ผลของการอบแห้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสม

Effect of drying on physicochemical properties of noodles made from Parboiled Hom-Nin brown rice flour with mixed rice flour

สุนัน ปานสาคร[1*], จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1], อารียา ไชยพล[1] และ อภิสิทธิ์ สุขประสาร[1]

Sunan Parnsakhorn[1*], Jaturoung Lungapin[1], Areeya Chaiyaphol[1] and Apisit Sookpasan[1]

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ทั้งนี้แป้งข้าวผลิตจากข้าวกล้องหอมนิลนึ่งมีขั้นตอนการเตรียมโดยนำข้าวกล้องหอมนิลแช่น้ำอุณหภูมิ 40±2°ซ เป็นเวลา 4 ชม. ให้ความร้อน 100°ซ 15 นาที และอบแห้งด้วยลมร้อน ก่อนจะนำไปผลิตแป้งด้วยเทคนิคการโม่เปียกและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้นำไปผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสดและทำการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°ซ โดยมีค่าความชื้นเริ่มต้นอยู่ในช่วง 60-63 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และอบแห้งจนกระทั่งความชื้นสุดท้าย 12-13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งพบว่าอัตราการลดลงของความชื้นในช่วงเวลาอบแห้งมีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นกับเวลาอบแห้ง และที่อุณหภูมิการอบแห้งสูง (70°ซ) ให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด 2.307 กก./ชม. และลดลงเท่ากับ 0.965 กก./ชม. และ 1.399 กก./ชม. ที่อุณหภูมิ 50 และ 60°ซ ตามลำดับ เมื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่าปริมาณสารแอนโธไซยานินจากข้าวกล้องหอมนิล (9.51 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง (0.02 - 0.04 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) อย่างไรก็ตามยังคงมีปริมาณสูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากข้าวผ่านการขัดสี และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลงหลังจากการอบแห้ง ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าสูงขึ้น หลังการอบแห้งความชื้นสุดท้ายของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีค่าประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมในการเก็บรักษา เมื่อทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้ค่าระหว่าง 1.8×10^2 ถึง 6.8×10^2 โคโลนี/กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารแห้งปลอดภัยสำหรับการบริโภค และเมื่อทดสอบค่าแรงดึงพบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสมมีความเหนียวนุ่มโดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิ 50°ซ

คำสำคัญ: ข้าวหอมนิล, ก๋วยเตี๋ยว, แป้ง, ข้าวนึ่ง, แอนโธไซยานิน

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi: Thanyaburi Pathumthani 12110

* Corresponding author: sunan.p@en.rmutt.ac.th.com

ABSTRACT: This research is aimed at studying the effect of noodle drying from parboiled Hom-Nin brown rice flour with mixed rice flour to change of physicochemical properties. Parboiled Hom-Nin brown rice flour was produced by soaking Hom-Nin brown rice at 40±2°C for 4 hr, steaming at 100°C for 15 min and drying. After that, the flour is produced by wet milling and freeze drying. Flour products were used to produce fresh noodles and dried noodles at temperatures of 50, 60 and 70°C. The initial moisture content was 60-63%wb and dried until final moisture content was 12-13%wb. It was found that the decrease of moisture in drying time was not linear correlated with drying time. At high drying temperatures (70°C), the maximum drying rate was 2.307 kg/hr and decreased to 0.965 kg/hr and 1.399 kg/hr at 50 and 60°C, respectively. The testing physical and chemical changes, it was found that anthocyanins content from Hom-Nin brown rice (9.51 mg/g dry weight) tendency decreases after drying period (0.02-0.04 mg/g dry weight). However, it is still higher than rice noodles from rice milled. Corresponding to the change in color values, lightness value (L^*) redness value (a^*) decreased as the drying temperature increased while the yellowness value (b^*) is higher. After drying, the final moisture content of the noodles was about 13%wb. And water activity value was lower than 0.6 which is at a reasonable level of storage. When testing the total microbial value, the values between 1.8×10^2- 6.8×10^2 CFU/g are safe for consumption. Including, testing the tensile strength, it was found that noodles produced from parboiled Hom-Nin brown rice flour with mixed rice flour have a soft sticky especially noodles are dried at 50°C.

Keywords: Hom-Nin Rice, Noodle, Flour, Parboiled rice, Anthocyanin

บทนำ

ก๋วยเตี๋ยวนับเป็นอาหารที่ผู้บริโภคนิยมบริโภครองลงมาจากข้าวเนื่องจากให้พลังงานและราคาถูก ก๋วยเตี๋ยวที่มีการผลิตในท้องตลาดมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นหมี่ เป็นต้น แต่เดิมเส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากข้าวในกลุ่มที่มีอะไมโลสสูง (ถาวร, 2556) โดยเน้นการใช้ข้าวหักหรือที่เรียกว่าปลายข้าวเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวที่เหลือจากกระบวนการขัดขาว ทั้งนี้ข้าวที่ผ่านการขัดขาวเอาส่วนของรำข้าวออกจนหมดเมื่อนำมาแปรรูปเป็นก๋วยเตี๋ยวจึงได้เส้นก๋วยเตี๋ยวสีขาว น่ารับประทาน แต่กับไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหลงเหลืออยู่นอกจากคาร์โบไฮเดรต ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมาให้ความสำคัญกับเรื่องสุขภาพมากขึ้นสังเกตได้จากแนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นของการบริโภคอาหารคลีน ถึงแม้จะมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งข้าวที่ไม่ผ่านการขัดสีเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นำมาใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวสำหรับบริโภคเพื่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การใช้ข้าวพันธุ์สังข์หยด และข้าวพันธุ์ไรซ์เบอรี่ มาผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก (ราณี และปกรณ์, 2556) ข้าวหอมนิลที่นำมาผลิตเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ (อริสรา, 2553) และการนำข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น (ถาวร, 2556; Chung et al., 2012; Sirichokworrakita et al., 2015) ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานในส่วนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กโดยใช้วัตถุดิบ คือ ข้าวหอมนิลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการนึ่งก่อนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากพบว่าก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กเป็นที่นิยมของผู้บริโภครวมถึงเป็นที่ทราบกันดีถึงคุณประโยชน์ของข้าวหอมนิล

ข้าวหอมนิลมีลักษณะเมล็ดใส เรียวยาว มีสีม่วงเข้ม หรือสีดำธรรมชาติ รสชาติหวาน เนื้อเหนียวนุ่ม เป็นข้าวที่นิยมบริโภคในกลุ่มผู้รักสุขภาพ เนื่องจากเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีโปรตีนมากกว่าข้าวหอมมะลิ 105 ถึง 2 เท่า และยังประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม โพแทสเซียม มีสารแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) สารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคมะเร็ง สามารถช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ บรรเทาโรคเบาหวาน ช่วยบำรุงสายตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการมองเวลามองตอนกลางคืน (Lazze et al., 2004) ข้าวหอมนิลสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายประเภทโดยเฉพาะเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวสดความชื้นประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้งความชื้นประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตามความชื้นที่ลดลง ดังนั้นจากที่กล่าวมาพบว่าด้วย

อายุการเก็บรักษาที่สั้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวสดและเส้นก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้งประกอบกับการเล็งเห็นถึงประโยชน์ของข้าวหอมนิล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นแห้งจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง แม้ว่าเทคโนโลยีการอบแห้งไม่สลับซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการอบแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสม เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีคุณภาพ และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษารวมถึงได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคกลุ่มที่รักสุขภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

เตรียมตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

จัดซื้อข้าวกล้องหอมนิลที่มีคุณภาพดีไม่มีมอดแมลง นำมาตรวจสอบสมบัติทั้งกายภาพและเคมีเบื้องต้น และนำมาผลิตข้าวกล้องหอมนิลนึ่งโดยการแช่ในน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40±2°ซ เป็นเวลา 4 ชม. จากนั้นให้ความร้อนด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 15 นาที ตามด้วยการลดความชื้นด้วยการอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40°ซ จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลนึ่งอยู่ที่ 11-13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก (Parnsakhorn and Langkapin, 2013) และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องหอมนิลหลังผ่านกระบวนการนึ่ง

การเตรียมตัวอย่างแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

จากขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้ตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง ขั้นตอนต่อไปคือ การนำตัวอย่างดังกล่าวมาผลิตแป้งด้วยเทคนิคโม่เปียกโดยการแช่ตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลนึ่งในน้ำด้วยอัตราส่วนข้าว 1 ส่วนในน้ำ 3 ส่วน อุณหภูมิ 40±2°ซ เป็นเวลา 15 ชม. จากนั้นนำมาโม่ด้วยเครื่องโม่ไฟฟ้าจะได้เป็นน้ำแป้ง แล้วนำไปเทใส่ถาดก่อนที่จะแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -40°ซ เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นนำออกมาจากตู้แช่แข็งและใส่ในเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ยี่ห้อ Scanvac รุ่น coolsafe 110, เดนมาร์ก) ด้วยระยะเวลาประมาณ 45 ชม. จนกระทั่งได้แผ่นแป้งและนำมาบดด้วยครกหินจนละเอียดก่อนร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 180 ไมโครเมตร จนได้เป็นแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง พร้อมทั้งบรรจุใส่ถุงรอการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสดจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด โดยนำแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งมาผสมกับแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันในอัตราส่วนร้อยละ 20:55:25 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความเหนียวทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวไม่ขาดง่าย จากนั้นเติมน้ำสะอาดในอัตราส่วนแป้งที่ผสมแล้ว 1 ส่วน/น้ำ 1.25 ส่วน คนให้เข้ากัน นำน้ำแป้งเทลงในถาดที่ได้เตรียมไว้แล้วให้ความร้อนโดยการนึ่งในหม้อต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่อุณหภูมิ 100°ซ เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นตัดเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยมีดตามขนาดความยาวที่ต้องการจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด นำไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี

การอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยว

จากขั้นตอนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสดด้วยแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งผสมและผ่านการตัดเส้นให้มีขนาดกว้าง 3 มม. ยาว 150 มม. หนา 1 มม. นำมาอบแห้งเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการลดลงของความชื้น โดยการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบความชื้นเริ่มต้น และนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาด (ยี่ห้อ Binder รุ่น FD53, เยอรมนี) โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสดชั่งน้ำหนักเริ่มต้นพร้อมทั้งวางบนตะแกรงทำจากสแตนเลสขนาดกว้าง 20 ซม. ยาว 30 ซม. นำเข้าตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 3 ระดับ ได้แก่ 50°ซ 60°ซ และ 70°ซ ตามลำดับ ความเร็วลม 4.5 เมตร/วินาที ระหว่างการอบแห้งทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยวกับเวลาในช่วงแรกทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชม. หลังจาก

นั้นเก็บข้อมูลทุก 20 นาที จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี คำนวณหาค่าความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกดังสมการที่ (1) จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นเส้นก๋วยเตี๋ยว ดังสมการที่ (2) และอัตราการอบแห้ง ดังสมการที่ (3)

$$MC = (W_i - W_f)/W_i \quad (1)$$

$$\text{Moisture ratio (MR)} = (M_t - M_{eq})/(M_i - M_{eq}) \quad (2)$$

$$\text{Drying rate} = (M_i - M_f)(W_d)/t \quad (3)$$

โดยที่ MC ความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก W_i คือ มวลเริ่มต้นของวัสดุ (กก.) W_f คือ มวลสุดท้ายของวัสดุ (กก.) MR คือ อัตราส่วนความชื้น M_i คือ ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ ของวัสดุ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) M_{eq} คือ ความชื้นสมดุลของวัสดุ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) M_f คือ ความชื้นสุดท้ายของวัสดุ (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) W_d คือ มวลของวัสดุแห้ง (กก.) และ t คือ ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชม.)

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์

• ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

การทดสอบหาค่าความชื้นโดยชั่งน้ำหนักข้าวหอมนิลจำนวน 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105°ซ เป็นเวลา 16 ชม. อ้างอิงวิธีการทดสอบจากมาตรฐาน AOAC (1990) หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (ยี่ห้อ Aqualab รุ่น 3 TE, สหรัฐอเมริกา) และในส่วนการทดสอบด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอ้างอิงวิธีการทดสอบจาก Maturin and Peeler (1998)

• ค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ ColorFlex EZ รุ่น CFEZ0410, ญี่ปุ่น) รายงานผลในรูปของ *L**, *a**, *b** ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่าเป็นการแสดงการวัดค่าสีโดยที่ค่า *L** คือ ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 และมีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0 ค่า *a** คือ ค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นลบและมีค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวก และค่า *b** คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ ซึ่งวัดค่าสี เครื่องวัดสีถูกปรับเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วยแผ่นมาตรฐานค่า *L**,*a** และ *b** เท่ากับ 98.11, -0.11 and -0.08 ตามลำดับ

• การทดสอบเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยแรงดึง

การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) โดยการนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีความกว้าง 3 มม. ยาว 150 มม. หนา 1 มม. และเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดแห้งตามท้องตลาดนำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำไปแช่ในน้ำเย็น เป็นเวลา 3 นาที ก่อนที่จะนำขึ้นมาผึ่งประมาณ 30 วินาที แล้วนำไปทดสอบแรงดึงโดยการนำไปพันกับหัววัด Spaghetti tensile grips, A/SPR ที่มีระยะห่างระหว่างหัววัดทั้งสองที่ 10 ซม. ทำการทดสอบการดึงที่ความเร็ว 50 มม./นาที บันทึกผลที่ได้ด้วยค่าแรงดึงสูงสุดที่วัดได้ (Maximum Load) พร้อมทั้งทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับเส้นสดและรายงานผลการทดสอบต่อไป

• การทดสอบปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin Content) (นิศากร, 2548 และ Ranganna, 1977) โดยเตรียมตัวอย่างผงข้าวหอมนิลจำนวน 1 กรัม ด้วยการร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 125 ไมโครเมตร ใส่ลงในสารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริก (เอทธานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 85 มล./กรดไฮโดรคลอริก 1.5 นอร์มอล 15 มล.) ปริมาตร 25 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาด้วยแผ่นอลูมินัมฟอยล์แล้วนำไป เก็บที่อุณหภูมิ 4°ซ นาน 24 ชม. จากนั้นนำออกมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริกให้มีปริมาตร 25 มล. แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเอทาโนลิกไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับศูนย์ (blank) คำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดจากสมการที่ (4) และ (5) ดังนี้

Total absorbance = $(OD_{535} \times V \times 100)/W$ (4)

Total anthocyanin content (มก./g) = Total absorbance /98.2 (5)

โดยที่ V คือ ปริมาตรสารละลายที่นำมาหาปริมาณแอนโธไซยานิน (มล.), W คือ น้ำหนักข้าวหอมนิลที่นำมาหาปริมาณแอนโธไซยานิน (กรัม), OD_{535} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล : ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

วัตถุประสงค์การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้งจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งผสมเป็นการศึกษาเพื่อต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น มีสมบัติทางกายภาพที่ดี และมีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการปรับปรุงสมบัติแป้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวขึ้น ดังนั้นจากการทดสอบในแต่ละขั้นตอนสามารถแสดงผลได้ดังนี้

Table 1 The physicochemical properties of Hom-Nin Brown Rice (BR), Parboiled Hom-Nin Brown Rice (PBR) and Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour (PBR-F)

Treatments	Color value			Moisture Content	Water activity	Anthocyanin
	*L**	*a**	*b**	(%wb)	a_w	(mg/g dry weight)
BR	24.19±0.06^b	3.95±0.02^b	4.03±0.03^b	9.01±0.18^a	0.46±0.01^a	9.51±0.02^a
PBR	16.01±0.02^c	3.22±0.04^c	1.57±0.03^c	8.29±0.86^a	0.47±0.01^a	1.12±0.03^b
PBR-F	65.73±0.03^a	5.47±0.01^a	6.15±0.01^a	5.58±0.35^b	0.03±0.01^b	0.36±0.01^c

Remark: Different superscript letters in a column indicate significant difference (P≤0.05).

Data expressed as mean±SD of triplicate determinations.

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวหอมนิล ข้าวหอมนิลนึ่งและแป้งข้าวหอมนิลนึ่ง

จาก **Table 1** ทดสอบหาปริมาณแอนโธไซยานินจากข้าวกล้องหอมนิล (BR) มีค่า 9.51 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อนำข้าวกล้องหอมนิลมาผลิตข้าวนึ่ง (PBR) โดยผ่านขั้นตอนการแช่น้ำ การนึ่งและการอบแห้งพบว่า กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้แอนโธไซยานินในข้าวกล้องหอมนิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) กว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (1.12 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ทั้งนี้เนื่องจากสารแอนโธไซยานินมีสมบัติละลายได้ดีในน้ำและสลายตัวได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับความร้อน (ยุพกนิษฐ์ และคณะ, 2555; และ Nguyen, 2014) และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อนำข้าวกล้องหอมนิลนึ่งมาผลิตเป็นแป้ง (PBR-F) ด้วยการโม่เปียก (0.36 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ทั้งนี้ด้วยขั้นตอนการโม่เปียกที่ต้องมีการแช่น้ำก่อนทำการโม่จึงอาจเป็นสาเหตุของการลดลงดังกล่าว ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีพบว่าข้าวกล้องหอมนิล (BR) ให้ค่า *L**, *a** และ *b** เท่ากับ 24.19, 3.95 และ 4.03 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง (PBR) ทำให้เกิดการลดลง (P≤0.05) ของค่าสีทั้งสามค่าเป็น *L** เท่ากับ 16.04 *a** เท่ากับ 3.22 และ *b** เท่ากับ 1.57 ทั้งนี้สังเกตได้ว่าระหว่างกระบวนการแช่ตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลในน้ำเกิดการชะล้างออกมาของเม็ดสี และสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานิน อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้าวกล้องหอมนิลนึ่งไปผลิตแป้ง (PBR-F) ด้วยกระบวนการโม่เปียกโดยการบดข้าวทั้งเมล็ดแล้วนำไปผ่านการอบแห้ง เมื่อวัดค่าสีจากตัวอย่างที่เป็นแป้งจึง

พบว่าให้ค่า L^*, a^* และ b^* มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการวัดค่าสีจากเมล็ดข้าวก่อนการโม่ อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีแดง a^* ไม่สอดคล้องกับค่าปริมาณแอนโธไซยานินที่ลดลงอย่างมาก อาจเนื่องจากขั้นตอนการโม่มีการแช่ตัวอย่างข้าวกล้องหอมนิลนึ่งเพื่อให้เมล็ดข้าวนุ่มจึงเกิดการชะล้างของสารแอนโธไซยานิน แต่เมื่อนำไปอบแห้งความร้อนส่งผลต่อค่าสีที่เข้มขึ้นแต่สารแอนโธไซยานินมีการสูญสลายไปแล้วในขั้นตอนการแช่ ผลการทดสอบที่ได้จึงไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน

ค่าปริมาณวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) มีความสำคัญต่อคุณภาพและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร จากการทดสอบแสดงดัง Table 1 พบว่าข้าวกล้องหอมนิล (BR) มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.462±0.01 จากนั้นเมื่อนำไปผลิตข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง (PBR) ที่ผ่านขั้นตอนการแช่ การนึ่ง การอบแห้ง และตรวจวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่า 0.471±0.01 ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของแป้งจากข้าวกล้องหอมนิลนึ่งที่ผ่านการโม่เปียกและอบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบเยือกแข็งมีลดลง ($P\leq0.05$) เท่ากับ 0.03±0.01 ทั้งนี้พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าต่ำกว่า 0.6 หรือเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารแห้งจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (วิไล, 2557) และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์เนื่องจากทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ผ่านขั้นตอนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา

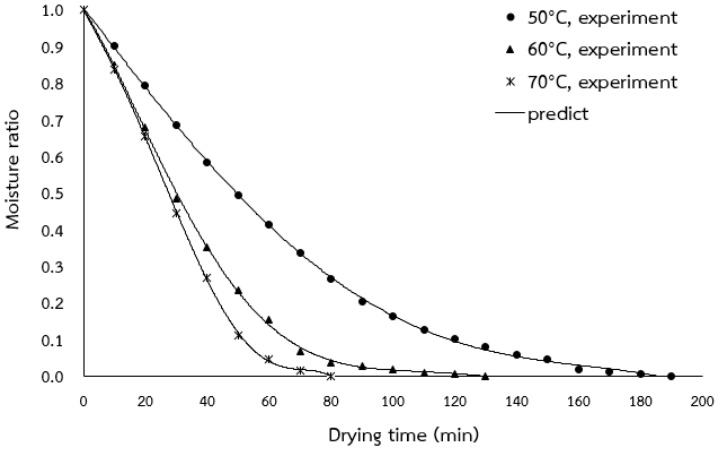

Figure 1 Effect of temperature on drying of noodle produced from Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour

ผลการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Figure 1 แสดงอัตราส่วนความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาอบแห้ง ที่สภาวะการอบแห้ง 3 อุณหภูมิได้แก่ 50 60 และ 70°ซ พบว่าการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งเป็นการอบแห้งแบบอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น กล่าวคือในช่วงแรกของการอบแห้งอัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความชื้นสูง ประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ทำให้การถ่ายเทมวลของน้ำจากภายในเส้นก๋วยเตี๋ยวไปยังผิวหน้าเกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว และเมื่อระยะเวลาอบแห้งนานขึ้นความชื้นบริเวณผิวและภายในเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีความชื้นต่ำลง อัตราการถ่ายเทมวลของน้ำจากเส้นก๋วยเตี๋ยวไปยังผิวหน้าจึงลดลงอย่างช้าๆ ทำให้อัตราการอบแห้งไม่คงที่รวมถึงใช้เวลาในการอบแห้งที่แตกต่างกันตามแต่ละอุณหภูมิ นั้นคืออัตราการลดลงของความชื้นในช่วงเวลาอบแห้งจะมีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นกับเวลาอบแห้ง สามารถแสดงในรูปความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพแนนเชียล และจากการคำนวณอัตราการอบแห้งแสดงดัง Table 2 พบว่าที่อุณหภูมิ

การอบแห้งสูง (70°ซ) ให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด 2.307 กก./ชม. ลดลงเท่ากับ 0.965 กก./ชม. และ 1.399 กก./ชม. เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งลดลง 50°ซ และ 60°ซ ตามลำดับ นั้นคืออุณหภูมิคือปัจจัยที่สำคัญของการอบแห้งโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจึงสั้นกว่าการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิต่ำ (**Table 2**) ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งในหลายงาน (จารุวรรณ และคณะ, 2550; สุภาวรรณ และคณะ, 2555; Tirawanichakul et al., 2008)

Table 2 Effect of drying temperature on drying time and drying rate for the noodle produced from Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour.

Drying temperature (°C)	Drying time (min)	Initial (Final) moisture content (%wb)	Drying rate(kg/hr)
50°C	190	62.00 (1.03)	0.965
60°C	130	61.94 (1.51)	1.399
70°C	80	62.01 (0.65)	2.307

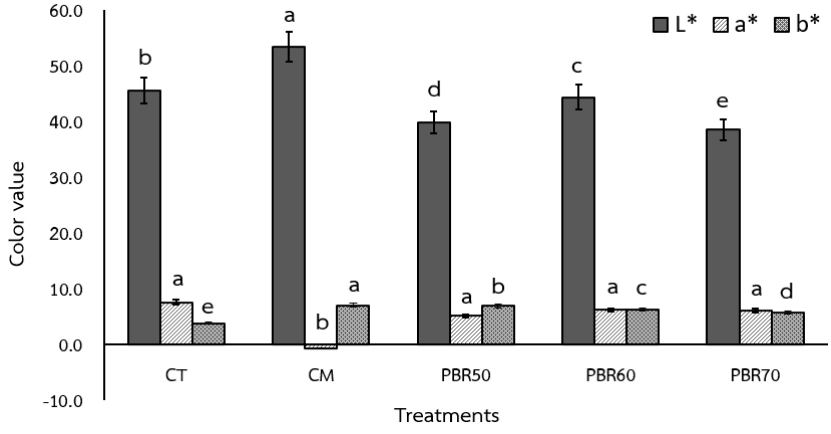

Figure 2 Color changes (*L*, a*, b**) of noodle produced from Hom-Nin Brown Rice and Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour compared with noodle from commercial

a,b…means the different letters in each treatment are significantly different at P≤0.05

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

จากการทดลองวัดค่าความสว่าง (*L**) ดัง **Figure 2** ของเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด (CT) ให้ค่า 45.53 เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาด (CM) พบว่ามีค่าน้อยกว่าเนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาดผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการขัดขาวในขณะที่เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งจะให้เส้นที่มีสีค่อนข้างเข้ม จากนั้นเมื่อนำเส้นสด (CT) ไปอบแห้งเพื่อลดความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่อุณหภูมิ 50°ซ (PBR50) 60°ซ (PBR60) และ 70°ซ (PBR70) พบว่าความสว่าง (L*) ลดลงเมื่อเส้นก๋วยเตี๋ยวผ่านกระบวนการอบแห้ง และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในแต่ละอุณหภูมิ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่า *b** นั้นคือมีแนวโน้มของสีที่เข้มขึ้นหลังการอบแห้ง และเมื่อตรวจสอบค่าความเป็นสีแดง (a*) ระหว่างเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งก่อนและหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบ

กับเส้นก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาดพบว่าให้ค่าในทิศทางตรงกันข้าม (-a*) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นขาว การลดลงของค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังการอบแห้งพบว่าอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรด แอมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจนโดยมีความร้อนทั้งจากการนึ่งและการอบแห้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผลที่ได้คือสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล (สุวรรณา และคณะ, 2554) จึงสังเกตได้ว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง

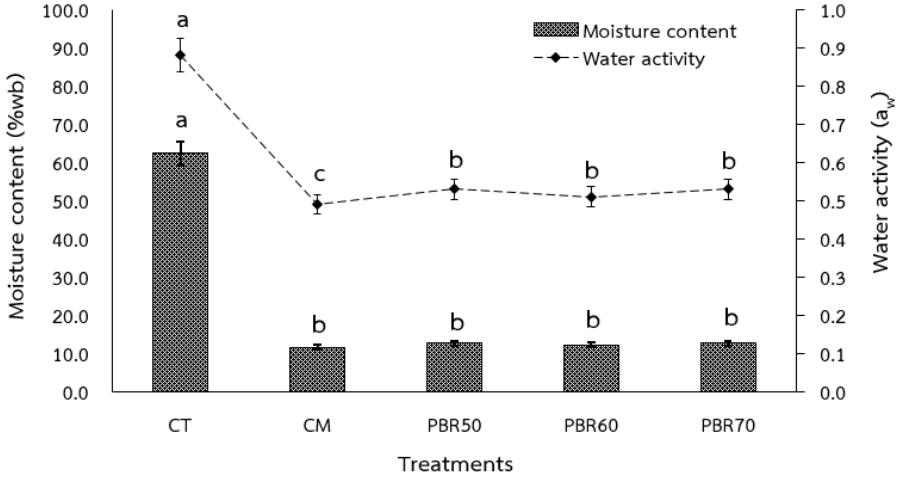

Figure 3 Moisture content and water activities of noodle produced from Hom-Nin Brown Rice and Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour compared with noodle from commercial.

a,b…means the different letters in each treatment are significantly different at P≤0.05

ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้บอกถึงปริมาณน้ำในอาหาร หากมีปริมาณไม่เหมาะสมส่งผลให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ทั้งนี้น้ำที่มีอยู่ในอาหารแต่ละชนิดมีการยึดติดอยู่ในโครงสร้าง หรือโมเลกุลของสารอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบของอาหารในรูปแบบ และความแข็งแรงต่างกัน รวมถึงปริมาณน้ำในอาหารมีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดีในอาหารที่ความชื้นสูง จาก **Figure 3** แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกระบวนการต่างๆ โดยพบว่าค่าความชื้นของเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด (CT) มีค่าเท่ากับ 62.39 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°ซ 60°ซ และ70°ซ พบว่า ความชื้นสุดท้ายมีค่าลดลงเท่ากับ 12.71, 12.24 และ 12.64 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ (P>0.05) โดยใช้เวลาในการอบแห้งที่แตกต่างกัน รวมถึงพบว่าความชื้นระดับนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่วางขายตามท้องตลาด (CM) ซึ่งเท่ากับ 11.63 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หรืออยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

จาก **Figure 3** พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดสด (CT) มีค่า 0.850 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความปริมาณความชื้นที่มีค่าค่อนข้างสูงทำให้เกิดการเสื่อมเสียกับผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และไม่เหมาะสมในการเก็บรักษาเป็นเวลานานได้ และเมื่อนำไปอบแห้งที่ 3 ระดับอุณหภูมิ จะได้ผลิตภัณฑ์ PBR50, PBR60 และ

PBR70 มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.527, 0.513 และ 0.530 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเส้นก๋วยเตี๋ยวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด (CM) มีค่า 0.490 ถือได้ว่าอยู่ในระดับตามเกณฑ์กลุ่มอาหารแห้ง เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (วิไล, 2557) จึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งได้เป็นเวลานานขึ้น

ผลการทดสอบวัดคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านแรงดึง

เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีเนื้อสัมผัสในลักษณะเหนียวหรือต้านต่อแรงดึงได้มากมักได้รับความนิยมจากผู้บริโภค จากผลการทดลองวัดเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยการวัดแรงที่ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวขาดออกจากกัน ถ้าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีแรงดึงมากแสดงว่ามีความเหนียวมาก (อริสรา, 2553) จาก **Figure 4** พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด (CT) รวมถึงที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง (PBR50, PBR60, PBR70) และเส้นก๋วยเตี๋ยวจากท้องตลาด (CM) มีค่าแรงดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเส้นก๋วยเตี๋ยวจากท้องตลาดให้ค่าต่ำสุด นั้นหมายความว่าได้เส้นที่อ่อนนุ่มและขาดง่าย ในขณะที่เมื่อนำแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวผสมมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวให้ค่าแรงดึงที่สูงขึ้นหรือเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวนุ่มขึ้น ทั้งนี้ข้าวหอมนิลซึ่งเป็นข้าวในกลุ่มอะไมโลสต่ำ (จุฑามาศ และเฉลิมพล, 2558) ไม่เหมาะในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงต้องผสมร่วมกับแป้งข้าวเจ้าชนิดที่มีปริมาณ อะไมโลสสูง เพราะปริมาณอะมิโลสมีผลต่อลักษณะความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นก๋วยเตี๋ยว (ถาวร, 2556) ประกอบกับขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของข้าวหอมนิลโดยผ่านการให้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตข้าวนึ่งส่งผลต่อการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งในเมล็ดข้าวจึงช่วยให้คุณภาพเส้นดีขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นแห้งโดยการเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งในช่วง 50-70°ซ พบว่าอุณหภูมิที่สูงส่งผลให้แนวโน้มของค่าแรงดึงลดลง

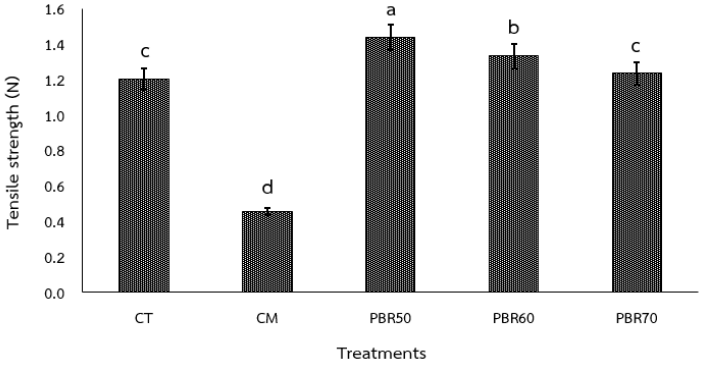

Figure 4 Tensile strength of noodle produced from Hom-Nin Brown Rice and Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour compared with noodle from commercial.

a,b…means the different letters in each treatment are significantly different at $P \leq 0.05$

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าแอนโธไซยานินของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง

ด้วยคุณสมบัติของรงควัตถุชนิดแอนโธไซยานินที่ละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง และเมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปสีจะเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งที่ต้องเกี่ยวข้องกับกระบวนการให้ความร้อน และการอบแห้ง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวย่อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกับค่าแอนโธไซยานินที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ แสดงผลการทดลองดัง **Figure 5**

พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินจากก๋วยเตี๋ยวเส้นสดผลิตด้วยแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่ง (CT) มีค่า 0.11 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และเมื่อนำก๋วยเตี๋ยวเส้นสดจากแป้งหอมนิลนึ่ง (CT) ผ่านการอบแห้งที่ 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 50°ซ 60°ซ และ 70°ซ ส่งผลต่อการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ของแอนโธไซยานินเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง 0.03 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 0.03 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ นั้นคือการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและเวลานานส่งผลต่อการลดลงของสารแอนโธไซยานิน (อุไรวรรณ และคณะ, 2556) ประกอบกับสารแอนโธไซยานินละลายได้ดีในน้ำจึงเกิดการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิต ดังนั้นในการผลิตในเชิงพาณิชย์อาจต้องมีการปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตจะพบว่าการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวในช่วงอุณหภูมิ 50-70°ซ ให้ปริมาณการคงอยู่ของแอนโธไซยานินที่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) และจากการทดสอบไม่พบแอนโธไซยานินในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นจากท้องตลาด (CM) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตจากปลายข้าวที่ผ่านการขัดขาวแล้ว ดังนั้นจากข้อมูลจึงช่วยยืนยันได้ว่าการบริโภคก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งถึงแม้จะต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพที่อาจส่งผลต่อการลดลงของสารแอนโธไซยานินแต่ก็ยังมีอยู่เมื่อเทียบกับการบริโภคก๋วยเตี๋ยวเส้นขาว

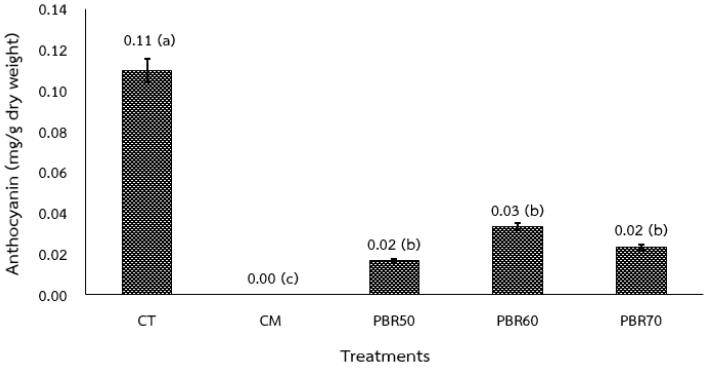

Figure 5 Anthocyanin of noodle produced from Hom-Nin Brown Rice and Parboiled Hom-Nin Brown Rice Flour compared with noodle from commercial.

a,b…means the different letters in each treatment are significantly different at P≤0.05

ผลการทดสอบทางจุลินทรีย์

จากการทดสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเส้นก๋วยเตี๋ยวชนิดเส้นสด (CT) และเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°ซ (PBR50) 60°ซ (PBR60) และ 70°ซ (PBR70) จากแป้งข้าวหอมนิลนึ่งและเส้นก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาด (CM) มีค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.8×10^2 โคโลนี/กรัม 1.8×10^2 โคโลนี/กรัม 2.7×10^2 โคโลนี/กรัม 2.8×10^2 โคโลนี/กรัม และ3.0×10^2 โคโลนี/กรัม ซึ่งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารปลอดภัยที่ผู้บริโภคสามารถบริโภคได้ อ้างอิงจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2548) ที่กล่าวว่าผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งต้องมีค่าจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/กรัม

สรุป

การผลิตแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งเป็นวิธีการเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแป้งก่อนนำมาผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยการแช่ข้าวหอมนิลในน้ำอุณหภูมิ 40±2°ซ เป็นเวลา 4 ชม. ให้ความร้อน 100°ซ 15 นาที และอบแห้ง จากนั้นนำไปผลิตแป้งด้วยเทคนิคการโม่

เปียก ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จนได้เป็นผลิตภัณฑ์แป้งและนำไปผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวสดโดยการผสมแป้งกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมพร้อมทั้งนึ่งในถาดซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมในการผลิตเชิงพาณิชย์เนื่องจากผลิตได้ในปริมาณน้อยและอาจมีปัญหาในช่วงการลอกเส้น จากนั้นนำเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70°ซ โดยที่อุณหภูมิการอบแห้งสูง (70°ซ) ให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด 2.307 กก./ชม. และลดลงเมื่อลดอุณหภูมิในการอบแห้ง รวมถึงพบว่ากระบวนการที่ข้าวกล้องหอมนิลผ่านการแช่น้ำและการให้ความร้อนส่งผลให้ปริมาณสารแอนโธไซยานินจากข้าวกล้องหอมนิล (9.51 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง (0.02 - 0.04 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ในส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่พบค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเมื่อเส้นก๋วยเตี๋ยวผ่านกระบวนการอบแห้ง เช่นเดียวกับค่า a^* มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้นหลังการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งให้ค่าความชื้นสุดท้ายมีค่าระหว่าง 12-13 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก รวมถึงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.6 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา และพบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนึ่งร่วมกับแป้งข้าวให้ค่าแรงดึงที่สูงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาดหรือมีความเหนียวนุ่มขึ้น สุดท้ายเมื่อทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดให้ค่าระหว่าง 1.8×10^2 ถึง 6.8×10^2 โคโลนี/กรัม ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารปลอดภัย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ สถานที่ในการทำวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ กุลวิศว, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2550. ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสารระเหยง่าย และคุณภาพทางกายภาพในกล้วยแผ่น. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 30(4): 611-621.

จฑามาศ ถิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมงวศ์, 2558. การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 43(3): 395-402.

ถาวร จันทโชติ. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวกล้องงอกจากข้าวสังข์หยดเสริมไข่ขาว. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยทักษิณ. 65 หน้า.

นิศากร สุวรรณ. 2548. ผลของวัสดุเคลือบผิวต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียน้ำหนักของผลลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 176 หน้า.

ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล, รัชฎาพร อินพา และทิพวรรณ ใจกว้าง. 2555. การผลิตข้าวกล้องมอลต์จากข้าวไร่พื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.). 18(1): 105-118.

ราณี สุรกาญจน์กุล และ ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ. 2556. การผลิตก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งข้าวมอลต์. วารสารอาหารและสุขภาพ. 43(1): 68-71.

วิไล รังสาดทอง. 2557. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. โรงพิมพ์ บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพ.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สากีนา ลาแมปะ และยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2555. การอบแห้งขนุนด้วยพลังงานความร้อนร่วมของรังสีอินฟราเรด/ไมโครเวฟ และลมร้อน: จลนพลศาสตร์คุณภาพและการทดสอบประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17(1): 117-129.

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี นันทพร รุจขจร และศวรรญา ปั่นดลสุข. 2554. เอกสารประกอบการสอน วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร. โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็ม แอนด์เอ็ม เลเซอร์พริ้นต์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. มผช. 730/2548. เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง. 5 หน้า.

อริสรา รอดมุ้ย. 2553. การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวหอมนิล. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 5(1): 64-71.

อุไรวรรณ วัฒนกุล, ชูไหวน๊ะ สะอิ และวิภาวัลย์ เขาบาท. 2556. ผลของอุณหภูมิในการคั่วข้าวตอกสังข์หยดพัทลุงต่อคุณค่าทางโภชนาการ. น.338-343. ใน: วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. วันที่ 15-16 กรกฎาคม 2556 ณ ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ปทุมวัน, กรุงเทพฯ.

AOAC. 1990. Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, AV, USA.

Chung, H.J., A. Cho, and S.T. Lim. 2012. Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodles. LWT-Food Science and Technology. 47(2): 342-347.

Lazze, M.C., M. Savio, R. Pizzala, O. Cazzalini, P. Perucca, A.I. Scovassi, L.A. Stivala, and L. Bianchi. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. Carcinogenesis. 25(8): 1427-1433.

Maturin, L.J., and J.T. Peeler. 1998. Aerobic plate count. Chapter 3. In Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual, 8th Edition. (revision A), (CD-ROM version). R.L. Merker (Ed.). AOAC International, Gaithersburg, MD.

Nguyen Phuoc Minh. 2014. Nutritional powder produced from sticky black rice malt. International Journal of Multidisciplinary Research and Development. 1(3): 49-59.

Parnsakhorn, S., and J. Langkapin. 2013. Changes in physicochemical characteristics of germinated brown rice and brown rice during storage at various temperatures. Agric Eng Int: CIGR Journal. 15(2): 293-303.

Ranganna, S. 1977. Plant pigment. pp. 72-93. In S. Ragana (ed.). Manual of analysis of fruit and vegetable produce. Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd, New Delhi.

Sirichokworrakita, S., J. Phetkhuta, and A. Khommoona. 2015. Effect of partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of noodles. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 197(1): 1006-1012.

Tirawanichakul, S., W. Na Phatthalung, and Y. Tirawanichakul. 2008. Drying strategy of shrimp using hot air convection and hybrid infrared radiation and hot air convection. Walailak Journal of Science and Technology. 55(1): 77-100.