเยื่อแช่เยือกแข็งรับประทานได้ง่าย เพียงนำเข้าอุ่นในไมโครเวฟเท่านั้น แต่กระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นสาเหตุทำให้แผ่นเนื้อเยื่อที่ได้เปื่อย และ ไม่เหนียว เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคไม่ซื้อมารับประทาน การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นเนื้อเยื่อให้ทนต่อการแช่เยือกแข็งจึงมีความจำเป็น การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารประเภทนี้สามารถทำได้หลายวิธี ปัจจุบันสามารถใช้สตราซ์ตัดแปรเพื่อปรับปรุงคุณภาพอาหารต่าง ๆ มากมาย เนื่องจากสตราซ์ตัดแปรเป็นแป้งที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการทางกายภาพและเคมีให้มีสมบัติที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ได้จากแป้งสาลีแช่เยือกแข็ง มีผลการทดลองพบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะช่วยลดการเสียหายของโครงสร้างกลูเตน โดยจะช่วยป้องกันและซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากผลึกน้ำแข็งในช่วงการเก็บ (Huang *et al.*, 2008)

กมลวรรณ อิศราคาร (2548) ศึกษาผลการเติมสตราซ์ตัดแปรด้วยวิธีไฮดรอกซีโพรพิลเลชันและการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ แชนแทนกัมและคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสต่อคุณภาพของกวยเตี้ยวเส้นจันท์ก่อนและหลังการแช่เยือกแข็ง พบว่าการเติมสตราซ์ตัดแปร (ร้อยละ 4 และ 8) และแชนแทนกัมร้อยละ 0.02 และ 0.04 หรือคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.05 และ 0.10 จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของกวยเตี้ยวเส้นจันท์แช่เยือกแข็งได้เล็กน้อยโดยคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสช่วยลดการตกผลึกใหม่ของน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ขณะที่แชนแทนกัมช่วยลดการคืนตัวของอะไมโลส ทำให้มีความชุ่มชื้นน้อยลง ส่วนสตราซ์ตัดแปรนั้น จะมีหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลโดยจะช่วยขัดขวางการรวมกลุ่มของสายโซ่สตราซ์ ทำให้คุณภาพดีขึ้นและทนต่อการคืนสภาพจากการแช่เยือกแข็งขึ้น

Sungton *et al.* (2006) ศึกษาผลของเกลือฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในการป้องกันการแตกร้าวของอกไก่กระทรงรูปลูกเต๋าแช่เยือกแข็ง พบว่าการกลิ้ง (tumbling) เนื้ออกไก่ดิบกับสารละลายโซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 1 เมื่อทำให้สุกและนำไปแช่เยือกแข็งที่ -70 องศาเซลเซียส จะช่วยลดจำนวนชิ้นเนื้อที่แตกร้าวเมื่อไม่ได้ใช้สารละลายโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตจากร้อยละ 47.50 เหลือร้อยละ 24.17 และเมื่อกลิ้งเนื้ออกไก่ดิบกับสารละลายทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0.5 สามารถลดจำนวนชิ้นเนื้อที่แตกร้าวลงเหลือร้อยละ 25.84 การเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์จะช่วยเพิ่มความชื้นและลดจำนวนชิ้นที่แตกร้าวลง และพบว่าการใช้สารละลายทรานส์กลูตามิเนสสามารถลดขนาดของรอยแตกร้าวลงมากกว่าในตัวอย่างที่ใส่เกลือฟอสเฟตอีกด้วย

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของแผ่นเนื้อเยื่อแช่เยือกแข็ง โดยจะศึกษาปริมาณการใช้สตราซ์ตัดแปรชนิดไฮดรอกซีโพรพิลเลชันและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแผ่นเนื้อเยื่อแช่เยือกแข็งให้ทนต่อสภาวะแช่เยือกแข็งและมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแผ่นเนื้อเยื่อที่ทำใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

แป้งสาลี จากบริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน)

สตราซ์ตัดแปร (ไดสตราซ์ฟอสเฟต) จากบริษัท เนชั่นแนลสตราซ์ ประเทศไทย จำกัด

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส จากบริษัท อะซิโนโมโตะ ประเทศไทย จำกัด

2. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การผลิตแผ่นเนื้อเยื่อ

เตรียมแผ่นเนื้อเยื่อโดยชั่งแป้งสาลีเอนกประสงค์ 100 กรัม ผสมน้ำ 35 กรัม ไข่ไก่ 10 กรัม เกลือ 0.22 กรัม โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.67 กรัม ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม Kitchen Aid 5SS ใช้ระดับความเร็ว 2 เป็นเวลา 8 นาที ท่อด้วยฟิล์มชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ พักไว้ 60 นาที รีดแบ่งเป็นแผ่นหนา 0.5 มิลลิเมตร ตัดเป็นแผ่นขนาด 3×3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ว ได้แผ่นเกี่ยวดิบ ลวกแผ่นเกี่ยวในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที แล้วต้กแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วินาที นำขึ้น มาสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 วินาที ได้แผ่นเกี่ยวสุก

นำแผ่นเกี่ยวสุกที่ได้ไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -50 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็ง Fenwal CTL821 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีแล้วลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 นาที ได้แผ่น เกี่ยวที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง

2.2 การปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี่ยวแช่แข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต
ผลิตแผ่นเกี่ยวตามกระบวนการในข้อ 1. โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งดัดแปรชนิดไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 5 และ 7 ของปริมาณแป้งสาลี จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ดังนี้

2.2.1 การดูดซับน้ำของแผ่นเกี่ยวก่อนแช่เยือกแข็ง (กมลรัตน์ รักกิจศิริ, 2549)

2.2.2 เนื้อสัมผัสของแผ่นเกี่ยวก่อนและหลังแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT2i) ใช้หัว A/LKB-F สภาวะที่ใช้ทดสอบคือ ความเร็วก่อนทดสอบ (pre-test speed): 0.5 มิลลิเมตร/วินาที, ความเร็วขณะทดสอบ(test speed): 0.2 มิลลิเมตร/วินาที, ความเร็วหลังทดสอบ (post-test speed): 10 มิลลิเมตร/วินาที, ระยะทาง(distance): 4.8 มิลลิเมตร, ประเภทของการทดสอบ (trigger type): Button เพื่อวัดค่าแรงตัดและงานที่ใช้เฉือน และใช้หัว A/SPR โดยใช้สภาวะคือ ความเร็วก่อนทดสอบ: 3.0 มิลลิเมตร/วินาที, ความเร็วขณะทดสอบ: 3.0 มิลลิเมตร/วินาที, ความเร็วหลังทดสอบ: 5.0 มิลลิเมตร/วินาที, ระยะทาง: 80 มิลลิเมตร, ประเภทของการทดสอบ: อัตโนมัติ-5 กรัม(auto-5g) เพื่อวัดค่าความต้านทานแรงดึง

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลการทดลองที่ได้ในข้อ 2.1 และ 2.2 ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2.2.3 นำแผ่นเกี่ยวก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง ความเหนียว การกัดขาด และความชอบโดยรวม ใช้แบบทดสอบแบบ 5-point Hedonic scale และการทดสอบเชิงพรรณนาโดยใช้ สเกล 15 ซม. ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิเคราะห์ผลการทดสอบตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2.2.4 ศึกษาโครงสร้างภายในของแผ่นเกี่ยวก่อนและหลังการแช่เยือกแข็งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Hitachi 3400N) (Maache-Rezzoug and Allaf, 2005)

2.3 การปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี่ยวด้วยเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนส
ผลิตแผ่นเกี่ยวตามข้อ 1 โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานสกลูตามิเนสร้อยละ 0.5 1 1.5 และ 2 ของปริมาณ แป้งสาลี นำตัวอย่างแผ่นเกี่ยวมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลเช่นเดียวกับข้อ 2

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี่ยวแช่เยือกแข็งด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟต

1.1 การวัดการดูดซับน้ำ

ผลการวัดการดูดซับน้ำของแผ่นเกี่ยวสุกที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 0 3 5 และ 7 แสดง ใน Table 1

Table 1 Water absorption value of cooked wonton sheet substituted with distarch phosphate at the level of 0 3 5 and

degree of substitution (%)	water absorption (%)*
0	43.34±2.61 ^a
3	43.62±3.70 ^a
5	42.06±0.86 ^b
7	41.82±1.89 ^b

* mean value followed by different superscript in the same column differs significantly by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$)

Table 1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโดสตาโรฟอสเฟตมีผลต่อการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง การใช้โดสตาโรฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ 3 ไม่ทำให้การดูดซับน้ำต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ใช้ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็นร้อยละ 5 และ 7 ค่าการดูดซับน้ำจะลดลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Srijesdarak (1989) ซึ่งพบว่า เมื่อตัดแปรรสตาร์ชด้วยโซเดียมไตรเมตา-ฟอสเฟต การพองตัวของสตาร์ชจะลดลง สตาร์ชจะมีอุณหภูมิที่เกิดเจลสูงขึ้นและดูดซับน้ำได้ลดลง ดังนั้นเมื่อใช้ปริมาณโดสตาโรฟอสเฟตมากขึ้น จึงทำให้แผ่นเกี๊ยวมีค่าการดูดซับน้ำลดลง

1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนและหลังแช่เยือกแข็งในด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงแสดงใน Table 2

Table 2 Texture analysis of the cutting force, work of shear and tensile strength of cooked wonton sheet before and after freezing when substituted with 0 3 5 and 7% distarch phosphate

		degree of substitution (%)*			
		0	3	5	7
before freezing	cutting force (g)	112.12± 8.56 ^c	117.93± 9.74 ^b	125.53± 4.16 ^a	122.01± 5.21 ^a
	work of shear (g.cm)	1828.14±227.80 ^b	1875.42±358.87 ^b	2057.45±179.68 ^a	1972.65±293.57 ^{ab}
	tensile strength (g)	15.79± 1.61 ^b	16.41± 1.65 ^b	17.19± 0.95 ^a	17.26± 1.65 ^a
after freezing	cutting force (g)	51.77± 3.73 ^c	53.31± 7.13 ^{bc}	56.69± 4.32 ^a	54.72± 5.99 ^{ab}
	work of shear (g.cm)	936.05± 86.13 ^b	978.72±137.95 ^b	1043.21± 99.57 ^a	967.41± 96.11 ^b
	tensile strength (g)	11.01± 1.04 ^c	11.43± 1.34 ^{bc}	12.10± 1.24 ^a	12.04± 1.26 ^{ab}

* mean value followed by different superscript in the same row differs significantly by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองใน Table 2 สำหรับแผ่นเกี๊ยวสุกก่อนแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และค่าความต้านทานแรงดึง พบว่าการใช้ปริมาณโดสตาโรฟอสเฟตเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าเหล่านี้มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากโดสตาโรฟอสเฟตเป็นสตาโรฟอสเฟตเป็นสตาโรฟอสเฟตตัดแปรรสตาร์ชสังเคราะห์ที่เชื่อมข้ามที่เกิดขึ้นจากการตัดแปรรเป็นพันธะโควาเลนต์ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมในโมเลกุลสูง เม็ดสตาร์ชจะมีความแข็งแรงมากขึ้น (วรรณ ตุลยธัญ, 2549) จึงทำให้คงทนต่อแรงจากภายนอกเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และค่าความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น เมื่อนำแผ่นเกี๊ยวหลังการแช่เยือกแข็งมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าค่าที่ได้จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจากแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง อาจเนื่องจากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นทำให้โครงสร้างภายในถูกทำลาย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลของการเติมสตาโรฟอสเฟตตัดแปรร พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าจากแผ่นเกี๊ยวก่อนแช่เยือกแข็ง Thamjedsada (2010) พบว่าสตาโรฟอสเฟตตัดแปรรประเภทครอสลิงค์สตาโรฟอสเฟตสามารถขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่ในอาหาร ดังนั้นโครงสร้างของแผ่นก๊วยที่เติมไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงถูกทำลายจากผลึกน้ำแข็งน้อยลง ทำให้ค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

1.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นก๊วยสุกก่อนและหลังแช่เยือกแข็งด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การกัดขาด และความชอบโดยรวมแสดงใน Table 3

Table 3 Sensory evaluation score of cooked wonton sheet before and after freezing when substituted with 0 3 5 and 7% distarch phosphate

	degree of substitution (%)*				
	0	3	5	7	
before freezing	hardness	2.49±0.85 ^b	2.63±0.89 ^b	3.05±1.01 ^a	3.08±0.92 ^a
	liking of hardness	3.16±0.52 ^b	3.37±0.68 ^a	3.33±0.53 ^a	3.35±0.56 ^a
	elasticity	2.60±0.88 ^b	2.70±1.13 ^b	2.85±1.09 ^b	3.15±0.74 ^a
	liking of elasticity	3.23±0.59 ^b	3.45±0.84 ^a	3.52±0.75 ^a	3.43±0.68 ^a
	ease of biting	1.63±0.82 ^c	1.82±1.21 ^{bc}	1.94±0.87 ^b	2.33±0.90 ^a
	liking of biting	3.11±0.65 ^b	3.20±0.80 ^a	3.19±0.68 ^a	3.44±0.79 ^a
	overall liking	3.24±0.79 ^b	3.40±0.92 ^b	3.44±0.67 ^{ab}	3.62±0.72 ^a
after freezing	hardness	1.85±0.90 ^c	2.27±0.92 ^b	2.65±1.14 ^a	2.41±0.70 ^{ab}
	liking of hardness	3.00±0.70 ^b	3.26±0.60 ^a	3.16±0.93 ^{ab}	3.00±0.57 ^b
	elasticity	2.41±1.08 ^c	2.55±0.94 ^{bc}	2.84±0.94 ^a	2.70±0.80 ^{ab}
	liking of elasticity	2.96±0.92 ^b	3.12±0.65 ^{ab}	3.22±0.49 ^a	3.31±0.75 ^a
	ease of biting	1.46±0.95 ^b	1.57±1.13 ^b	1.76±1.24 ^{ab}	1.92±1.03 ^a
	liking of biting	3.08±0.61 ^c	3.16±0.67 ^{bc}	3.46±0.75 ^a	3.33±0.67 ^{ab}
	overall liking	3.19±0.51 ^b	3.40±0.64 ^{ab}	3.49±0.87 ^a	3.29±0.85 ^{ab}

* mean value followed by different superscript in the same row differs significantly by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

จาก Table 3 พบว่าการทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตมีผลทำให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแผ่นก๊วยก่อนและหลังแช่เยือกแข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (0% degree of substitution) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณไดสตาร์ชฟอสเฟตที่มากขึ้น ทำให้คะแนนด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบในด้านเหล่านี้ รวมทั้งการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งในตัวอย่างแผ่นก๊วยก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง คะแนนของแผ่นก๊วยก่อนแช่เยือกแข็งจะมากกว่าคะแนนจากตัวอย่างหลังการแช่เยือกแข็งเล็กน้อย พบว่าการทดแทนในปริมาณร้อยละ 3 ทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของตัวอย่างหลังการแช่เยือกแข็งไม่ต่างจากคะแนนของตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง

1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นก๊วย

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นก๊วยสุกก่อนและหลังแช่เยือกแข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงใน Figure 1

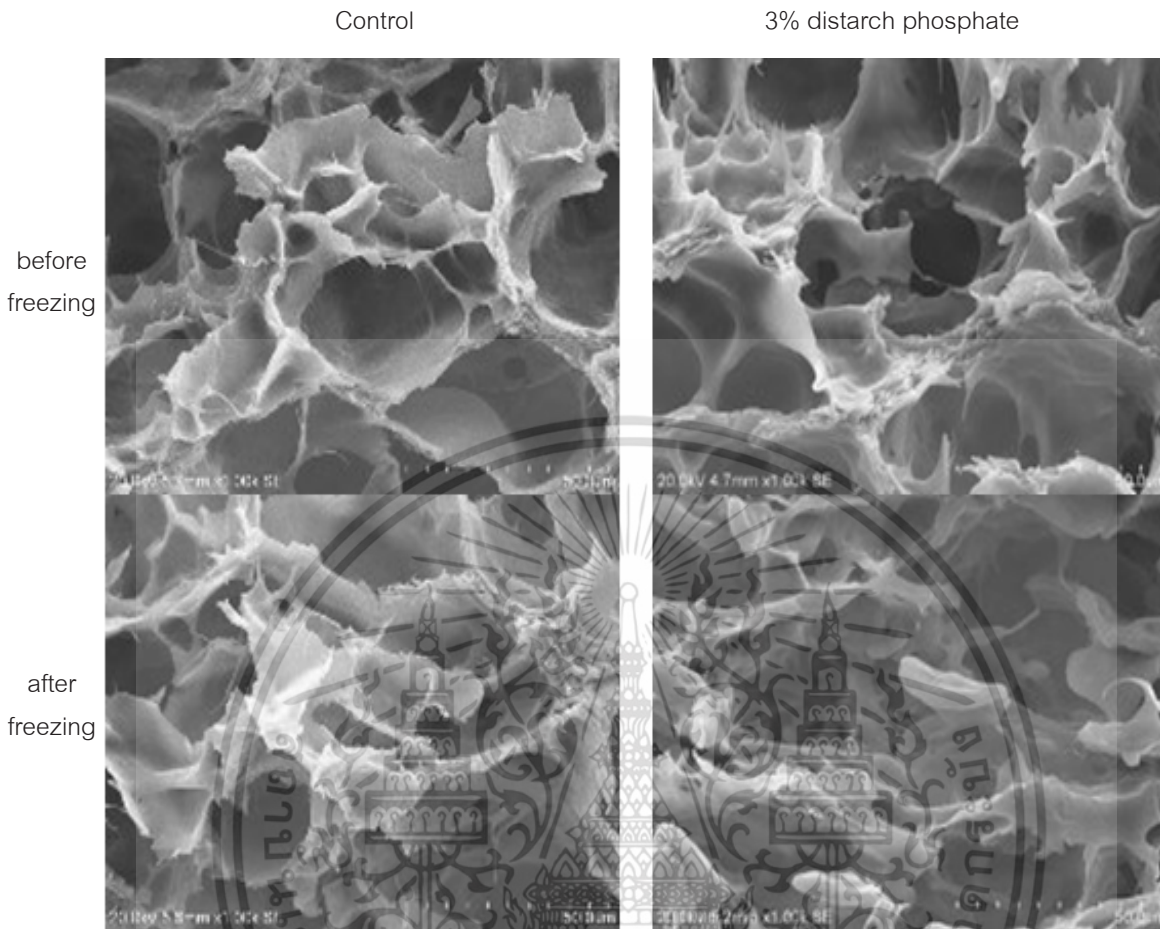


Figure 1 Internal structure of wonton sheet before and after freezing from scanning electron microscope (X1000) comparing between control (0% substitution) and 3% substitution with distarch phosphate

จาก Figure 1 เมื่อพิจารณาภาพถ่ายของโครงสร้างแผ่นเกี๊ยว ไม่พบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตร้อยละ 3 ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถบอกรายละเอียดความแตกต่างได้ชัดเจน

2. การปรับปรุงคุณภาพแผ่นเกี๊ยวแช่แข็งด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

2.1 การวัดการดูดซับน้ำ

ผลการวัดการดูดซับน้ำของแผ่นเกี๊ยวที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 แสดงใน Table 4

Table 4 Water absorption value of cooked wonton sheet substituted with transglutaminase at the level of 0.5 1 1.5 and 2%

degree of substitution (%)	water absorption (%) [*]
0	43.78±3.43 ^a
0.5	40.62±1.69 ^b
1	39.01±2.13 ^c
1.5	37.48±1.35 ^d
2	37.42±2.94 ^d

^{*}mean value followed by different superscript in the same column differs significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05)

พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แผ่นก๊วยมีปริมาณการดูดซับน้ำลดลงตามลำดับ โดยแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

2.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสแผ่นก๊วยก่อนและหลังแช่เยือกแข็งด้านแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงแสดงใน Table 5

Table 5 Texture analysis of the cutting force, work of shear and tensile strength of cooked wonton sheet before and after freezing when substituted with 0 0.5 1 1.5 and 2% transglutaminase.

		degree of substitution (%) [*]				
		0	0.5	1	1.5	2
before freezing	cutting force (g)	113.39± 10.48 ^a	326.39± 14.49 ^c	343.33± 19.61 ^b	370.04± 24.81 ^a	361.43± 14.82 ^a
	work of shear (g.cm)	1899.36±261.85 ^a	2787.11±218.66 ^c	3416.45±353.43 ^b	3691.44±477.30 ^a	3663.75±341.09 ^a
	tensile strength (g)	15.87± 1.81 ^d	25.02± 2.56 ^c	25.22± 2.17 ^c	34.74± 4.00 ^b	39.44± 2.77 ^a
after freezing	cutting force (g)	52.33± 3.29 ^d	162.45± 14.58 ^c	189.23± 22.12 ^b	217.45± 14.87 ^a	223.45± 16.10 ^a
	work of shear (g.cm)	951.57± 89.48 ^d	2269.50±240.01 ^c	2571.33±285.00 ^{ab}	2474.87±311.37 ^b	2682.40±319.72 ^a
	tensile strength (g)	11.09± 0.97 ^a	22.99± 2.55 ^d	29.25± 2.95 ^c	32.70± 3.22 ^b	40.10± 2.34 ^a

^{*} mean value followed by different superscript in the same row differs significantly by Duncan's multiple range test (p<0.05)

จาก Table 5 เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลทำให้ค่าแรงตัด งานที่ใช้เฉือน และความต้านทานแรงดึงแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยค่าที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสช่วยเชื่อมประสานโปรตีนโดยพันธะ ϵ -(γ -glutamyl) lysine ทั้งในและนอกโมเลกุล ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง (เปรมวดี เทพวงศ์ และคณะ, 2547) นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดโปรตีนสายใหม่ที่มีลักษณะยึดหยุ่นมากขึ้น (ปราณี อานปรืออง, 2533) เห็นได้จากค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงขึ้น ค่าที่วัดได้จากแผ่นก๊วยหลังแช่เยือกแข็งน้อยกว่าค่าก่อนแช่เยือกแข็ง เนื่องจากผลึกน้ำแข็งทำลายโครงสร้างภายในของแผ่นก๊วย อย่างไรก็ตาม ค่าเหล่านี้มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น เปรมวดี เทพวงศ์ และคณะ (2547) ตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์ ทรานส์กลูตามิเนสในเจลซูริมิแล้วนำไปแช่เยือกแข็ง พบว่าสามารถปรับปรุงคุณภาพของเจลของซูริมิได้ดี

2.3 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแผ่นก๊วยว่ก่อนและหลังแช่เยือกแข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสส์ด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การกัดขาด และความชอบโดยรวมแสดงใน Table 6

Table 6 Sensory evaluation score of cooked wonton sheet before and after freezing when substituted with 0 0.5 1 1.5 and 2% transglutaminase.

		degree of substitution (%)				
		0	0.5	1	1.5	2
before freezing	hardness	2.46±0.77 ^{cd}	2.22±0.69 ^d	2.67±0.91 ^{bc}	2.83±1.29 ^{ab}	3.00±1.13 ^a
	liking of hardness	3.00±0.34 ^b	2.98±0.64 ^b	3.05±0.74 ^{ab}	3.23±0.96 ^a	3.08±0.48 ^{ab}
	elasticity	2.53±0.92 ^d	2.67±0.79 ^{cd}	2.86±0.63 ^{bc}	3.03±0.94 ^b	3.28±0.69 ^a
	liking of elasticity	3.17±0.37 ^d	3.27±0.54 ^{cd}	3.35±0.29 ^{bc}	3.47±0.68 ^{ab}	3.55±0.40 ^a
	ease of biting	1.84±0.96 ^c	1.97±0.88 ^c	2.43±1.24 ^b	2.57±1.45 ^{ab}	2.83±0.83 ^a
	liking of biting	2.92±0.51 ^c	3.01±0.69 ^{bc}	3.16±0.61 ^{ab}	3.25±1.03 ^a	3.04±0.57 ^{bc}
	overall liking	2.96±0.66 ^b	3.18±0.70 ^{ab}	3.17±0.61 ^{ab}	3.27±0.98 ^a	3.00±0.53 ^b
after freezing	hardness	1.84±0.91 ^{ns}	1.85±1.07 ^{ns}	1.98±0.97 ^{ns}	2.08±1.31 ^{ns}	2.18±0.97 ^{ns}
	liking of hardness	2.71±0.55 ^b	2.80±0.90 ^{ab}	2.82±0.67 ^{ab}	2.82±0.58 ^{ab}	2.98±0.85 ^a
	elasticity	2.41±1.08 ^c	2.59±0.80 ^{bc}	2.68±0.79 ^b	2.75±0.82 ^{ab}	3.01±0.87 ^a
	liking of elasticity	3.13±0.27 ^c	3.20±0.56 ^{bc}	3.29±0.47 ^b	3.48±0.41 ^a	3.48±0.44 ^a
	ease of biting	2.25±1.02 ^c	2.36±0.77 ^{bc}	2.34±0.77 ^{bc}	2.61±1.09 ^{ab}	2.65±0.96 ^a
	liking of biting	2.66±0.54 ^b	2.67±0.71 ^b	2.73±0.70 ^{ab}	2.89±0.64 ^a	2.82±0.61 ^{ab}
	overall liking	2.78±0.35 ^b	2.83±1.07 ^{ab}	2.83±0.75 ^{ab}	3.06±0.69 ^a	2.88±0.66 ^{ab}

* mean value followed by different superscript in the same row differs significantly by Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$)
ns not significant.

จาก Table 6 พบว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสส์มีผลทำให้คะแนนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนและหลังแช่เยือกแข็งแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น คะแนนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมของแผ่นก๊วยว่หลังแช่เยือกแข็ง พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสส์ร้อยละ 1.5 คะแนนที่ได้จะสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

2.4 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นก๊วยว่

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นก๊วยว่สุกและหลังแช่เยือกแข็งเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสส์ร้อยละ 1.5 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงใน Figure 2 พบว่าภาพถ่ายของโครงสร้างภายในแผ่นก๊วยว่จากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสส์ร้อยละ 1.5 เปรียบเทียบกับแผ่นแป้งปกติไม่แสดงความแตกต่างที่สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

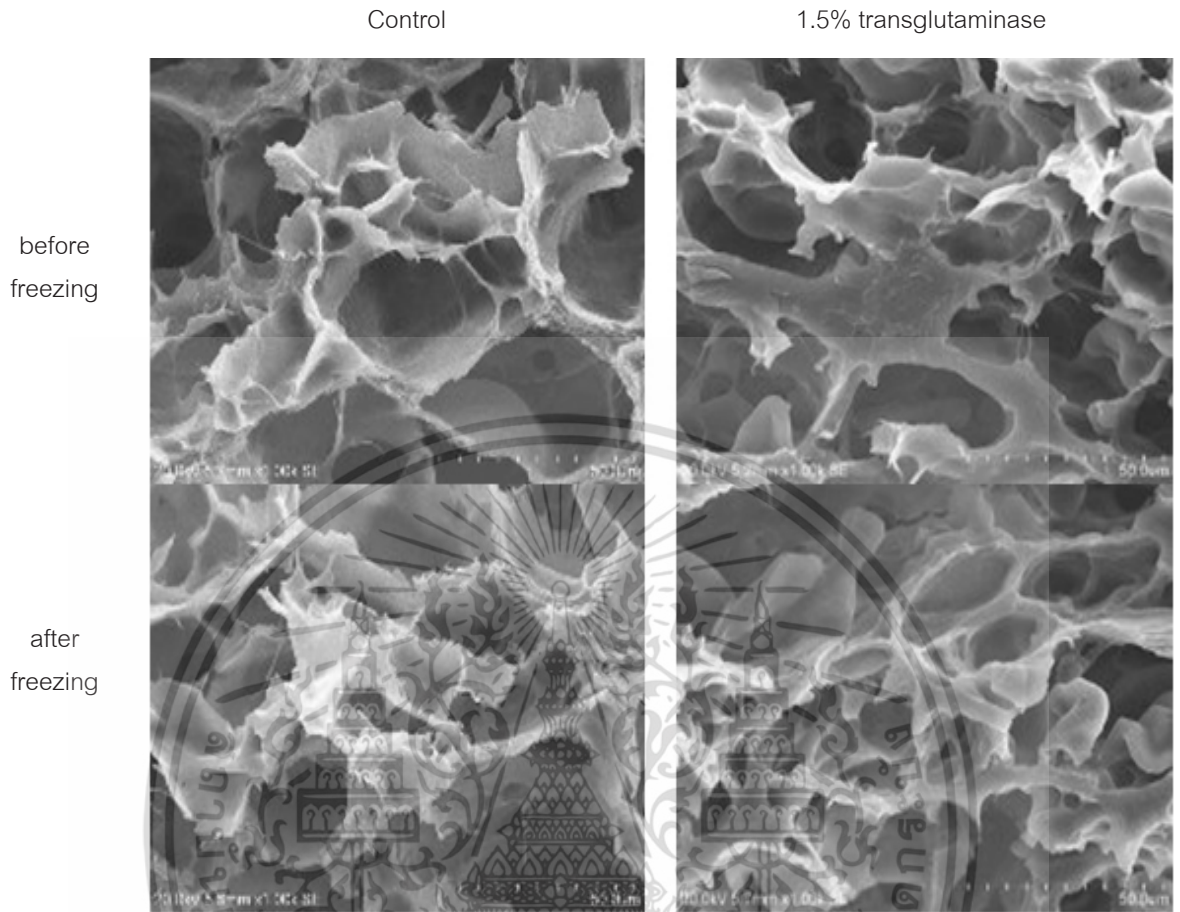


Figure 2 Internal structure from scanning electron microscope (X1000) of wonton sheet before and after freezing comparing between control (0% substitution) and 1.5% substitution with transglutaminase.

สรุปผลการทดลอง

เมื่อศึกษาการทดแทนแป้งสาลีในการผลิตแผ่นก๊วยต๋อด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ 0 3 5 และ 7 พบว่าปริมาณการทดแทนตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไปทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง ค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เช็อน และความต้านทานแรงดึงสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง โดยค่าที่วัดหลังแช่เยือกแข็งจะน้อยกว่า ก่อนแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น การกัดขาด ความชอบด้านความแข็ง ความชอบด้านความยืดหยุ่น ความชอบด้านการกัดขาด และความชอบโดยรวม พบว่าคะแนนมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อปริมาณการทดแทนด้วยไดสตาร์ชฟอสเฟตเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบโดยรวมเมื่อทดแทนร้อยละ 3 จะไม่ต่างจาก ตัวอย่างควบคุมและอยู่ในระดับระดับปานกลาง ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นก๊วยต๋อด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อทดแทนในปริมาณร้อยละ 3 ไม่สามารถสังเกตความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณร้อยละ 0 0.5 1 1.5 และ 2 พบว่าปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าการดูดซับน้ำลดลง เมื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านแรงตัด งานที่ใช้เช็อน และความต้านทานแรงดึง พบว่าค่าจะสูงขึ้นทั้งก่อนและหลังแช่เยือกแข็ง โดยค่าหลังแช่เยือกแข็งจะน้อยกว่าก่อนแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์จะทำให้คะแนนด้านเหล่านี้มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยการ

ทดแทนร้อยละ 1.5 ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุมและอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนภาพถ่ายโครงสร้างภายในแผ่นกึ่งแข็งจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อทดแทนร้อยละ 1.5 ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมจะเห็นว่าทั้งโดสคาร์ชฟอสเฟตและเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่างช่วยเพิ่มความคงตัวในการคืนรูปจากการแช่เยือกแข็งโดยโดสคาร์ชฟอสเฟตสามารถใช้ในปริมาณร้อยละ 3 และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสสามารถใช้ในปริมาณร้อยละ 1.5 จึงจะทำให้แผ่นกึ่งแข็งมีความคงตัวจากการแช่เยือกแข็ง และผู้บริโภคให้การยอมรับ

เอกสารอ้างอิง

- กมลรัตน์ รักกิจศิริ. 2549. การศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาบะหมี่สดไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- กมลวรรณ อิศราคาร. 2548. ผลของการเติมสตาร์ชตัดแปรและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์, นภาลัย ประสิทธิ์เขตรกิจ และอนิชา สุขสมบูรณ์. 2554. ผลของเอนไซม์กลูตามิเนสของคุณภาพของบะหมี่เสริมโบมาะรุมผง. วิทยาศาสตร์เกษตร 42(2)(พิเศษ): 497-500.
- นงลักษณ์ เศรษฐสุวรรณ. น้ำตาล เนืองจ่าง และอนิชา สุขสมบูรณ์. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวเหนียว(อาราเร่) จากข้าวเหนียวดำ. วิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1): 165-168.
- ปราณี อานเป็รื่อง. 2533. เอนไซม์ทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สนพ.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- เปรมวดี เทพวงศ์, วันชัย วรวิวัฒน์เมธีกุล และนนช รักสกุลไทย. 2548. การปรับปรุงคุณสมบัติของเจลซูริมิที่ผลิตจากปลาแป้น (*Leiognathus* spp.) โดยใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจากจุลินทรีย์. ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรรณมา ตุลยธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. สนพ.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Huang, W. N., Yuan, Y. L., Kim, Y. S., & Chung, O. K. 2008. Effects of transglutaminase on rheology, microstructure, and baking properties of frozen dough. *J. Cereal Chemistry*. 85(3): 301-306.
- Maache-Rezzoug, Z. and Allaf, K. 2005. Study of the effect of hydrothermal process conditions on pasta quality. *J. Cereal Science*. 41(3): 267-275.
- Nuttawee Thamjedsada. 2010. New Stabilizer for Water Ice. *J. Asia Food Beverage Thailand*. July-Aug.: 38-39.
- Srijesdarak, V., Tulyathan, V and Thunpithayakul, C. 1989. Modification of Potato (*Solanum tuberosum* var spunta) Starch for partial substitution of Mung Bean Starch in vermicelli. *J. Sci. Soc.* 15: 39-47.
- Sungdong, P., Chaiwanichsiri, S., Ruangtrakool, B., Suzuki, T., Takai, R. and Tantratian, S. 2006. Effect of phosphate salts and transglutaminase in prevention of freeze cracking in frozen diced broiler breast. *J. Food Process Engineering*. 29: 174-187.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้