

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เพื่อสุขภาพโดยใช้ซูคราโลสและปลายข้าวหอมนิล

Development of Healthy Soy Milk Product by Using Sucralose and Hom Nin Broken Rice

นนทพร รัตนจักร¹ อังขณา ปานเกิดผล¹ ภรภัทร สำอางค์ไอรส รักษาติ² ธิดารัตน์ แสนพรม³ และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์^{1*}

Nontaporn Rattanachak¹, Angkana Pankerdphon¹, Pornpat Sam-ang¹, Orose Rugchati², Tidarat Sanphom³ and Arunluk Chodnakarin^{1*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามจังหวัดพิษณุโลก 65000

²คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวรจังหวัดพิษณุโลก 65000

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทากรุงเทพมหานครฯ 10300

¹Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

²Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

³Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok, 10300

*Corresponding author; E-mail: siriangkanakun@psru.ac.th

Received: 9 December 2019 / Revised: 14 January 2020 / Accepted: 26 February 2020

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของซูคราโลสและปลายข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ โดยในการศึกษาได้ใช้น้ำเต้าหู้สูตรควบคุม (เติมน้ำตาลซูโครส) และน้ำเต้าหู้สูตรที่มีการแปรปริมาณซูคราโลสร้อยละ 0.08, 0.17 และ 0.33 ของน้ำหนักน้ำตาลซูโครส จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภครับน้ำเต้าหู้ที่มีการเติมซูคราโลสร้อยละ 0.17 ของน้ำหนักน้ำตาลซูโครสมากที่สุด ($p \leq 0.05$) จึงเลือกสูตรนี้มาพัฒนาต่อโดยเสริมปลายข้าวหอมนิลปริมาณร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 ของน้ำหนักทั้งหมด และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ค่าสีพบว่าค่าการเพิ่มปริมาณปลายข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ส่งผลให้ค่า L^* และ b^* ลดลง ขณะที่ค่า a^* เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการเสริมปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ ในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลแตกต่างจากน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ($p > 0.05$) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำเต้าหู้เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลายข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มีปริมาณโปรตีนและเส้นใยสูงกว่าน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: น้ำเต้าหู้ ซูคราโลส ปลายข้าวหอมนิล การต้านอนุมูลอิสระ



Abstract

The objective of this study was to investigate the optimum amount of sucralose and Hom Nin broken rice in soy milk. Soy milk was prepared with sucrose (Control) and different levels of sucralose including 0.08, 0.17 and 0.33 % (by total weight of sucrose). The results found that substitution of sucralose at 0.17% showed the highest sensory scores ($p \leq 0.05$). Therefore, this formula was further carried out with addition of Hom Nin broken rice at the levels of 0, 2.5, 5 and 10% by total weight. The sensory scores of soy milk supplemented with 5% Hom Nin broken rice had the highest sensory scores ($p \leq 0.05$). L^* and b^* values continuously decreased but a^* values increased when addition levels of Hom Nin broken rice increased. Moreover, pH values of soy milk with various addition of Hom Nin broken rice were not significantly different from that of the control sample ($p > 0.05$). Antioxidant activity increased as levels of Hom Nin broken rice increased. The soy milk supplemented with 5% Hom Nin broken rice had higher protein and fiber content whereas showed lower carbohydrate than control sample ($p \leq 0.05$). In addition, microbial testing including total plate count, yeast and mold in soy milk supplemented with 5% Hom Nin broken rice product were acceptable levels for the Thai Community Product Standard.

Keywords: Soy milk, Sucralose, Hom Nin broken rice, Antioxidant

บทนำ

น้ำเต้าหู้หรือน้ำนมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัยเนื่องจากมีรสชาติอร่อย น้ำเต้าหู้ทำมาจากถั่วเหลือง ซึ่งถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะโปรตีน โดยปริมาณโปรตีนในนมถั่วเหลืองมีค่าใกล้เคียงกับนมวัวและไขมันในนมถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่านมวัว [1] อีกทั้งน้ำเต้าหู้ยังเป็นเครื่องดื่มที่ไม่มีคอเลสเตอรอลและน้ำตาลแลคโทส[2] จึงทำให้น้ำเต้าหู้เป็นเครื่องดื่มที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ไม่สามารถบริโภคนมวัวซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลแลคโทสเป็นส่วนประกอบ และน้ำเต้าหู้ยังเหมาะสำหรับผู้

ที่บริโภคอาหารเจและอาหารมังสวิรัต นอกจากนี้น้ำในถั่วเหลืองยังมีสารไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ช่วยลดอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหญิงวัยหมดประจำเดือน และช่วยป้องกันการสลายของมวลกระดูก ในขั้นตอนการผลิตน้ำเต้าหู้ผู้ผลิตมักใส่น้ำตาลซูโครสเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้มีรสชาติหวานตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งน้ำตาลซูโครสเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานค่อนข้างสูงและไม่เหมาะสมกับผู้ที่มีปัญหาในเรื่องของสุขภาพ เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคอ้วน เป็นต้น ดังนั้นการหาสารให้ความ



หวานที่มีพลังงานต่ำทดแทนน้ำตาลซูโครสน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ควรศึกษา

ซูคราโลส (Sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานและให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 600 เท่า สามารถนำมาใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์อาหารหลาย ๆ ชนิด เนื่องจากซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่ทนต่อความร้อนสูง ละลายน้ำได้ดี ไม่ทำให้เกิดรสขม ปปรุงแต่งอาหารแล้วให้รสชาติใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำซูคราโลสมาใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ โดยได้มีการศึกษาการใช้ซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 0.010, 0.012 และ 0.014 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์น้ำเห็ดและจากผลการศึกษาพบว่าการใช้ซูคราโลสร้อยละ 0.010 โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์น้ำเห็ด ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด [3] นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์อาหารอีกหลายชนิดที่มีการนำซูคราโลสมาใช้ทดแทนน้ำตาลซูโครส เช่น ขนมชั้น มัฟฟินและกัมมี่เยลลี่ดอกลา [4-6] อย่างไรก็ตามการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ยังคงไม่มีการศึกษา

ข้าวหอมนิลหรือข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และยังประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียมสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ [7] ข้าวหอมนิลมีสีของรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และโปรแอนโทไซยานิน (Proanthocyanidin) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [8] ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคข้ออักเสบ และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น ขณะที่กระบวนการผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวจากพื้นที่

เพาะปลูกในลักษณะของข้าวเปลือกจะถูกนำมาผ่านกระบวนการสี โดยปกติในขั้นตอนการสีข้าวจะได้ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้หลังจากผ่านการสีประมาณร้อยละ 15 ซึ่งปลายข้าวมักถูกนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงทำให้ปลายข้าวมีราคาถูก การนำปลายข้าวมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำเต้าหู้ น่าจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าวหอมนิลได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของซูคราโลสเพื่อมาทดแทนน้ำตาลซูโครสและปริมาณที่เหมาะสมของการเสริมด้วยปลายข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ ซึ่งน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพและกลุ่มผู้บริโภคที่มีปัญหาสุขภาพ

วิธีการวิจัย

1. การผลิตน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและน้ำเต้าหู้ใสสารให้ความหวานซูคราโลส

นำถั่วเหลือง 500 กรัม ไปล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง จากนั้นเติมน้ำให้ท่วมถั่วเหลืองและแช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง กรองน้ำออกแล้วเติมน้ำปริมาตร 1.5 ลิตร บดด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที กรองแยกกากถั่วเหลืองที่บดละเอียดออกด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำนมถั่วเหลืองมาต้มโดยใช้ไฟปานกลางเป็นเวลา 25 นาที จากนั้นเติมน้ำตาลซูโครส 150 กรัม (สูตรควบคุม) หรือเติมสารให้ความหวานซูคราโลส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.08, 0.17 และ 0.33 ของน้ำหนักน้ำตาลซูโครสและต้มต่อเป็นเวลา 5 นาที นำน้ำเต้าหู้ทั้ง 4 สูตรไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคัดเลือกน้ำเต้าหู้สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดเพื่อนำไปศึกษาปริมาณปลายข้าวหอมนิลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ต่อไป



2. การผลิตน้ำเต้าน้ำเสริมปลายข้าวหอมนิล

ทำการผลิตน้ำเต้าน้ำตามข้อ 1 และเติมซูคราโลสในระดับที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด พร้อมทั้งนำปลายข้าวหอมนิลไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาทีและนำมาปั่น เติมปลายข้าวหอมนิลในน้ำเต้าน้ำโดยเติมปริมาณร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 ของน้ำหนักทั้งหมดจากนั้นนำน้ำเต้าน้ำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบชิมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าน้ำในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ความไม่ชอบมากที่สุด

4. การศึกษาสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, Color Flex 45/0, USA) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

5. การศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเต้าน้ำด้วยเครื่อง pH meter (Mettler Toledo, Seven easy, Schwerzenbach) โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

6. การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

6.1 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging

ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging [9] โดยปีเปตน้ำเต้าน้ำแต่ละสูตรตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ปริมาตร 1.90 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

6.2 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power [9] โดยเตรียมสารละลาย FRAP จากสารละลาย Acetate buffer (pH 3.6) Ferric tripyridyltriazine เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ใน Hydrochloric acid เข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย Ferrous chloride เข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 10:1:1 (v/v) ตามลำดับ ในขั้นตอนการทดสอบใช้ตัวอย่างน้ำเต้าน้ำ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยทำการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Ferric sulfate ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100-2,000 ไมโครโมลาร์

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ โปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน และเส้นใย [10] จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธี Calculation by difference

8. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ทำการตรวจสอบทางจุลินทรีย์[10] โดยตรวจเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา

9. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และวางแผนการทดลองแบบ Independent-Sample T-test สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

Table 1. Sensory scores of soy milk with different levels of sucralose

Sensory attributes	Control (soy milk mixed with sucrose)	Levels of sucrose substitution by adding sucralose (% w/w of sucrose)		
		0.08	0.17	0.33
Appearance	6.57±1.01 ^b	6.63±1.22 ^b	7.03±1.15 ^a	6.07±1.14 ^b
Color	6.67±0.91 ^{ab}	7.07±0.96 ^b	7.27±0.98 ^a	6.30±1.34 ^c
Flavor	6.50±1.07 ^b	6.77±1.17 ^b	6.94±1.15 ^a	6.03±1.44 ^b
Taste	6.50±1.07 ^{bc}	7.03±1.51 ^b	7.20±1.06 ^a	5.13±1.43 ^c
Overall acceptability	6.70±0.98 ^{bc}	6.94±1.38 ^b	7.27±0.82 ^a	5.73±1.63 ^c

^{a, b} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

1. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าน้ำตาลซูโครสด้วยซูคราโลส

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าน้ำตาลซูโครส 4 สูตร ได้แก่ น้ำเต้าน้ำตาลซูโครสและน้ำเต้าน้ำตาลซูโครสที่เติมซูคราโลส 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.08, 0.17 และ 0.33 ของน้ำหนักรับประทาน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าน้ำตาลซูโครสที่มีการเติมซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 0.17 ของน้ำหนักรับประทานน้ำตาลซูโครส โดยเฉพาะในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) (Table 1) ในขณะที่คุณลักษณะทางด้านสีของน้ำเต้าน้ำตาลซูโครสที่มีการเติมซูคราโลสร้อยละ 0.17 ของน้ำหนักรับประทานน้ำตาลซูโครส มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากน้ำเต้าน้ำตาลซูโครสที่เติมซูคราโลสร้อยละ 0.17 ของน้ำหนักรับประทานน้ำตาลซูโครสไปพัฒนาต่อโดยการเสริมด้วยปลายข้าวหอมนิล



2. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่าง ๆ

จากผลการศึกษาการเสริมด้วยปลายข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 5 ในด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) (Table 2) ในขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่นของน้ำเต้าหู้เสริม

ปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 2.5 และร้อยละ 10 ($p > 0.05$) และน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มีคะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติไม่แตกต่างจากน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 10 ($p > 0.05$) จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 5 มากที่สุด

Table 2. Sensory scores of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with different levels of Hom Nin broken rice

Sensory attributes	Levels of Hom Nin broken rice (%)			
	0	2.5	5	10
Appearance	6.67±0.80 ^b	6.63±0.92 ^b	7.10±0.71 ^a	6.97±1.10 ^b
Color	6.80±0.88 ^b	6.67±0.91 ^b	7.17±0.72 ^a	6.87±0.92 ^b
Flavor	6.53±1.04 ^b	6.97±0.92 ^a	7.07±0.80 ^a	7.03±0.74 ^a
Taste	6.47±0.89 ^c	6.87±0.80 ^b	7.33±0.78 ^a	7.27±0.97 ^a
Overall acceptability	6.87±0.58 ^c	7.17±0.82 ^b	7.50±0.77 ^a	7.20±0.71 ^b

^{a, b} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

3. ผลการศึกษาค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลที่ระดับต่างๆ พบว่าน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 0 มีค่า L* สูงกว่าน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) (Table 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความ

ร้อนสูงและมีการเกิดพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล [11] จึงทำให้น้ำเต้าหู้สูตรควบคุมซึ่งมีน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบมีค่า L* ต่ำกว่าน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมนิลร้อยละ 0 ที่มีสารให้ความหวานซูคราโลสเป็นส่วนประกอบ อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณการเสริมด้วยปลายข้าวหอมนิลในน้ำเต้าหู้เพิ่มมากขึ้นพบว่าค่า L* ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลายข้าวหอมนิลมีสีม่วงเข้มจึงส่งผลต่อค่าความสว่างของน้ำเต้าหู้ นอกจากนี้ การวิจัยพบว่าการ

Table 3. Color values of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with different levels of Hom Nin broken rice

Color	Control	Levels of Hom Nin broken rice (%)			
	(soy milk mixed with sucrose)	0	2.5	5	10
L*	65.79±0.01 ^c	72.95±0.03 ^a	69.89±0.02 ^b	65.68±0.01 ^d	62.43±0.01 ^e
a*	-6.42±0.01 ^a	-5.44±0.03 ^b	-3.88±0.03 ^c	-2.73±0.01 ^d	-0.84±0.01 ^e
b*	12.83±0.01 ^c	16.47±0.06 ^a	14.63±0.00 ^b	11.97±0.00 ^d	11.93±0.02 ^e

^{ab}Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$).

การเสริมปลายข้าวหอมชนิดที่มากขึ้นยังส่งผลให้ค่า a* เพิ่มขึ้นและค่า b* ลดลง

ข้าวหอมชนิดที่ระดับต่าง ๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging พบว่าประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

4. ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง

จากผลการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้สูตรต่าง ๆ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 4) และจากการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของสารให้ความหวานซูคราโลสและปลายข้าวหอมชนิดพบว่าทั้ง ซูคราโลสและปลายข้าวหอมชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.92 และ 6.50 ตามลำดับซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกับน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ดังนั้นการทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยซูคราโลสและการเสริมด้วยปลายข้าวหอมชนิดในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้จึงไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้สูตรต่าง ๆ มีความเป็นกรดหรือเป็นด่างเพิ่มขึ้น

Table 4. pH values of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with different levels of Hom Nin broken rice

Levels of Hom Nin broken rice (%)	pH ^{ns}
Control(soy milk mixed with sucrose)	6.70±0.06
0	6.56±0.15
2.5	6.60±0.02
5	6.60±0.05
10	6.67±0.10

^{ns}Means of all treatments are not significantly different ($p > 0.05$).

5. ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและน้ำเต้าหู้เสริมปลาย

เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลายข้าวหอมชนิดเพิ่มมากขึ้น (Figure1) โดยน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดที่ร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 38.54, 39.78,



56.98, 67.45 และ 75.13 ตามลำดับ ขณะที่มียารายงานว่าข้าวหอมชนิดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าร้อยละ 89 และ 95 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH [12-13]

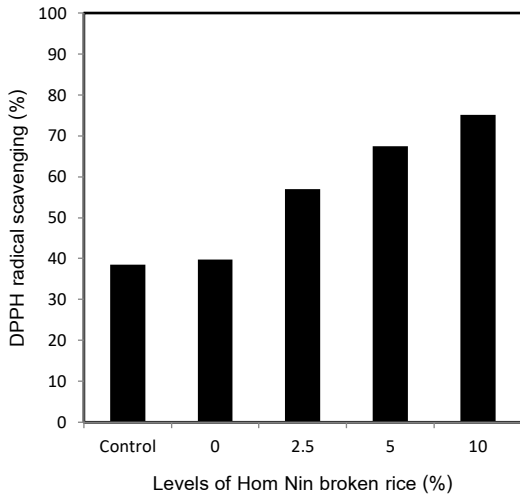


Figure 1. Antioxidant activity of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with different levels of Hom Nin broken rice using DPPH radical scavenging assay

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดด้วยวิธี FRAP ให้ผลการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging โดยจะเห็นได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณปลายข้าวหอมชนิดเพิ่มมากขึ้น (Figure 2) น้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดที่ร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 สามารถรีดิวซ์เหล็กเฟอริกได้ 0.80, 0.80, 1.40 1.69 และ 2.20 $\mu\text{mol Fe}^{2+}$ ตามลำดับ

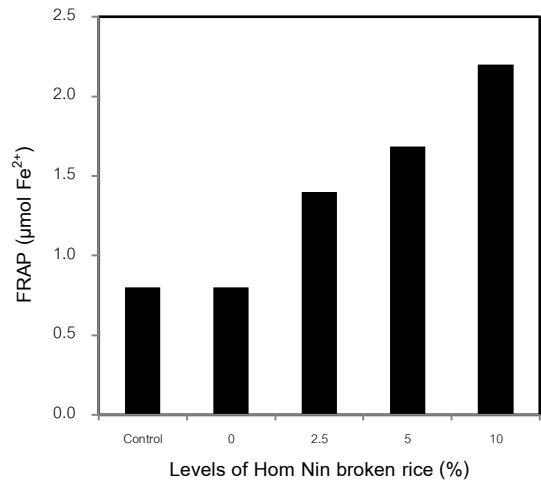


Figure 2. Antioxidant activity of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with different levels of Hom Nin broken rice using FRAP assay

การที่น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมเป็นเพราะในข้าวหอมชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสูงกว่าข้าวกล้องทั่วไปถึง 7 เท่า [14] โดยข้าวหอมชนิดมีสารแอนโทไซยานินและโปรแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งนวนองศ์ และคณะ [12] พบว่าในข้าวหอมชนิดมีสารฟลาโวนอยด์ 36.77 mg QE/g ของสารสกัด

6. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

เมื่อนำน้ำเต้าหู้สูตรควบคุมและน้ำเต้าหู้สูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดร้อยละ 5 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดร้อยละ 5 มีปริมาณเถ้าและไขมันไม่แตกต่างจากน้ำ

เต้าหู้สุตรควบคุม ($p>0.05$) (Table 5) ปริมาณโปรตีน ความชื้นและเส้นใยของน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 มีสูงกว่าน้ำเต้าหู้สุตรควบคุม ($p\leq 0.05$)

Table 5. Chemical composition of control soy milk and soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with 5% Hom Nin broken rice supplement

Chemical composition	Control (soy milk mixed with sucrose)	Soy milk supplemented with 5% Hom Nin broken rice
Protein	0.49±0.02 ^b	0.62±0.02 ^a
Moisture	85.37±0.34 ^b	90.91±0.10 ^a
Ash ^{ns}	0.79±0.08	0.77±0.17
Fat ^{ns}	1.32±0.06	1.47±0.09
Crude fiber	0.42±0.00 ^b	0.52±0.01 ^a
Carbohydrate	11.61±0.58 ^a	5.71±0.04 ^b

^{a, b} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p\leq 0.05$).

^{ns} Means of all treatments in the same row are not significantly different ($p>0.05$).

ซึ่งจากการรายงานพบว่าข้าวหอม นิลเป็นข้าวที่มีโปรตีนสูงโดยมีอยู่ปริมาณร้อยละ 12.5 [8] และมีปริมาณเส้นใยอยู่ร้อยละ 9 [15] ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 ต่ำกว่าน้ำเต้าหู้สุตรควบคุม ($p\leq 0.05$) ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำกว่าน้ำเต้าหู้สุตรควบคุมประมาณสองเท่าอาจเป็นเพราะน้ำเต้าหู้เสริมปลาย

ข้าวหอม นิลร้อยละ 5 ไม่มีการเติมน้ำตาลซูโครส แต่ใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทน ซึ่งสารให้ความหวานซูคราโลสไม่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากเป็นสารให้ความหวานที่เกิดจากการนำน้ำตาลซูโครสมาปรับปรุงโครงสร้างโดยแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมคลอรีน ทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้จึงไม่ให้พลังงาน ดังนั้นน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 ที่พัฒนาขึ้นอาจจะสามารถพัฒนาเป็นเครื่องดื่มประเภทน้ำเต้าหู้ที่ลดพลังงานจากเครื่องดื่มประเภทน้ำเต้าหู้สุตรทั่วไปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

7. การศึกษาทางจุลชีววิทยา

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 ซึ่งเป็นสุตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 6×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร และไม่พบการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ (Table 6) ซึ่งถือว่าผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอม นิลร้อยละ 5 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มีปริมาณยีสต์และราน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (มผช.529/2558) [16]

Table 6. Microbial test of soy milk mixed with sucrose substitute with 0.17% sucralose (w/w of sucrose) with 5% Hom Nin broken rice supplement

Soy milk supplemented



Microbial testing with 5% Hom Nin broken rice	
Total plate count (CFU/ml)	6×10^3 CFU/ml
Yeast and mold (CFU/ml)	ND

ND = Not detected

สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้เพื่อสุขภาพ ปริมาณที่เหมาะสมของสารให้ความหวานซูคราโลสในผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้คือร้อยละ 0.17 ของน้ำหนักน้ำตาลซูโครสและปริมาณการเสริมปลายข้าวหอมชนิดที่เหมาะสมคือร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมด การเสริมปลายข้าวหอมชนิดในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น และการเสริมปลายข้าวหอมชนิดร้อยละ 5 ในน้ำเต้าหู้ทำให้มีปริมาณโปรตีนและเส้นใยสูงกว่าน้ำเต้าหู้สูตรควบคุม ขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่า ดังนั้นน้ำเต้าหู้เสริมปลายข้าวหอมชนิดร้อยละ 5 อาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและมีพลังงานต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณศุภนิยา วิชาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. จิรนาถ บุญคงและณรงค์นุช วงษ์แก้ว. 2548. การผลิตไอศกรีมหน้านมถั่วเหลือง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม*. 1: 31-40.
2. Liu, K. 1997. *Soybean. Chemistry, Technology and Utilization*. New York: Chapman & Hall.
3. แสงระวี ณ พัทลุง. 2559. การใช้สารให้ความหวานซูคราโลสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเต้าหู้. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1*. วันที่ 22 มิถุนายน 2559. หน้า 493-499.
4. สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น อมรรัตน์ ชูชิต และภทริณี ภูมิโสม. 2561. คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมชั้นที่มีการลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและปรับสูตรด้วยซอร์บิทอลและซูคราโลส. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยา ครั้งที่ 14*. วันที่ 6-7 กันยายน 2561. หน้า 617-624.
5. อภิญญา เจริญกุล. 2558. ผลของการใช้ซูคราโลสร่วมกับโพลีเดกซ์โทรสทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของมัทพินแป้งข้าวกล้องงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 46: 297-300.
6. กมลทิพย์ กรรไพบระ และ สุธีรา ศรีสุข. 2559. การพัฒนากัมมีเยลลี่เต้าหู้ลาพลังงานต่ำด้วยซูคราโลส. *การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14*. วันที่ 1-3 พฤศจิกายน 2559. หน้า 309-315.
7. อริสราอรอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส. 2550. การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมชนิดทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม*. 3: 37-43.



8. จุฑามาศ ถิระสาโรชและเฉลิมพล ถนอมวงศ์.2558. การผลิตเครื่องต้มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล.วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 43: 395-402.
9. รัชฎาพร อุ่นศิริวิไลจิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และ จิตรา สิงห์ทอง. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อยและรางจืด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.
10. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis (17thed.)*. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
11. Villamiel, M., Del Castillo, M.D. and Corzo, N. (2006). Browning reactions. *In food biochemistry and food processing*. Wiley-Blackwell. USA: Ames, Iowa.
12. นवलอนงค์เสมสังข์, ถนกมล แก้วลังการและวีรพงษ์ จันทะชัย.ปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวไทย. [online]เข้าถึงได้จาก: <http://www.research.cmru.ac.th/research59/ris/view.php?no=545>. 2562.
13. Sadabpod, K., Kangsadalampai, K. and Tongyonk, L. 2010. Antioxidant activity and antimutagenicity of Hom Nil rice and black glutinous rice. *Journal of Health Research*. 24: 49-54.
14. Sangnark, A., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A. and Siripatrawan. 2015. Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. *International Food Research Journal*.22: 2155-2161.
15. ธีฎภรณ์ ประทีปดลปรีชา. 2561.การศึกษาผลของการรับประทานข้าวกล้องหอมนิลกับระดับกรดยูริกในเลือดในผู้ที่มีระดับกรดยูริกในเลือดสูง.วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
16. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำนมถั่วเหลือง (มผช.529/2558). [online]เข้าถึงได้จาก: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps118_46.pdf.2562.