วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29:3(11-20)

การทดแทนข้าวขาวด้วยข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกในขนมจีนแป้งหมัก

Substitution of Brown Rice and Germinated Brown Rice to White Rice in Fermented Rice Noodle (Kanom Jeen) Product

ปัณฑณัท วชิรศิริ[1] และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาการทดแทนข้าวขาวด้วยข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกในการผลิตขนมจีนแป้งหมักในปริมาณร้อยละ 25 50 75 และ 100 โดยน้ำหนัก และศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นขนมจีนที่ได้ โดยนำเส้นขนมจีนไปวัดค่าสีและลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อปริมาณข้าวกล้องเพิ่มขึ้น เส้นขนมจีนจะมีสีเข้มขึ้น ค่าความสว่าง (L) ลดลง ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นขนมจีนลดลง และเส้นขนมจีนมีความเหนียวนุ่มลดลง พบว่าสามารถใช้ข้าวกล้องทดแทนข้าวขัดขาวได้ในปริมาณร้อยละ 50 เมื่อทดลองใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนข้าวขัดขาวในปริมาณร้อยละ 50 เช่นเดียวกัน พบว่าเส้นขนมจีนที่ได้มีสีเข้มขึ้น มีปริมาณเถ้า เส้นใยอาหาร โปรตีน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้อง แต่มีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า ไม่พบกรดแกมม่าอะมิโนบิวทิริก เส้นขนมจีนได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมน้อยกว่าขนมจีนจากข้าวขาว

คำสำคัญ : ขนมจีนแป้งหมัก ข้าวกล้อง ข้าวกล้องงอก

Abstract

From studying on substitution of brown rice to white rice in fermented rice noodle (Kanom Jeen) production at the amount of 25, 50, 75, and 100% (by weight), physical properties of the noodle were investigated by measuring color value and texture. It was found that increasing of the amount of brown rice, the noodle was darker. While the redness (a) and yellowness (b) were increased, L value was decreased. The maximum tensile strength of the noodle was decreased and the adhesiveness was decreased . The result showed that 50% of white rice could be substituted. After substitution of 50% white rice with germinated brown rice, it was found that, the color of the noodles were darker. The amount of ash, fiber, protein, and phenolic compounds were higher than regular noodles. However, the noodle contained less fat and carbohydrate. Gamma amino butyric acid was not found. The noodle got less score from the panel in sensory evaluation test than the noodle from white rice

Keyword : fermented rice noodle (Kanom Jeen) germinated brown rice

คำนำ

"ขนมจีน" เป็นอาหารที่คนไทยทุกภาคนิยมรับประทานกันมาเป็นเวลานาน โดยบริโภคแทนข้าวได้ในแทบทุกมื้ออาหาร ด้วยวิธีการผลิตที่แตกต่างกันทำให้สามารถแบ่งขนมจีนออกเป็น 2 ชนิด คือ ขนมจีนแป้งสดและขนมจีนแป้ง

[1]สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
[2]สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ

หมัก โดยขนมจีนแป้งหมักจะมีกลิ่นหมักตามความนิยมของผู้บริโภค (Naivikul, 1988) ในปัจจุบันมีการผลิตขนมจีน มีการผลิตตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการผลิตขนมจีนแป้งหมัก (นิตยา, 2532) ข้าวที่เหมาะสมในการทำขนมจีน โดยพบว่าข้าวที่เหมาะสมควรเป็นข้าวที่มีอะไมโลสสูง (ร้อยละ 27.49-32.89) มีอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนเซชั่น

ในช่วง 74-80.5 องศาเซลเซียส ความชื้น ร้อยละ 11.61-14.63 เส้นใยหยาบ ร้อยละ 0.33-0.90 โดยจะทำให้ได้เส้นขนมจีนที่เหนียวนุ่มเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (พัชรี และคณะ,2534)

ข้าวกล้องงอก คือ ข้าวกล้องที่ผ่านการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 32-35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง จนส่วนของจมูกข้าวมีความยาวประมาณ 0.5-1 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของกระบวนการงอกของเมล็ดข้าว สารอาหารต่าง ๆ ภายในเมล็ดจะถูกกระตุ้นด้วยเอนไซม์เพื่อใช้ในการงอก (Toyoshima *et al*., 2004) สารอาหารหลักในข้าวกล้องงอกคือ กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก ใยอาหาร อินโนซิทอล กรดเฟอร์รูลิก กรดไฟติก โทโคไตรอีนอล แมกนีเซียม โพแทสเซียม สังกะสี แกมมา โอรีซานอล และสารยับยั้งเอนไซม์โพรลีเลนโดเปปติเดส (prolylendopeptidase) (Ito and Ishikawa, 2004) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดฟีนอลิกในข้าวกล้องระหว่างกระบวน การงอกและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายได้ (soluble phenolic compound) และ สารประกอบฟีนอลิกที่ไม่ละลาย (insoluble phenolic compound) ในข้าวขัดขาว ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกด้วยโครมาโตกราฟีแบบของเหลวแรงดันสูง (HPCL) (Tian และคณะ, 2004)

ขนมจีนแป้งหมักเป็นอาหารหมักจากแป้งมีกลิ่นหมักซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัว (ปราโมทย์ และคณะ, 2534) คุณภาพของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากข้าวต่างพันธุ์จะแตกต่างกัน พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตขนมจีนควรเป็นพันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสสูง เช่น แก่นจันทร์ กข 13 กข 23 นางพญา 132 (อรอนงค์, 2547) เนื่องจากในการผลิตข้าวกล้องงอกจะต้องนำเมล็ดข้าวมาแช่น้ำ จึงมีโอกาสที่จะเกิดกลิ่นหมักขึ้น เป็นข้อจำกัดข้อหนึ่งในการนำมาใช้ การนำข้าวกล้องงอกจากข้าวพันธุ์ กข 23 มาทดลองใช้ผลิตขนมจีนจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากข้าวกล้องงอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่นิยมอาหารเพื่อสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมข้าวกล้องงอก

นำข้าวกล้องพันธุ์ กข 23 (อะไมโลส ร้อยละ 23-27.04 ต่อน้ำหนัก) มาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้นร้อยละ 0.1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 15 นาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด แล้วแช่ข้าวในน้ำด้วยอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักที่ 35±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนน้ำทุก 6 ชั่วโมง จะได้ข้าวกล้องงอก นำมาอบในตู้อบลมร้อนที่ 45 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง แล้วบรรจุในถุง LDPE ภายใต้สุญญากาศ ถุงละ 1 กิโลกรัม ปิดปากถุงให้สนิทโดยเครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป (ดัดแปลงจาก วรรณา และคณะ, 2549)

2. การผลิตขนมจีนแป้งหมัก

ล้างข้าวสารพันธุ์ กข 23 จำนวน 1 กิโลกรัมให้สะอาดจากนั้นนำข้าวมาแช่น้ำในอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำ 1 : 2 โดยน้ำหนัก ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนน้ำทุก 24 ชั่วโมง นำข้าวที่แช่น้ำไว้มาล้าง ผสมกับเกลือร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก แล้วโม่ด้วยโม่หิน ใส่น้ำแป้งในถุงผ้าดิบ ทับน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำก้อนแป้งไปนึ่งเป็นเวลา 20 นาทีให้ผิวนอกสุก แล้วนำมานวดด้วยเครื่องผสมอาหาร (Kitchen Aid K5SS) ระดับความเร็วระดับต่ำ เป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำ 250 มิลลิลิตร เพิ่มระดับความเร็วของเครื่องผสมเป็นระดับกลางเป็นเวลา 10 นาที

จากนั้นโรยเส้นลงในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส เมื่อเส้นขนมจีนสุกตักขึ้นใส่น้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ล้างแล้วจับเส้น ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำในตะกร้า (ดัดแปลงจากอรอนงค์, 2547)

3. ศึกษาปริมาณการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องที่เหมาะสมในการผลิตเส้นขนมจีนแป้งหมัก

นำข้าวเปลือกพันธุ์ กข 23 มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งสีให้เป็นข้าวกล้อง อีกส่วนสีจนได้ข้าวขาวผลิตขนมจีนโดยใช้ข้าวกล้องทดแทนข้าวขาวในปริมาณร้อยละ 25 50 75 และ 100 โดยน้ำหนัก นำเส้นขนมจีนที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้อง ดังนี้

3.1 วัดค่าสี (L, a, b) โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Cr-300, Japan)

3.2 วัดค่าความเป็นกรดด่าง (Inolab pH Level I, USA)

3.3 วัดค่าแรงดึงสูงสุด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Measuring System, รุ่น TA-XT2i, UK) โดยใช้หัววัดแรงดึงแบบเส้นก๋วยเตี๋ยว หัววัดชนิด Spaghetti / noole rig (A/SPR) ตั้งระยะห่าง 30 มิลลิเมตร อัตราความเร็วในการทดสอบ 3 มิลลิเมตร/วินาที Trigger 0.5 นิวตัน ระยะที่หัววัดเคลื่อนที่ 50 มิลลิเมตร

3.4 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ hedonic scale 5 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ผลการทดลองข้อ 3.1-3.3 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนข้อ 3.4 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อเลือกปริมาณข้าวกล้องสูงสุดที่สามารถใช้ทดแทนได้โดยพิจารณาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

4. ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพของขนมจีนที่ใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนข้าวขัดขาวบางส่วนเปรียบเทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้อง

จากปริมาณอัตราส่วนร้อยละของข้าวกล้องที่สามารถใช้ทดแทนได้ในข้อ 3 ทดลองโดยแช่ข้าวกล้องงอกทดแทนข้าวขัดขาวในปริมาณอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักที่เท่ากันกับข้าวกล้อง วิเคราะห์ตัวอย่างขนมจีนที่ได้เปรียบเทียบกับขนมจีนที่ทำจากข้าวขัดขาว ดังนี้

4.1 วัดค่าสี (L, a, b) โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta Cr-300, Japan)

4.2 วัดค่าความเป็นกรดด่าง (Inolab pH Level I, USA)

4.3 ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000)

4.4 วัดค่าแรงดึงสูงสุด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Measuring System, รุ่น TA-XT2i, UK) โดยใช้หัววัดแรงดึงแบบเส้นก๋วยเตี๋ยว หัววัดชนิด Spaghetti / noole rig (A/SPR) ตั้งระยะห่าง 30 มิลลิเมตร อัตราความเร็วในการทดสอบ 3 มิลลิเมตร/วินาที Trigger 0.5 นิวตัน ระยะที่หัววัดเคลื่อนที่ 50 มิลลิเมตร

4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Kim *et al.*, 2006)

4.6 ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (AOAC, 2000)

4.7 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

4.8 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

4.9 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

4.10 ปริมาณปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

4.11 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากผลต่าง (carbohydrate by different) ดังนี้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100 - (ความชื้น+โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+ใยอาหาร)

4.12 การทดสอบทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกับข้อ 3.4

ผลการทดลองข้อ 4.1-4.10 วิเคราะห์โดยใช้การทดสอบทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ Complete Ran-

domized Design ส่วนข้อ 4.11 ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลองสองซ้ำเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent t – test

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาปริมาณการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องที่เหมาะสมในการผลิตเส้นขนมจีนแป้งหมัก

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ การวิเคราะห์ค่าสี ด้านความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 50 75 และ 100 แสดงใน Table 1

Table 1 Color value and the tensile strength of the noodle after substitution of white rice with brown rice at 0 25 50 75 and 100% by weight

substitution level (% by weight)	color value			tensile strength (g.)
	L	a	b	
0	97.85 ±0.36^{a}	-0.15±0.04^{e}	1.81±0.33^{e}	4.58±0.06^{a}
25	97.65 ±0.55^{a}	-0.02±0.04^{d}	3.21±0.21^{d}	4.44±0.06^{b}
50	96.98 ±0.59^{b}	0.06±0.02^{c}	3.92±0.34^{c}	4.08±0.07^{c}
75	96.58±0.68^{c}	0.23±0.05^{b}	5.68±0.24^{b}	3.85±0.04^{d}
100	95.99±0.50^{d}	0.44±0.03^{a}	6.88±0.22^{a}	3.71±0.04^{e}

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

จาก Table 1 ในการวิเคราะห์ค่าสี ความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) พบว่าการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องทำให้ค่าสีที่วัดได้ในตัวอย่างขนมจีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าขนมจีนที่ใช้ข้าวขัดขาวมีค่าความสว่าง (L) มากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดข้าวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 50 75 และ 100 ตามลำดับ พบว่าค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ของตัวอย่างขนมจีนที่ทำจากข้าวกล้องทั้งหมดมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือตัวอย่างขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดข้าวด้วยขาวกล้องร้อยละ 75 50 25 และขนมจีนข้าวขัดขาว ตามลำดับ ปริมาณข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เส้นขนมจีนมีค่าสีเหลือง (b) เป็นบวกเพิ่มมากขึ้น โดยที่สีเหลืองนี้จะเป็นสีเหลืองที่ออกส้มเล็กน้อย เนื่องจากค่าสีแดง (a) เป็นบวกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียว เมล็ดข้าวจึงยังมีส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ ทำให้มีสีคล้ำ เนื่องจากรงควัตถุที่พบในส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด (อรอนงค์, 2547) การขัดขาวทำให้เนื้อเยื่อส่วนนี้รวมทั้งคัพภะหลุดออกจากเมล็ดข้าว ข้าวที่ได้จะมีสีขาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับการสีข้าว ดังนั้นการใช้ข้าวกล้องซึ่งไม่ได้ขัดสีจึงทำให้ขนมจีนมีสีเข้มขึ้น โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ ภัทรพรและสุนันทา ในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งได้ทดลองผลิตขนมจีนแป้งหมักจากข้าวกล้อง โดยใช้ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวตาแห้งและหอมมะลิ พบว่าขนมจีนที่ใช้ปริมาณข้าวกล้องเพิ่มขึ้นจะมีค่าสีเหลืองมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อชั้นนอกที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวจะมีรงควัตถุปนอยู่

จากการศึกษาค่าแรงดึงสูงสุด (tensile strength) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเหนียวของผลิตภัณฑ์พบว่าการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องในปริมาณมากขึ้นทำให้ค่าแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มลดลง โดยทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมจีนจากข้าวขัดขาวมีค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงสุด รองลงมาคือขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดข้าวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 50 75 และ 100 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวกล้องมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงกว่าในข้าวขาว (Ito and Ishikawa, 2004) เพราะข้าวกล้องไม่ผ่านกระบวนการขัดสี จึงยังมีส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหรือรำติดอยู่ ซึ่งส่วนนี้มีเส้นใยอาหารสูง (อรอนงค์, 2547) เส้นใยนี้มีหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างมาก ทำให้ดูดซับน้ำได้ดี (นิธิยา, 2545) ปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เส้นขนมจีนนิ่มขึ้นและมีความเหนียว

น้อยลง เมื่อเพิ่มอัตราการทดแทนมากขึ้น เส้นขนมจีนที่ได้จึงมีความเหนียวน้อยลงและขาดง่ายขึ้น ทำให้ระดับคะแนนความชอบจากกลุ่มผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจาก Table 2 ลดน้อยลง สอดคล้องกับการทดลองของภัทรพรและสุนันทาในปี พ.ศ. 2549 ที่พบว่าการทดแทนปริมาณข้าวกล้องในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เส้นขนมจีนมีความเหนียวลดลง

Table 2 Sensory evaluation score of the noodle after substitution of white rice with brown rice at 0 25 50 75 and 100% by weight

substitution level (% by weight)	appearance	color	odor	Texture	overall liking
0	4.00±0.63[a]	3.91±0.74[a]	3.92 ±0.49[a]	4.03±0.47[a]	4.01±0.37 [a]
25	3.86±0.45[a]	3.68±0.53[a]	3.98 ±0.42[a]	3.99±0.43[a]	4.01±0.41[a]
50	4.05±0.59[a]	3.48±0.55[b]	3.86±0.61[a]	4.07±0.53[a]	4.02±0.82[a]
75	3.43±0.64[b]	2.74±0.60[c]	3.31±0.84[b]	3.54±0.42[b]	3.43±0.66[b]
100	2.72±0.41[c]	2.20±0.54[d]	2.84±0.61[c]	2.86±0.42[c]	2.62±0.48[c]

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

จาก Table 2 ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการทดแทนข้าวกล้องเพิ่มขึ้น โดยคะแนนของตัวอย่างจากข้าวขัดข้าวและตัวอย่างที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณการทดแทนมากขึ้น จะทำให้เส้นขนมจีนขาดง่ายขึ้น เส้นมีลักษณะสั้นและแฉะ ทำให้คะแนนความชอบลดลง

ด้านความชอบสี พบว่าการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องมีผลทำให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการทดแทนที่เพิ่มขึ้น โดยคะแนนของตัวอย่างจากข้าวขัดขาวและตัวอย่างที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองตัวอย่างแตกต่างจากขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 50 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากตัวอย่างขนมจีนที่ได้มีสีเข้มขึ้นตามปริมาณการทดแทน โดยพบว่าขนมจีนมีสีเข้มขึ้นสีขาวนวลเป็นสีขาวอมเหลืองอมส้มเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี ที่มีความสว่างลดลงและค่า b ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนด้วยข้าวกล้องเพิ่มขึ้น ดังใน Table 1 และพบว่าการให้คะแนนความชอบสี ผู้ทำการทดสอบชอบขนมจีนที่มีสีขาวมากกว่า โดยสอดคล้องกับรายงานของรักชนกในปี พ.ศ. 2545 ที่พบว่าพบว่าผู้บริโภคร้อยละ 77 ชอบสีของขนมจีนสีขาว รองลงมาคือสีขาวออกเหลืองหรือสีครีม ตามลำดับ

ด้านความชอบกลิ่น พบว่าการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องมีผลทำให้คะแนนความชอบกลิ่น โดยคะแนนความชอบของตัวอย่างจากข้าวขัดข้าวและตัวอย่างที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 และ 50 แตกต่างจากตัวอย่างที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าขนมจีนจากข้าวขัดขาวและขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 25 และ 50 ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าปริมาณที่ทดแทนสูงกว่าร้อยละ 50 จะทำให้ได้คะแนนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องมีปริมาณไขมันและโปรตีนมากกว่าในข้าวขัดขาว (Juliano, 1985) เมื่อผ่านกระบวนการหมัก สารเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะตัว และทำให้คะแนนการยอมรับลดลง

ด้านความชอบเนื้อสัมผัส พบว่าการทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้อง ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของขนมจีนมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยตัวอย่างจากข้าวขัดขาวได้คะแนน

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ไม่ต่างจากตัวอย่างที่ทดแทนในปริมาณร้อยละ 25 และ 50 แต่จะต่างจากตัวอย่างที่ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 และ 100 โดยขนมจีนจากข้าวขัดขาวและขนมจีนที่ทดแทนในปริมาณร้อยละ 25 และ 50 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีนที่เหนียว ไม่ขาดง่าย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนเป็นร้อยละ 75 และ 100 เส้นขนมจีนจะขาดง่ายขึ้น ผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกับผลการทดลองวัดค่าแรงดึงสูงสุดใน Table 1 ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลเช่นเดียวกันดังที่ได้อธิบายมาแล้ว

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าการใช้ข้าวกล้องทดแทนข้าวขัดขาวมีผลทำให้คะแนนความชอบที่ได้มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมจีนที่ทำจากข้าวขัดขาวได้คะแนนไม่ต่างจากตัวอย่างที่ทดแทนในปริมาณร้อยละ 25 และ 50 แต่แตกต่างจากขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องร้อยละ 75 และ 100 ทั้งนี้เนื่องจากขนมจีนมีลักษณะปรากฏที่ดี มีความเหนียวนุ่ม ไม่ขาดง่าย ส่วนขนมจีนจากตัวอย่างที่ทดแทนในปริมาณร้อยละ 75 และ 100 จะมีลักษณะยืดหยุ่นน้อย ขาดง่าย

จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อพิจารณาคะแนนการความชอบด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของขนมจีน พบว่าการทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกในปริมาณร้อยละ 50 ทำให้ตัวอย่างได้คะแนนไม่ต่างจากขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอก แม้ว่าจะมีค่าสีและค่าแรงดึงสูงสุดแตกต่างกัน (Table 1) แต่ผู้ทดสอบยังสามารถยอมรับได้ ดังนั้นจะเลือกปริมาณการทดแทนร้อยละ 50 ในการทดลองต่อไป

2. ศึกษาองค์ประกอบและคุณภาพของขนมจีนข้าวขัดข้าวที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกบางส่วนเปรียบเทียบกับขนมจีนที่ไม่ทดแทน

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพด้านค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) และค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องงอกในปริมาณร้อยละ 50 เปรียบเทียบกับเส้นขนมจีนจากข้าวขัดขาว แสดงใน Table 3

Table 3 color value and the tensile strength of the noodle after substitution of white rice with germinated brown rice at 50% by weight

substitution level (% by weight)	color value			tensile strength (g)
	L	A	b	
0	97.56 ± 0.76^{a}	0.02 ± 0.20^{a}	1.51 ± 0.54^{a}	4.68 ± 0.64^{a}
50	93.62 ± 0.42^{b}	0.13 ± 0.05^{b}	3.30 ± 0.45^{b}	3.87 ± 0.73^{b}

mean value followed by different superscript in the same column differs significantly by Independent t- test ($p \leq 0.05$)

จาก Table 3 การวิเคราะห์ค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) ของขนมจีนทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าตัวอย่างขนมจีนจากข้าวขัดขาวมีค่าความสว่าง (L) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (a) และมีค่าสีเหลือง (b) น้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างมีสีคล้ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลจากระดับการขัดสีเยื่อหุ้มเมล็ดออกที่แตกต่างกันดังได้กล่าวมาแล้ว

ส่วนด้านค่าแรงดึงสูงสุด พบว่าขนมจีนที่ใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนมีค่าแรงดึงสูงสุดน้อยกว่าขนมจีนข้าวขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องงอกมีปริมาณใยอาหารสูงกว่าข้าวขัดขาว เมื่อนำมาใช้ทดแทน จึงทำให้เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ได้มีความเหนียวน้อยลงด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้น ปริมาณโปรตีนของข้าวกล้องงอกที่สูงกว่าข้าวขัดขาว (อรอนงค์, 2547) ก็มีผลทำให้ความเหนียวของเส้นขนมจีนลดลง มีรายงานว่าปริมาณโปรตีนจะเกี่ยวข้องกับความเหนียวของข้าว เนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนจะขัดขวางการพองตัวของสตาร์ท ทำให้ความหนืดต่ำ ความเหนียว และความยืดหยุ่นลดลง (Chrastil,1990)

Table 4 Proximal analysis of white rice noodles and 50% germinated brown rice substitution noodle

composition	white rice noodle	50% germinated brown rice substitution noodle
moisture content (%)	78.80±0.33[b]	79.38±0.16[a]
ash (%)	0.22±0.05[b]	0.32±0.03[a]
fat (%)	0.48±0.03[a]	0.41±0.02[b]
protein (%)	3.08±0.07[b]	3.40±0.08[a]
carbohydrate (%)	17.42±0.49[a]	16.49±0.34[b]
fiber (%)	0.01±0.00[b]	0.19±0.00[a]
phenolic compound (mg/100g)	28.69±0.05[b]	48.79±0.09[a]
gamma-aminobutyric acid (mg/100g)	ND	ND

mean value followed by different superscript in the same row differs significantly by Independent t- test ($p \leq 0.05$)

ND = not detected

จาก Table 4 พบว่าขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน เส้นใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิก มากกว่าขนมจีนข้าวขัดขาว แต่ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พบว่าขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีปริมาณความชื้นมากกว่าขนมจีนข้าวขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณใยอาหารในข้าวกล้องงอกที่มีมากกว่าในข้าวขัดขาวทำให้สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าดังได้กล่าวมาแล้ว และพบว่าขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีปริมาณเถ้า โปรตีน และใยอาหารมากกว่าขนมจีนข้าวขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่อง กล่าวคือ พบว่า ใยอาหารในข้าวกล้องงอกมีปริมาณเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าของข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสี (วิไลภรณ์ ,2549) Ito and Ishikawa ในปี ค.ศ. 2004 พบว่าปริมาณใยอาหารในข้าวกล้องงอกสูงข้าวขัดขาว 4 เท่า พบว่าข้าวกล้องงอกมีใยอาหารมากกว่าข้าวกล้อง และมีไลซีนมากกว่าประมาณ 3 เท่า(Kayahara and Tsukahara, 2000) กัญญารัตน์และคณะในปี พ.ศ.2552 พบว่าการเพาะงอกทำให้ข้าวกล้องงอกมีปริมาณใยอาหาร กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก และกรดอะมิโนบิวทิกริก เพิ่มสูงขึ้น

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในขนมจีนที่ทดแทนข้าวขัดขาวด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 จะสูงกว่าขนมจีนจากข้าวขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในรำข้าวจะพบสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่ และระหว่างกระบวนการงอกปริมาณของกรดฟีนอลิกอิสระจะเพิ่มขึ้น (Tian *et al.*, 2004) ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก อินโนซิทอล กรดเฟอร์รูลิก กรดไฟติก โทโคไตรอีนอล แมกนีเซียม โพแทสเซียม สังกะสี แกมมา โอรีซานอล และสารยับยั้งเอนไซม์โพรลีเลนโดเปปติเดส (prolylendopeptidase) จะเพิ่มขึ้นด้วย (Ito and Ishikawa, 2004) แต่ขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าขนมจีนจากข้าวขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างกระบวนการเพาะงอกเกิดการสลายตัวของไขมันและคาร์โบไฮเดรต (Kuo, 2004)

อย่างไรก็ตามจากการทดลอง พบว่าขนมจีนทั้งสองตัวอย่างตรวจไม่พบกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (วรรณาและคณะ, 2549) ได้รายงานผลการศึกษาสภาวะการงอกต่อปริมาณกรดอะมิโนบิวทิริกในข้าวกล้องงอกพันธุ์ ชัยนาท 1 พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ กข 23 ว่าข้าวกล้องงอกทั้งสามสายพันธุ์ตรวจไม่พบปริมาณกรดแกมม่าอะมิโนบิวทิริก นอกจากนั้นในการทดลองนี้กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริกอาจสูญเสียไปในระหว่างการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตขนมจีน ทำให้กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริกสลายไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของกัญญารัตน์และ

คณะ ในปี พ.ศ. 2552 ที่พบว่าปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริกจะลดลงเมื่อนึ่งเส้นหมี่ข้าวกล้องงอกด้วยไอน้ำที่ความดัน 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

Table 5 Sensory evaluation score of white rice noodles and 50% germinated brown rice substitution noodle

Sample	appearance	color	odor	Texture	overall liking
white rice noodle	3.81±0.40[a]	3.98±0.45[a]	3.83±0.32[a]	4.01±0.43[a]	4.27±0.41[a]
50% germinated brown rice substitution noodle	3.67±0.40[a]	3.49±0.41[b]	3.70±0.30[a]	3.20±0.30[b]	3.59±0.40[b]

mean value followed by different superscript in the same column differs significantly by independent t-test ($p \leq 0.05$)

จาก Table 5 พบว่าผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของตัวอย่างขนมจีนจากข้าวขัดขาวและขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับไม่แตกต่างกัน ขนมจีนทั้งสองตัวอย่าง มีลักษณะปรากฏที่ดี คือมีขนาดเส้นสม่ำเสมอ เส้นไม่เกาะติดกัน ไม่แฉะ

ด้านความชอบสี ผู้ทดสอบให้คะแนนขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีสีเข้มกว่า สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสี ใน Table 3 ผลคะแนนด้านความชอบแสดงให้เห็นว่า สีของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ และสอดคล้องกับรายงานของรักชนกในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งพบว่าผู้บริโภคร้อยละ 77 ชอบขนมจีนที่มีสีขาว รองลงมาคือสีขาวออกเหลืองหรือสีครีม

ด้านความชอบกลิ่น ตัวอย่างขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องและขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขนมจีนทั้งสองสูตรมีกลิ่นหมักตามธรรมชาติของขนมจีน

ด้านความชอบเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมีความเหนียวนุ่ม ไม่ขาดง่าย ในขณะที่เนื้อสัมผัสของขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีความยืดหยุ่นน้อยกว่า เส้นขาดง่าย และมีลักษณะแฉะ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าแรงดึงสูงสุด ใน Table 3 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณใยอาหารและโปรตีนที่สูงกว่าดังได้กล่าวมาแล้ว

ด้านความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมีลักษณะปรากฏที่ดี มีสีขาว มีความสม่ำเสมอของเส้น เส้นไม่เกาะติดกัน มีความเหนียวนุ่ม ไม่ขาดง่าย ส่วนขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีสีเข้มกว่า มีความเหนียวน้อยกว่า เส้นขนมจีนจะขาดง่ายกว่า ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบโดยรวมน้อยกว่า

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้กล่าวมา พบว่าเมื่อใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนสำหรับการผลิตเส้นขนมจีนในปริมาณร้อยละ 50 จะได้ลักษณะของขนมจีนมีความเหนียวนุ่มกว่า ไม่ขาดง่ายกว่า และให้ลักษณะปรากฏที่ดีกว่าขนมจีนที่มีการทดแทนมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป และเนื้อสัมผัสที่ได้นั้นใกล้เคียงกับขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องมากกว่าขนมจีนที่ทดแทนร้อยละ 50 ขึ้นไป และเมื่อนำมาผลิตก็จะได้ขนมจีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

สรุปผลการทดลอง

การทดแทนข้าวขาวด้วยข้าวกล้องในการผลิตขนมจีนแป้งหมักในปริมาณร้อยละ 25 50 75 และ 100 พบว่า การทดแทนด้วยข้าวกล้องมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของเส้นขนมจีนที่ได้ กล่าวคือ เมื่อปริมาณข้าวกล้องเพิ่มขึ้น เส้นขนมจีนมีสีเข้มขึ้น โดยมีค่าความสว่าง (L) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าแรงดึงสูงสุดลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นขนมจีนมีความเหนียวลดลง สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยพบว่าเมื่ออัตราการทดแทนด้วยข้าวกล้องเพิ่มขึ้นระดับคะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจะลดลงเมื่อเทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้อง โดยพบว่าขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องร้อยละ 50 มีระดับคะแนนความชอบไม่ต่างจากขนมจีนสูตรปกติที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้อง จึงนำตัวอย่างดังกล่าวไปใช้ในการทดลองต่อไป

การใช้ข้าวกล้องงอกทดแทนร้อยละ 50 ในการผลิตขนมจีน พบว่ามีสีคล้ำมากกว่า มีค่าความสว่าง (L) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (a) และมีค่าสีเหลือง (b) น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอก ส่วนค่าแรงดึงสูงสุดมีค่าน้อยกว่าขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอก และเมื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี พบว่าขนมจีนที่ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 มีปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน เส้นใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่า แต่ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมจีนที่ทดแทนข้าวกล้องงอกร้อยละ 50 ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยกว่าขนมจีนที่ไม่ได้ทดแทนด้วยข้าวกล้องงอก

เอกสารอ้างอิง

กัญญารัตน์ รี้พลกุล, นุชจิรา ทวีดีตระกูล และศิริชัย ส่งเสริมพงษ์. 2552. กรรมวิธีการผลิตเส้นหมี่สดจากแป้งข้าวกล้องเริ่มงอก. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยา บุญมี. 2532. จุลินทรีย์ในการผลิตขนมจีนแป้งหมัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

ภัทรพร กระดังงา, สุนันทา ชัยวงศ์. 2549. การผลิตเส้นขนมจีนข้าวกล้อง. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รักชนก จัดวงษ์. 2545. การพัฒนาแป้งขนมจีนหมักสำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณา ตั้งเจริญชัย, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์, อุมา แสงคร้าม, วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย และ ทนาวุฒิ ปริญญาพัฒนบุตร. 2549. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวกล้องงอกด้วยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน: สภาวะการทำให้ข้าวกล้องงอกกับการเปลี่ยนแปลงของโภชนสาร โครงการความร่วมมือไทย-เกาหลี (NRCT-KOSEE). สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 56 หน้า.

วิไลภรณ์ ตระกูลพิบูลชัย. 2549. ผลของระยะเวลาในการงอกต่อสารชีวกิจกรรมบางชนิดและคุณภาพของข้าวกล้องหอมมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปราโมทย์ ศิริโรจน์, อรอนงค์ นัยวิกุล, พัชรี โสธนาสมบูรณ์, สุภรัตน์ ชวนะ, ลาวัณย์ ไกรเดช, พรเทพ พัฒนานุรักษ์, มาลี สุวรรณอัตถ์ และผู้ผลิตจากนิคมอุตสาหกรรมขนมจีนฉะเชิงเทรา. 2534. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์และความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและกรดในกระบวนการหมักขนมจีน. ในรายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

พัชรี โสธนาสมบูรณ์, อรอนงค์ นัยวิกุล, สุภรัตน์ ชวนะ, ปราโมทย์ ศิริโรจน์, สุภรัตน์ ชวนะ, มาลี สุวรรณอัตถ์. 2534. คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของข้าวหักที่ใช้ในการทำขนมจีน, รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29. หน้า 357-364. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของข้าว. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

AOAC. 2000. Official method of analysis of association of official analytical chemists. 17th ed, Maryland : Gaithersburg.

Chrastil, J. 1990. Chemical and physiochemical changes of rice during storage at different temperatures. J. Cereal Sci. 11: 71-85

Juliano, B. O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. 2nd ed. The America Association Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

Ito, S. and Y. Ishikawa. 2004. Marketing of value-added rice products in japan: germinated brown rice and rice bread. FAO International Rice Year 2004 , Symposium Rome, Italy.

Kayahara, H.,and K. Tsukahara. 2000. Flavor, Halth and Nutritional Quality of Pre-sprouted Brown Rice. International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, December 2000.

Kim, K., R. Tsao, R. Yang and S.W. Cui. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. Food Chemistry. 95, 466-473.

Kuo,Y.H. P. Rozan, F. Lambein, J. Frias and C. Vidal-Valverde. 2004. "Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes." Food Chemistry. 86 :537-545

Naivikul, O. 1988. Diversification of rice utilization in Thailand. Extension Bulletin No. 274. P.O. Box 22-149, Taipei City, Taiwan, Republic of China.

Tian, S., K. Nakamura, T. Cui and H. Kayahara. 2004. Analysis of Phenolic Compounds in White Rice, Brown Rice and Germinated Brown Rice. J. of Agriculture and Food Chemistry. 52 : 4808- 4813.

Toyoshima, H., K. Ohtsubo, H. Okadome, K. Tsukahara, N. Komatsuzaki and T. Kohno. 2004. Germinated brown rice with good safety and cooking property, process for producing the same and processed food there from. U.S. patent no. 6685979. February 2004.