

การผลิตข้าวเกรียบว่าวกล้วยหอมทอง

Production of Homthong Banana Indigenous Rice Crackers

สุธรรมมา พิสุทธิโสภณ¹, ธงชัย ศรีเมือง²

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม; sutrumma@webmail.npru.ac.th

² คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม; Thongnpru@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวเกรียบว่าวกล้วยหอมทอง โดยศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแป้ง วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเทียบกับสูตรพื้นฐาน ผลการทดลองพบว่า ข้าวเกรียบว่าวสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง มีปริมาณความชื้น วอเตอร์แอกทิวิตี ค่าสี L^* a^* b^* เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา ปริมาตรจำเพาะ อัตราการขยายตัว ความแข็ง ความกรอบ และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สูตรที่มีกล้วยหอมทองจะมีกลิ่นรสกล้วยหอมทองเพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพทางกายภาพและคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสลดลงตามปริมาณกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ข้าวเกรียบว่าวสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบว่าวที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแป้ง สามารถเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคได้

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบว่าว, กล้วยหอมทอง

Abstract

The purpose of this research was to study the suitable content of Homthong banana for the production of Homthong banana indigenous rice cracker. The content of Homthong bananas was studied by 20, 35 and 50% by starch weight. Analyze the physical quality and assess the sensory against the basic formula. The results of the experiment showed that basic indigenous rice cracker and recipe containing 20% Homthong banana by starch weight contains moisture content, water activity, color value L^* a^* b^* , diameter, thickness, specific volume, expansion ratio, hardness, crispness and all aspects of the sensory preference score were not different ($p>0.05$). Formulas containing Homthong banana showed an increase in the flavor of Homthong banana, and physical quality and sensory preference score decreased as the amount of Homthong banana increased. Basic indigenous rice cracker and recipe containing 20% Homthong banana by starch weight have an overall preference score between like medium to like very much. Which showed that indigenous rice cracker contained 20% Homthong banana by starch weight could be a new choice for consumers.

Keywords : Indigenous rice crackers, Homthong banana

1. บทนำ

ข้าวเกรียบวาวได้จากการนำข้าวเหนียวมานึ่งให้สุก โขลกหรือบดหยาบและเอี๊ยดหรืออาจใช้แป้งข้าวเหนียวที่นึ่งสุกแล้วเติมส่วนผสมอื่น เช่น น้ำอ้อย น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลทราย น้ำสมุนไพร ผสมให้เข้ากันทำเป็นแผ่นบางทอดด้วยน้ำมันหรือน้ำมันผสมไข่แดงที่ต้มสุกเพื่อไม่ให้ติดภาชนะ ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ก่อนบริโภคต้องนำไปให้ความร้อน [1] ข้าวเกรียบวาวเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านมีเอกลักษณ์เฉพาะได้แก่ มีกลิ่นรสเฉพาะตัว มีลักษณะเป็นแผ่นบางขนาดใหญ่เนื้อสัมผัสกรอบและละลายในปาก จากการศึกษาพบว่าข้าวเกรียบวาวทั่วไปยังมีเพียงรสดั้งเดิมเพียงรสเดียว มีขนาดใหญ่มากต่อการบรรจุและการเก็บรักษา แดงหักง่าย ไม่สะดวกต่อการขนส่ง และมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากดูดความชื้นในอากาศทำให้เนื้อสัมผัสเหนียวไม่กรอบ ดังนั้น เพื่อให้ข้าวเกรียบวาวมีรสชาติที่หลากหลายมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบวาวรสกล้วยหอมทอง โดยปรับให้มีขนาดพอเหมาะกับการบริโภคต่อครั้งและยังคงรักษาเอกลักษณ์ที่ดีของข้าวเกรียบวาวไว้เพื่อสืบสานต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทยให้ยั่งยืนทันสมัยและเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค และเพิ่มศักยภาพของชุมชนในเรื่องการเสริมสร้างรายได้

กล้วยหอมทองสุกมีเนื้อสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสหวาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูงซึ่งมีสารที่สำคัญคือ ซูโครส ฟรุคโทส กลูโคส เหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม โปรตีน วิตามินเอ ซี บี1 บี2 บี3 บี5 บี6 บี9 และบี12 มีสีเหลืองของแคโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีนและลูทีน [2] ช่วยบำรุงสายตาและช่วยต้านอนุมูลอิสระ มีสารที่หักกลืนรส ได้แก่ เอมิลและไอโซเอมิล เอสเทอร์ของกรดอะซิติก โพธิ์ไฟโอนิก และบิวทิริก [3] มีสารทริปโตเฟนช่วยคลายความเครียด และช่วยให้นอนหลับได้ง่ายขึ้น มีโพแทสเซียมสูงช่วยควบคุมระดับความดันโลหิต มีเพคตินซึ่งเป็นไฟเบอร์ช่วย

ในการขับถ่าย มีสารแทนนินช่วยยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* ที่ทำให้เกิดท้องร่วง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวเกรียบวาวกล้วยหอมทอง วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบวาวกล้วยหอมทองที่ผลิตได้เทียบกับสูตรพื้นฐาน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวเกรียบวาวกล้วยหอมทอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

กล้วยหอมทองระยะการสุกที่ 7 ผิวสีเหลืองมีจุดกระสีน้ำตาล สุกเต็มที่ที่มีกลิ่นหอมแบ่งข้าวเหนียว น้ำตาลมะพร้าว น้ำมันพืช งาคั่ว น้ำสะอาดผ่านกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส

3.2 เครื่องมือ

เครื่องปั่นผสม (ยี่ห้อพานาโซนิค รุ่น MX-900M) เครื่องผสมอาหารไฟฟ้า (ยี่ห้อ Kenwood รุ่น chef) ตู้บลูมร้อนแบบถาด (ยี่ห้อ JSR รุ่น JSOF-Series Dual Chamber Oven) เต้าปิ้งไฟฟ้า (ยี่ห้อ Kashiwa รุ่น KW-3010)

3.3 การเตรียมกล้วยหอมทอง

นำเนื้อกล้วยหอมทองใส่เครื่องปั่นผสม บดให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาที แล้วกรองด้วยกระชอนจะได้เนื้อกล้วยหอมทองบด วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 3.5.1-3.5.5 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4 การผลิตข้าวเกรียบวาวกล้วยหอมทอง

การผลิตข้าวเกรียบวาวกล้วยหอมทองโดยเติมน้ำกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ ผสมลงในสูตรพื้นฐาน ซึ่งข้าวเกรียบวาวสูตรพื้นฐานผลิตตามวิธีที่ดัดแปลงจาก ราชศักดิ์ ขุนคง [4] ประกอบด้วยแป้งข้าวเหนียว 450 กรัม น้ำต้มเดือด

350 กรัม น้ำตาลมะพร้าว 100 กรัม งาดำ 15 กรัม และน้ำมันพืช 10 กรัม มีวิธีการผลิตดังนี้ ผสมแป้งข้าวเหนียวกับน้ำเดือดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอาหารไฟฟ้า ปั่นให้เป็นแท่งขนาด 1 นิ้ว ใส่ลังถึงนึ่งให้สุก จากนั้นนำมาผสมกับน้ำตาลมะพร้าวและงาดำคั่ว ขึ้นรูปเป็นแผ่นกลมแบนเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร บนพลาสติกที่ทำด้วยน้ำมันพืชและกดด้วยแผ่นไม้ แล้วนำเข้าตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3.5 ชั่วโมง จากนั้นปิ้งให้สุกพองด้วยเตาปิ้งไฟฟ้ากลับแผ่นด้านละประมาณ 2 นาที พักบนตะแกรง บรรจุถุงโอพีฟูลงละ 1 แผ่น ปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกไฟฟ้า เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์คุณภาพตามข้อ 3.5.3-3.5.10 เทียบกับสูตรพื้นฐานทำการทดลอง 3 ซ้ำเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด

3.5 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.5.1 ค่าพีเอช (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ WTW รุ่น INOLAB 720

3.5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ด้วย hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N-1E

3.5.3 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ด้วยเครื่อง Halogen moisture analyzer ยี่ห้อ Sartorius รุ่น MA 100 [5]

3.5.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี ยี่ห้อ Aqualab รุ่น Series 3

3.5.5 ค่าสี ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ด้วยเครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น CQXE/SAV-2 แสดงค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าสีแดง (Redness, a^*) และค่าสีเหลือง (Yellowness, b^*)

3.5.6 วัดความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) ด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์

3.5.7 อัตราการขยายตัว (เท่า) โดยวัดปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบว่าวก่อนการปิ้งและหลังการปิ้งด้วยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (seed displacement method) อัตราการขยายตัวเท่ากับปริมาตรข้าวเกรียบว่าวหลังการปิ้งหารด้วยปริมาตรก่อนการปิ้ง

3.5.8 ปริมาตรจำเพาะ (specific volume) โดยชั่งน้ำหนักข้าวเกรียบว่าวด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดอย่างน้อย 0.01 กรัม และวัดปริมาตรของข้าวเกรียบว่าวโดยใช้วิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา คำนวณปริมาตรจำเพาะ (มิลลิลิตร/กรัม)

3.5.9 ความแข็ง (hardness) และความกรอบ (crispness) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TA.XT Plus Texture Exponent 32 โดยใช้หัววัดแบบหัวเจาะปลายหน้าตัดเรียบ P/6 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) [6]

3.5.10 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ การเกาะติดฟัน การละลายในปาก และความชอบโดยรวมของข้าวเกรียบว่าวกล้วยหอมทอง เทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน ใช้แบบทดสอบความชอบ 9 Point Hedonic Scale โดย 1 แทนไม่ชอบมากที่สุด 5 แทนเฉย ๆ และ 9 แทนชอบมากที่สุด ชิมสุตรละ 1 ชิ้น [7]

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของกล้วยหอมทอง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของกล้วยหอมทอง (ตารางที่ 1) พบว่า มีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 29.07 3.11 และ 10.36 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 78.11 วอเตอร์-แอกทิวิตี 0.98 ค่าพีเอช 4.96 และ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 19.90 องศาบริกซ์ ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยหอมทองที่นำมาใช้มีระยะการสุกที่ 7 ซึ่งสุกเต็มที่มักกลิ่นหอมมีสีเหลืองเข้มจากสารแคโรทีนอยด์ มีของแข็งที่ละลายน้ำได้ให้รสหวาน ได้แก่ ซูโครส ฟรุคโทส และกลูโคส มีค่าพีเอชเป็นกรดอ่อนเนื่องจากมี

ส่วนประกอบของวิตามินซี บี1 บี5 และบี9 และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มาก จุลินทรีย์ทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกล้วยหอมทอง

ลักษณะคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย±S.D.
L*	29.07±1.49
a*	3.11±0.61
b*	10.36±1.03
ความชื้น (ร้อยละ)	78.11±0.74
วอเตอร์แอคทิวิตี	0.98±0.00
พีเอช	4.96±0.13
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	19.90±0.10

4.2 ผลการศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอคทิวิตี ค่าสี L* a* และ b* ของข้าวเกรียบว่าวกล้วยหอมทอง ที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 2) พบว่า ข้าวเกรียบว่าวทุกสูตรมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีความชื้นร้อยละ 3.05-3.60 และวอเตอร์แอคทิวิตี 0.35-0.45 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเกรียบว่าวทุกสูตรจะผ่านกระบวนการปิ้งเพื่อให้พองกรอบซึ่งความร้อนจากการปิ้งทำให้ความชื้นระเหยออกไปจึงมีผลทำให้ข้าวเกรียบว่าวมีความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่แตกต่างกัน โดยอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.6 ได้แก่ อาหารแห้งและธัญชาติ จะเกิดการเน่าเสียยากสามารถเก็บรักษาได้นาน [8] ข้าวเกรียบว่าวมีค่า L* a* และ b*

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยค่า L* ของสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง จะมีค่ามากกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง ส่วนค่า a* และ b* ของสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง จะมีค่าน้อยกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยหอมทองสุกมีสีเหลืองจากแคโรทีนอยด์ รวมทั้งมีน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโทส และโปรตีนเป็นองค์ประกอบทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนเกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาลขึ้น โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [9] ส่งผลทำให้สูตรที่มีส่วนผสมของกล้วยหอมทองมีค่า b* และ a* เพิ่มขึ้น และมีค่า L* ลดลงตามปริมาณของกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอกทिवิตี ค่า L^* a^* และ b^* ของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแบ่ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน

ลักษณะคุณภาพ	สูตรพื้นฐาน	สูตรกล้วยหอมทอง (%)		
		20	35	50
ความชื้น ^{ns} (%)	3.05±0.05	3.39±0.04	3.55±0.03	3.61±0.05
วอเตอร์แอกทिवิตี ^{ns}	0.35±0.01	0.37±0.01	0.41±0.02	0.45±0.00
L^*	54.32 ^a ±0.00	52.56 ^a ±7.48	33.53 ^b ±6.28	32.86 ^b ±1.29
a^*	11.86 ^b ±2.28	13.29 ^b ±1.22	17.29 ^a ±0.89	19.42 ^a ±0.81
b^*	29.13 ^b ±2.84	30.53 ^b ±3.21	35.69 ^a ±1.84	37.92 ^a ±1.37

ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) และความหนา (มิลลิเมตร) อัตราการขยายตัว (เท่า) ปริมาตรจำเพาะ (มิลลิลิตรต่อกรัม) ของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแบ่ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 3) พบว่าข้าวเกรียบว่าวกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา อัตราการขยายตัว และปริมาตรจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแบ่ง จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าและมีความหนามากกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแบ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการพองตัวของข้าวเกรียบว่าวกขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนผสม [10] และ

กล้วยหอมทองสุกมีน้ำตาลกลูโคส ซูโครส ฟรุคโตส และโปรตีนเป็นส่วนประกอบซึ่งจะไปขัดขวางการพองตัวของเม็ดสตาร์ช จึงทำให้สูตรที่มีกล้วยหอมทองจะมีการพองตัวและขยายตัวลดลงตามปริมาณของกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับอัตราการขยายตัวและปริมาตรจำเพาะของข้าวเกรียบว่าวกที่พบว่า สูตรพื้นฐานและสูตรที่มีกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแบ่ง จะมีอัตราการขยายตัวและปริมาตรจำเพาะมากกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแบ่ง โดยจะเห็นว่าสูตรที่มีอัตราการขยายตัวมากจะมีปริมาตรจำเพาะมากด้วยแสดงว่ามีความหนาแน่นในโครงสร้างน้อย โปร่งพองและกรอบเปราะ

ตารางที่ 3 ขนาด อัตราการขยายตัว และปริมาตรจำเพาะของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแบ่ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน

ลักษณะคุณภาพ	สูตรพื้นฐาน	สูตรกล้วยหอมทอง (%)		
		20	35	50
เส้นผ่านศูนย์กลาง(มิลลิเมตร)	73.98 ^b ±1.38	72.28 ^b ±3.25	79.40 ^a ±1.86	80.85 ^a ±2.23
ความหนา (มิลลิเมตร)	7.54 ^a ±1.25	7.34 ^a ±0.74	4.72 ^b ±1.32	4.65 ^b ±2.07
อัตราการขยายตัว (เท่า)	7.24 ^a ±1.32	6.74 ^a ±1.26	5.16 ^b ±0.81	5.27 ^b ±0.55
ปริมาตรจำเพาะ (มิลลิลิตรต่อกรัม)	11.65 ^a ±3.76	10.82 ^a ±3.97	8.26 ^b ±3.31	7.72 ^b ±5.63

a b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ความแข็ง (นิวตันต่อมิลลิเมตร) และความกรอบ (จำนวนพิก) ของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 4) พบว่าข้าวเกรียบว่าวกมีความแข็งและความกรอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง จะมีความแข็งน้อยกว่าและมีความกรอบมากกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง ข้าวเกรียบว่าวกที่มีปริมาณของกล้วยหอมทอง

เพิ่มมากขึ้นจะมีความแข็งมากขึ้นและมีความกรอบลดลงตามปริมาณของกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยหอมทองสุกมีน้ำตาล เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส โปรโตเพคตินที่ไม่ละลายน้ำ เพคตินที่ละลายน้ำและโปรตีนซึ่งจะไปขัดขวางการพองตัว นอกจากนี้การเติมกล้วยหอมทองลงไปในส่วนผสมขณะที่ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินคงที่จะทำให้ข้าวเกรียบว่าวกที่ได้มีเนื้อแน่นขึ้นจึงมีผลทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้นและส่งผลทำให้ความกรอบของข้าวเกรียบว่าวกลดลง

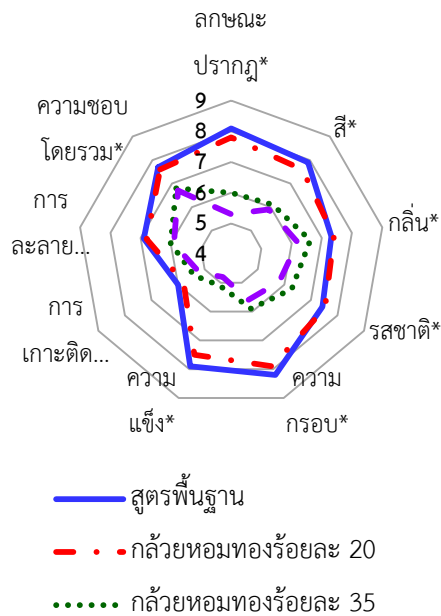
ตารางที่ 4 ความแข็งและความกรอบของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน

ลักษณะคุณภาพ	สูตรพื้นฐาน	สูตรกล้วยหอมทอง (%)		
		20	35	50
ความแข็ง (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	801.77 ^b ±201.07	867.98 ^b ±266.93	1149.58 ^a ±93.41	1410.40 ^a ±171.74
ความกรอบ(จำนวน peak)	46.11 ^a ±10.76	44.13 ^a ±11.22	31.78 ^b ±6.36	30.11 ^b ±4.97

a b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบว่าวกกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับสูตรพื้นฐาน (ภาพที่ 1) พบว่า ข้าวเกรียบว่าวกทุกสูตรมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง ความกรอบ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวเกรียบว่าวกสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความแข็งและความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่มีปริมาณของกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง ข้าวเกรียบว่าวกสูตรพื้นฐานและสูตรที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง มีลักษณะพองกรอบ ความหนาแน่นต่ำ มีผิวสัมผัสสีเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อนและเรียบเนียน ส่วนข้าวเกรียบว่าวกสูตรที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 35 และ 50 จะมี

เนื้อสัมผัสแข็งขึ้นและมีความกรอบลดลง มีกลิ่นของกล้วยหอมทองและความหวานเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกล้วยหอมทองมีสารให้กลิ่นเฉพาะตัว อาทิ เอมีลและไอโซเอมีล เอสเทอร์ของกรดอะซิติก โพรไพโอนิกและบิวทิริก เป็นต้น และมีรสหวานจากน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และฟรุคโตส ส่วนคะแนนความชอบด้านการละลายในปากและการเคาะติดฟันไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวเกรียบว่าวกมีแป้งข้าวเหนียวเป็นส่วนประกอบหลักและมีกระบวนการผลิตที่ทำให้เม็ดแป้งสุกจากการเจลาติไนส์ทำให้เม็ดแป้งเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลและในขั้นตอนสุดท้ายจะมีการให้ความร้อนเพื่อให้ข้าวเกรียบว่าวกพองกรอบโดยการปิ้งทำให้น้ำในเม็ดแป้งระเหยเป็นไอน้ำเกิดโครงสร้างของข้าวเกรียบที่เป็นรูพรุนจึงทำให้ละลายในปากและไม่เกาะติดฟัน



ภาพที่ 1 คะแนนความชอบเฉลี่ยของข้าวเกรียบว่าว กล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 35 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เทียบกับสูตรพื้นฐาน ns แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

* แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

5. สรุปผลการทดลอง

ข้าวเกรียบว่าวกล้วยหอมทองสูตรที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้งมีปริมาณความชื้นวอเตอร์แอคทีวิตี้ ความหนา อัตราการขยายตัว ปริมาตรจำเพาะ ค่าสี L^* a^* b^* ความแข็ง ความกรอบ และมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความแข็ง การเกาะติดฟัน การละลายในปากและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเติมกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้นพบว่าข้าวเกรียบว่าวจะมีกลิ่นรสกล้วยหอมทองมากขึ้นและมีคุณภาพทั้งกายภาพและคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านลดลงตามปริมาณของกล้วยหอมทองที่เติมลงไป ยกเว้นการเกาะติดฟันและการละลายในปากที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ข้าวเกรียบว่าวสูตรพื้นฐานและสูตรที่มี

ปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบว่าวที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 โดยน้ำหนักแห้ง สามารถเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคได้และเพิ่มศักยภาพของชุมชนในเรื่องการเสริมสร้างรายได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัตน์ จันทรทรัพย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนคำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิจัยนี้ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบว่าว มผช. 1143/2549.
- [2] Davey, M. W., Van den Bergh, I., Markham, R., Swennen, R., & Keulemans, J. (2009). Genetic variability in Musa fruit provitamin A carotenoids, lutein and mineral micronutrient contents. *Food Chemistry*. 115 (3), 806-813.
- [3] สรศักดิ์ งามสง่า, ญัฐฐา เลาทกุลจิตต์, และอรพิน เกิดชูชื่น. (2557). การสกัดและคุณลักษณะของสารให้กลิ่นรสกล้วยหอมทอง (Musa acuminate AAA group 'Gros Michel'). *วิทยุเกษตร*, 45(2)(พิเศษ), 49-52.
- [4] ราชศักดิ์ ขุนคง. (2555). ข้าวเกรียบว่าวโบราณ. จาก <https://youtu.be/05trFDvseU>
- [5] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed., Association of Official Analytical Chemistry, Washington, D.C.

- [6] ปานมนัส ศิริสมบุญ. (2554). เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ผสมของผลผลิตเกษตรและอาหาร. กรุงเทพฯ: มินเซอริวิส ซัพพลาย.
- [7] ปราณี อ่านเปรื่อง. (2557). หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตริวานิช. (2552). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] นิธิยา รัตนพนธ์. (2549). เคมีอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [10] ปทุมพร โสติรัตนพันธุ์. (2551). รายงานวิจัยการดัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

การพัฒนาน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อน

Development of Yoghurt Salad Dressing with Mulberry

นิตา อาบสุวรรณ¹, ศุภกิจ เพ็งพิงสุ¹, บุรินทร์ อะบายะทัศน์¹ และคเชนทร์ วงศ์ไสสา¹

Nida Arbsuwan¹, Suphakit Pengpudsa¹, Burin Apayapas¹ and Kachen Wongsaisa¹

¹สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

Arbsuwan@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอัตราส่วนของลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ต่อน้ำ (หม่อน : น้ำ) ของการผลิตน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อนโดยแบ่งน้ำสลัดออกเป็น 5 สูตรคือ Control, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ พบว่า น้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 169.79 ± 8.31 และ 175.31 ± 4.37 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox/มิลลิลิตรเมื่อตรวจสอบด้วยวิธี DPPH และวิธี ABTS มีปริมาณฟีนอลรวมเท่ากับ 0.88 ± 0.13 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/มิลลิลิตรนอกจากนั้นน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มีค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเท่ากับ 4.33 ± 0.01 , 9.67 ± 0.58 องศาบริกซ์, 0.28 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ และ 1.8×10^9 CFU/ มิลลิลิตรตามลำดับ เมื่อนำน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนสูตร 1:1 มาศึกษาระยะเวลาการเก็บของน้ำสลัดเป็นระยะเวลา 6 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าคุณสมบัติทางด้านเคมี จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังคงอยู่ตลอดการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่าหม่อนสามารถนำมาพัฒนาเป็นน้ำสลัดโยเกิร์ตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

คำสำคัญ : น้ำสลัดโยเกิร์ต, ลูกหม่อน, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

Abstract

The objective of this research was to study the ratio of Burirum 60 Mulberry strain to water (Mulberry:water) of yoghurt salad dressing with mulberry production. Salad dressing can be divided into five formulas such as Control, formula 1:1, formula 1:2, formula 1:3 and formula 1:4, respectively. The highest antioxidant activity showed salad yoghurt formula 1:1 about 169.79 ± 8.31 mg Trolox/ml and 175.31 ± 4.37 mg Trolox/ml by using DPPH and ABTS assay. The total phenolic content showed about 0.88 ± 0.13 mg Gallic/ml. Furthermore, the pH, total soluble solid, %lactic acid and lactic acid bacteria count of Salad yoghurt dressing with Mulberry juice (formula 1:1) was 4.33 ± 0.01 , $9.67 \pm 0.58^\circ$ Brix, 0.28 ± 0.01 , and 1.8×10^9 CFU/ml, respectively. Then, the formula 1:1 was determined to storage on six day at 4 °C. The result show that, the chemical properties, lactic acid bacteria count and antioxidant activity were found stable to during storage. Overall, Mulberry juice could be developed as yoghurt salad dressing with high antioxidant activity properties.

Keywords : Yoghurt Salad Dressing, Mulberry, Antioxidants activity, Lactic acid bacteria

1. บทนำ

น้ำสลัดนิยมนำมารับประทานกับผักและผลไม้สด เหมาะสำหรับผู้รักสุขภาพแต่ในปัจจุบันผู้บริโภคสามารถเลือกชนิดของน้ำสลัดได้อย่างหลากหลายเพื่อให้มีรสชาติที่ถูกต้องน้ำสลัดแบ่งออกเป็น น้ำสลัดแบบน้ำใส สลัดมายองเนส และสลัดครีม เป็นต้น โดยทั่วไปน้ำสลัดจะมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำมันพืช ไข่ไก่ น้ำตาล เกลือ และน้ำส้มสายชูอาศัยหลักการปั่นด้วยแรงกลหรือการโฮมจิไนซ์ทำให้น้ำสลัดเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีน้ำมัน ไข่ไก่ เป็นตัวประสานเพื่อไม่ให้แยกชั้น อย่างไรก็ตามน้ำสลัดทั่วไปค่อนข้างมีพลังงานสูง อาจกับผู้ที่เป็โรคเบาหวานหรือโรคอ้วน จึงได้มีการพัฒนาน้ำสลัดโดยการเติมผลไม้เข้าไปเพื่อมีสีและคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เช่น น้ำสลัดเสริมน้ำฟักข้าว เนื่องจากมีสารกลุ่มไลโคปีน (Lycopene) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง [1] รวมถึงการใช้น้ำผลไม้และหอมมาเป็นการประกอบในการทำน้ำสลัดซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำผลไม้และหอมทำให้กิจกรรมของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเช่นเดียวกัน [2] ดังนั้นจึงได้คัดเลือกลูกหม่อนที่เป็นผลไม้ไทยพบได้ทั่วไปตามท้องถื่นเนื่องจากในกาผลหม่อนมีปริมาณเถ้าไฟเบอร์โปรตีนไขมันและคาร์โบไฮเดรตรวมถึงปริมาณสารแอนโธไซยานิน สารประกอบฟีนอลิกมีการรายงานว่าผลหม่อนยังมีสารกลุ่มแคโรทีนวิตามินบีหนึ่งวิตามินบีสองวิตามินซีกลูโครสชูโครสกรดทาร์ทาริกกรดซัคซินิคและกรดซิตริก เป็นต้น [3]

หม่อนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* L. วงศ์ Moraceae เป็นพืชเศรษฐกิจในประเทศไทยลักษณะเป็นไม้ยืนต้นตระกูลเบอร์รี่ (Berry) เช่นเดียวกับบลูเบอร์รี่ (Blue berry) และราสเบอร์รี่ (Raspberry) หม่อนเป็นไม้พุ่มขนาดกลางสามารถปลูกได้ในทุกสภาพอากาศในประเทศไทย สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลหม่อนประกอบไปด้วยกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloids) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงโดยเฉพาะกลุ่มแอนโธไซยานิน (Anthocyanins) ในปริมาณสูงสามารถละลายน้ำได้ประกอบไปด้วยกลุ่มโพลีฟีนอล

หลายชนิด [4] โดยเฉพาะแอนโทไซยานินอีกชนิดหนึ่งคือไซยานิดินไทรรูติโนไซด์ (Cyanidin-3-rutinoside) หรือเคอราไซยานิดิน (Keracyanidin) ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างกว้างขวาง [3] การนำลูกหม่อนมาพัฒนาในการแปรรูปเป็นน้ำสลัดโยเกิร์ตทำให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและในโยเกิร์ตนั้นเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่ม *Lactobacillus delbrukei* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสที่อยู่ในนมเป็นกรดแลคติกทำให้รสเปรี้ยว [5] เกิดสารประกอบกรดอินทรีย์และกรดอะมิโนหลายชนิด ในขณะที่กรดอะมิโนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบที่หักกลิ่นได้แก่แอมโมเนีย (Ammonia) เอมีน (Amines) อัลดีไฮด์ (Aldehydes), ฟีนอล (Phenols) อินโดล (Indole) และแอลกอฮอล์ (Alcohols) ทำให้มีกลิ่นหอมและประโยชน์ต่อร่างกายรวมถึงในโยเกิร์ตมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อระบบลำไส้ [6]

จากข้อมูลข้างต้นจึงนำผลหม่อนมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำมาพัฒนาเป็นโยเกิร์ตน้ำสลัดที่เพิ่มหม่อนเข้าไปในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดโยเกิร์ตซึ่งจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสารแอนโธไซยานินของหม่อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระรวมถึงจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของลูกหม่อนต่อน้ำ
2. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี จุลินทรีย์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำสลัดโยเกิร์ตเสริมหม่อน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมน้ำหม่อน

นำลูกหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 แยกผลที่มีลูกสีดำมาทำความสะอาด แล้วนำไปปั่นกับน้ำในอัตราส่วนต่างๆ คือ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ทำการพาสเจอร์ไรส์

ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาทีรอให้เย็น จากนั้นเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การผลิตโยเกิร์ต

การหมักโยเกิร์ตใช้หัวเชื้อทางการค้าธรรมชาติ (ยี่ห้อ ดัชมิลล์) ปริมาณ 50 กรัมในนมพาสเจอร์ไรส์ 1 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 42 ± 2 องศาเซลเซียสเวลา 4 ชั่วโมงทำการวิเคราะห์คุณภาพโยเกิร์ตเบื้องต้นคือค่าพีเอชและน้ำโยเกิร์ตไปเป็นส่วนผสมของน้ำสลัดในแต่ละสูตร [7]

3.3 การผลิตน้ำสลัดจากโยเกิร์ตหม่อน

นำน้ำหม่อนและโยเกิร์ตที่เตรียมได้จากข้างต้น มาทำการผลิตน้ำสลัดโดยน้ำหม่อนใช้ปริมาณ 5 กรัม แบ่งออกเป็นสูตร Control, สูตร 1:1, สูตร 1:2, สูตร 1:3 และสูตร 1:4 โดยที่สูตร Control ไม่ได้เติมน้ำหม่อน จากนั้นเติมโยเกิร์ต 45 กรัม น้ำผึ้ง 5 กรัม ไข่แดง 4 กรัม และน้ำมันรำข้าว 41 กรัม จากนั้นทำการปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันให้ครบทั้ง 5 สูตร ลักษณะของน้ำสลัดจะมีความหนืด ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี แบคทีเรีย ผลิตรกรดแลคติก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำสูตรที่ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดมาศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 1,2,3,4,5 และ 6 วัน

3.4 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกและความเป็นกรด-ด่าง

ตัวอย่างน้ำสลัดโยเกิร์ตที่เสริมหม่อนในแต่ละสูตรมาวัดค่าพีเอชโดยใช้เครื่อง pH-meter และหาเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกโดยวิธี Titratable acidity ตามวิธีใน AOAC [8] นำตัวอย่างน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อน 10 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตรและเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร นำมาไตเตรทกับ 0.1 N NaOH โดยใช้ 1 เปอร์เซ็นต์ ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์จนกระทั่งถึงจุดยุติจะเป็นสีชมพูจากนั้นนำปริมาตรของ 0.1 N NaOH ที่ใช้ไปมาคำนวณหาปริมาณกรดแลคติก

3.5 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

นำตัวอย่างมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand refractometer (ATAGO) โดยรายงานผลเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$)

3.6 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำสลัดโยเกิร์ตจากหม่อนด้วยวิธี DPPH

ตัวอย่างน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนแต่ละสูตรที่ได้ นำมาปั่นที่ความเร็ว 10000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาเติมด้วยสารละลาย 0.1 mM DPPH ปริมาตร 2000 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาทีนำวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่างนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอคซ์รายงานเป็นหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอคซ์/มิลลิลิตร

3.7 การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อนด้วยวิธี ABTS

เตรียมสารละลาย ABTS โดยการผสม 7.5 มิลลิโมลาร์ ABTS กับ 2.45 มิลลิโมลาร์ Potassium persulfate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) ที่ละลายในน้ำกลั่นบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย ABTS⁺ ที่มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 7.00 ปริมาตร 1980 ไมโครลิตร นำไปวัดความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่างนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอคซ์รายงานเป็นหน่วย มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอคซ์/มิลลิลิตร

3.8 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วย Folin-Ciocalteu โดยนำตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร มาผสมกับสารละลาย 10% Folin-ciocalteu's reagent และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 มิลลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่างนำไปเทียบกับกราฟ

มาตรฐานกรดแลคติกรายงานเป็นหน่วยมิลลิกรัมสมมูล
ของกรดแลคติก/มิลลิลิตร

3.9 การศึกษาแบคทีเรียกรดแลคติกบนอาหาร MRS Agar

นำตัวอย่างน้ำสลัดโยเกิร์ตจากหม่อนในแต่ละ
สูตรมาเจือจางแบบ Serial dilution ด้วยสารละลาย NaCl
0.85% ปริมาณ 9 มิลลิลิตร มาเจือจางตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-6}
จากนั้นนำมาตรวจสอบจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกบน
อาหาร MRS agar ที่เติม CaCO_3 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ
30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี
ที่มีวงใสรอบ ๆ แบคทีเรียรายงานเป็น CFU/มิลลิลิตร

3.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองนำมาวิเคราะห์
วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย analysis of variance
(ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบ
ค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี
Duncan's new multiple range test

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 คุณสมบัติทางเคมีและจำนวนแบคทีเรียผลิต กรดแลคติกของน้ำสลัดโยเกิร์ตจากหม่อนการ

ผลิตโยเกิร์ตจากจุลินทรีย์ *Lactobacillus*
delbrueckii subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus*
thermophilus ซึ่งเป็นหัวเชื้อทางการค้าพบว่า การหมัก
ชั่วโมงที่ 4 มีคุณสมบัติของความเป็นกรดต่างเท่ากับ
 4.90 ± 0.00 เมื่อนำไปผลิตน้ำสลัดโยเกิร์ตผสมกับ
ความเข้มข้นของน้ำหม่อนในอัตราส่วนต่าง ๆ (หม่อน:น้ำ)
คือ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยแบ่งน้ำสลัดโยเกิร์ตหม่อน
เป็น 5 สูตร เทียบกับสูตร Control (ที่ไม่เติมน้ำหม่อน)
คุณสมบัติทางเคมีและแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของน้ำ
สลัดโยเกิร์ตหม่อนแสดงดังตารางที่ 1พบว่าสูตรที่มีปริมาณ
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุดคือสูตร Control,
สูตร 1:2 และ สูตร 1:1 ตามลำดับ เมื่อทดสอบผลทาง
สถิติพบว่าทั้ง 3 สูตรนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่าง และ

เปอร์เซ็นต์กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนแบคทีเรีย
ผลิตกรดแลคติกจะพบมากที่สุดในสูตร 1:1 เท่ากับ
 1.86×10^9 CFU/มิลลิลิตร อาจะเนื่องจากผลของกากหม่อน
ที่มีปริมาณสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ทำให้เป็นแหล่งอาหารของ
แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกได้ดีจึงมีจำนวนเพิ่มขึ้น

จากการตรวจสอบทางสถิติของจุลินทรีย์ให้ผล
ที่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตร Control,
สูตร 1:2, สูตร 1:3 และสูตร 1:4 พบว่าสูตร 1:1 ให้ผล
ที่แตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการทดลองนี้พบว่า
คุณภาพการผลิตน้ำ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีจำนวนแบคทีเรียผลิตกรด
แลคติกของน้ำสลัดโยเกิร์ต

Formulas	Total soluble solid ("Brix)	pH	Lactic acid (%)	Lactic acid bacteria (CFU/mL)
Control	10.00 ± 0.00^a	4.42 ± 0.00^c	0.25 ± 0.01^a	6.33×10^{8b}
1:1	9.67 ± 0.00^a	4.33 ± 0.01^c	0.28 ± 0.01^a	1.86×10^{9a}
1:2	10.00 ± 0.00^a	4.35 ± 0.01^d	0.28 ± 0.01^a	8.33×10^{8b}
1:3	6.00 ± 0.00^b	5.05 ± 0.01^b	0.20 ± 0.01^b	8.33×10^{8b}
1:4	6.00 ± 0.00^b	5.08 ± 0.01^a	0.19 ± 0.01^b	8.67×10^{8b}

หมายเหตุ^{a, b และ c} หมายถึงการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น
95 %

สลัดโยเกิร์ตทั้ง 5 สูตรพบจุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอซิด
แบคทีเรียยังคงมีชีวิตอยู่รอดในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดโยเกิร์ต
แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำส่วนที่เป็นโยเกิร์ตจากนมวัวมาเป็น
ส่วนผสมในน้ำสลัดหม่อนยังคงพบจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรีย
ผลิตกรดแลคติกได้ในจำนวนที่สูง มีการรายงานว่า
Streptococcus thermophilus จะทำหน้าที่ในการสร้าง
กรดแลคติกเป็นหลักและพบการสร้างกรดฟอร์มิก
(formic acid) ปริมาณเล็กน้อยซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญ
ของแบคทีเรีย *Lactobacillus delbrueckii* subsp.
bulgaricus นอกจากนั้นพบว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถ
สร้างกรดอะมิโนได้ด้วยทำให้ส่งเสริมหรือกระตุ้น
การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Streptococcus*
thermophilus ในขณะที่ส่วนประกอบทางเคมีของนม
ส่วนมากจะพบของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและ

องค์ประกอบส่วนของไขมันส่วนนี้จะส่งผลต่อกิจกรรมของ
การทำงานของหัวเชื้อที่ใช้ในการหมักโยเกิร์ต [9]

4.2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำสลัดโยเกิร์ตหมอน ด้วยวิธีDPPH, ABTS และปริมาณฟีนอลิกรวม

น้ำสลัดที่ได้ทั้ง 5 สูตรนำมาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูล
อิสระด้วยวิธีDPPH พบว่า น้ำสลัดโยเกิร์ตสูตร 1:1 มีฤทธิ์
ต้านอนุมูลอิสระที่สูงมีค่าเท่ากับ 169.79 ± 8.31 มิลลิกรัม
สมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิลิตร และ 175.31 ± 4.37
มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ
รองลงมาคือสูตร 1:2, สูตร 1:3, สูตร 1:4 และสูตร
Control ซึ่งมีค่าการต้านอนุมูลอิสระแสดงในตารางที่ 2
ในขณะที่วิธี ABTS ผลของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้ผลในสูตร
1:1 และ 1:2 ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา
จากการทดสอบทั้ง 2 วิธี แสดงให้เห็นว่าสูตรที่ให้ฤทธิ์ต้าน
อนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ สูตร 1:1 เนื่องจากความเข้มข้น
ของน้ำหมอนมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิก
เท่ากับ 0.88 ± 0.13 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/
มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวม
ของน้ำสลัดโยเกิร์ตหมอน

Formulas	DPPH (mgTrolox/ml)	ABTS (mgTrolox/ml)	Total Phenolic content (mgGallic/ml)
Control	29.60 ± 0.31^e	31.39 ± 1.86^c	0.21 ± 0.00^c
1:1	169.79 ± 8.31^a	175.31 ± 4.37^a	0.88 ± 0.13^a
1:2	157.22 ± 10.79^b	175.53 ± 2.11^a	0.72 ± 0.19^b
1:3	88.17 ± 5.16^c	109.25 ± 3.35^b	$0.61 \pm 0.03^a^b$
1:4	35.24 ± 1.48^d	56.95 ± 0.84^c	$0.64 \pm 0.02^a^b$

หมายเหตุ ^{a, b, c, d และ e} หมายถึงการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น
95 %

จากการศึกษาพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น
เป็นเพราะแอนโทไซยานินส์ที่อยู่ในลูกหมอนซึ่งเป็นสารที่มี
สีม่วง ซึ่งถ้ามีสีม่วงเข้มจะส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง
ไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสูตรน้ำสลัดโยเกิร์ตจากหมอน
ในสูตร 1:1 เนื่องจากมีความเข้มข้นของน้ำหมอนสูงที่สุด
ในขณะที่การใช้อัตราส่วนของน้ำหมอนในสูตรอื่น ๆ ฤทธิ์ต้าน

อนุมูลอิสระจะลดลงตามความเข้มข้นของอัตราส่วนในการใช้
น้ำหมอนโดยเฉพาะ 1:4 จะให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อย
ส่วนสูตร Control ที่ไม่ได้เติมน้ำหมอนยังคงพบฤทธิ์ต้าน
อนุมูลอิสระน้อยที่สุดดังนั้นจึงคัดเลือกสูตร 1:1 ไปศึกษา
ระยะการเก็บของน้ำสลัดโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ 4 องศา
เซลเซียส เทียบกับสูตรควบคุมดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำสลัด
โยเกิร์ตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอยู่กับความ
เข้มข้นของน้ำหมอนซึ่งมีรายงานว่า การเพิ่มแยมผลไม้และ
หมอนในน้ำสลัดพบว่าให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นเมื่อ
ตรวจสอบด้วยวิธี DPPH [1]

4.3 ระยะการเก็บของน้ำสลัดโยเกิร์ตหมอน

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของระยะ
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากน้ำสลัด
โยเกิร์ตสูตร Control และสูตร 1:1 แสดงดังตารางที่ 3
พบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้
ของสูตร Control และ สูตร 1:1 เพิ่มขึ้น จนถึงระยะการ
เก็บรักษาถึงวันที่ 6 และพบเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกเพิ่มขึ้น
เล็กน้อยซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่างที่ลดลงใน
ขณะที่จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกอยู่ในช่วง 10^7
CFU/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตรอด
จนถึงสิ้นสุดระยะการเก็บ จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า
การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์เบื้องต้นสามารถ
ยังรักษาคุณภาพของน้ำสลัดโยเกิร์ตหมอนได้ดีจนถึง
วันที่ 6

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของระยะการเก็บน้ำสลัด
โยเกิร์ตจากสูตร Control และสูตร 1:1 ที่อุณหภูมิ 4
องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4 เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี
DPPH และ ABTS พบว่าสูตรควบคุมและสูตร 1:1 พบ
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังคงอยู่ตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 6
ในขณะที่น้ำสลัดโยเกิร์ตหมอนสูตร 1:1 ที่เติมน้ำหมอน
มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นเดียวกัน จากผลการศึกษา
ระยะการเก็บรักษาของน้ำสลัดโยเกิร์ตหมอนยังคงมีฤทธิ์
ต้านอนุมูลอิสระอยู่ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด แสดงให้เห็นว่า
การเติมน้ำหมอนยังคงมีสารประกอบฟีนอลิกในน้ำหมอน
คงอยู่ซึ่งสอดคล้องกับผลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนั้น

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

การพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในสูตร การศึกษาในงานวิจัยนี้ได้พบว่าการเติมน้ำหม่อน Control อาจจะเนื่องมาจากกลุ่มกรดอะมิโน หรือเปปไทด์ โยเกิร์ตเพิ่มเข้าไปในการผลิตน้ำสลัดทำให้เพิ่มฤทธิ์ต้าน ที่ได้จากโปรตีนเคซีนในนมที่ผ่านกระบวนการหมักของ อนุมูลอิสระได้ดีและจุลินทรีย์ในกลุ่มโพรไบโอติกในน้ำสลัด โยเกิร์ตทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน [10] ยังคงอยู่จนถึงสิ้นสุดระยะการเก็บ

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีและแบคทีเรียผลิตภัณฑ์กรดแลคติกของระยะการเก็บน้ำสลัดโยเกิร์ตจากสูตร Control และสูตร 1:1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Formulas	Time (days)	Total soluble solid (°Brix)	pH	Lactic acid (%)	Lactic acid bacteria (CFU/ml)
Control	1	10.00±0.00 ^c	5.58±0.01 ^a	0.16±0.01 ^b	3.43×10 ^{7a}
	2	12.00±1.15 ^b	5.55±0.01 ^b	0.16±0.01 ^b	2.23×10 ^{7ab}
	3	12.00±0.00 ^b	5.55±0.00 ^b	0.18±0.00 ^{ab}	2.66×10 ^{7b}
	4	12.00±0.00 ^a	5.56±0.01 ^b	0.19±0.00 ^a	2.63×10 ^{7b}
	5	12.00±1.15 ^b	5.55±0.01 ^b	0.19±0.01 ^a	2.22×10 ^{7ab}
	6	12.00±0.00 ^b	5.54±0.01 ^b	0.18±0.00 ^a	2.10×10 ^{7c}
1:1	1	12.00±0.00 ^a	5.35±0.01 ^a	0.21±0.00 ^d	3.30×10 ^{7a}
	2	14.00±0.00 ^a	5.33±0.00 ^c	0.22±0.01 ^{bc}	2.33×10 ^{7b}
	3	14.00±0.00 ^a	5.33±0.00 ^{ab}	0.23±0.00 ^{ab}	2.06×10 ^{7b}
	4	14.00±0.00 ^a	5.34±0.00 ^{ab}	0.24±0.00 ^a	2.43×10 ^{7b}
	5	14.00±0.00 ^a	5.32±0.00 ^d	0.23±0.00 ^{ab}	2.56×10 ^{7b}
	6	14.00±0.00 ^a	5.34±0.00 ^{ab}	0.23±0.00 ^{ab}	3.80×10 ^{7a}

หมายเหตุ^{a, ab, c และ d} หมายถึงการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกของระยะการเก็บน้ำสลัดโยเกิร์ตจากสูตร Control และสูตร 1:1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Formulas	Time (days)	DPPH (mgTrolox/ml)	ABTS (mgTrolox/ml)	Total Phenolic content (mgGallic/ml)
Control	1	38.19±0.16 ^{cd}	56.65±0.54 ^c	2.83±0.03 ^a
	2	39.14±0.42 ^{bc}	57.95±0.30 ^c	2.89±0.20 ^a
	3	40.09±0.58 ^a	53.87±1.27 ^d	2.48±0.04 ^b
	4	39.81±0.64 ^{ab}	64.15±1.17 ^a	2.40±0.04 ^b
	5	37.83±0.22 ^d	61.72±0.15 ^b	2.54±0.04 ^b
	6	38.64±0.00 ^{cd}	65.15±0.26 ^a	2.42±0.03 ^b
1:1	1	114.42±5.68 ^a	134.10±4.88 ^b	2.08±0.21 ^{ab}
	2	110.47±2.97 ^a	129.55±7.01 ^b	1.95±0.11 ^b
	3	108.78±1.71 ^a	153.17±12.24 ^a	2.15±0.07 ^{ab}
	4	113.15±5.39 ^a	155.12±0.99 ^a	2.35±0.12 ^a
	5	115.40±4.56 ^a	152.30±3.27 ^a	1.97±0.22 ^b
	6	108.22±3.17 ^a	152.74±3.95 ^a	2.26±0.05 ^a

หมายเหตุ^{a, b, bc, cd และ d} หมายถึงการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากข้อมูลในงานวิจัยนี้จะเป็นพื้นฐานในการนำลูกหม่อนไปพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดโยเกิร์ตต่อผู้ประกอบการและการต่อยอดงานวิจัยต่อผู้ที่สนใจในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาชีววิทยาประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิจัยในครั้งนี้และผู้ร่วมวิจัยในสาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม สาขาชีววิทยาประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ทุกท่านที่ให้งานวิจัยดำเนินสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Naknaen, P., Chinnapitiwong, N. & Kruayoo, P. (2018). Enhancing the quality attributes of salad dressing by incorporating Gac aril as a biologically active ingredient. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, 1-9.
- [2] Kim, H. D., et al. (2012). The Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Extracts of Schisandra chinensis Baillon Salad Dressing Prepared with Yam Juice and Mulberry. *KOREAN J. FOOD COOKERY SCI*, 28(5), 531-540.
- [3] ลือชัย บุตรคุป (2555). วิจัยพบ “ลูกหม่อน” ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. *สารวิจัยเพื่อชุมชน*, 1(3), 41-47.
- [4] Zhang, H., Ma, Z. F., Luo, X. & Li, X. (2018). Effects of Mulberry Fruit (*Morus alba* L.) Consumption on Health Outcomes: A Mini-Review. *MDPI Journal: Antioxidant*, 7(69), 1-13.
- [5] สุนัดดา โยมญาติ. (2557). โยเกิร์ต. สืบค้น 10 เมษายน 2564, จาก : <http://biology.ipst.ac.th>.
- [6] Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu H., Tian, H. & Zhao G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(S1), 316-330.
- [7] Tseng, A & Zhao, Y. (2013). Wine grape pomace as antioxidant dietary fiber for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, 138, 356-365.
- [8] AOAC. (1990). *Official Method of Analysis*. (15th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- [9] Aswal, P., Shukla, A. & Priyadarshi, S. (2012). Yoghurt : preparation, characteristics and recent advancements. *Cibtech Journal of Bio-Protocols*, 1(2), 32-34.
- [10] Muniandy, P., Shori, A.B., & Baba, A.S. (2016). Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. *Food Packag Shelf Life*, 8, 1-8.

การพัฒนาฟิล์มบริโกล์ได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน Development of Edible Film from Cassava Starch Mixed with Modified Starch from Durian Seed

อดุลย์สมาน สุขแก้ว^{1*} ศศมล ผาสุก¹ และปณณช นิลแสง¹

Adulsman Sukkaew^{1*} Sasamol Phasuk¹ Poonyanuch Nilsang¹

¹สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี; adulsman.s@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสกัดแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน และศึกษาการพัฒนาฟิล์มบริโกล์ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน โดยการทดลองที่ 1 เติมน้ำละลายกรดซัลฟิวริก 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร การทดลองที่ 2 เติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรต่อปริมาตร และการทดลองที่ 3 ปรับสภาพโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แล้วเติมกลีเซอรอลเข้มข้นที่ 0, 15, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การทดลองที่ 3 ที่มีการเติมกลีเซอรอล 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาวะที่ดีที่สุด โดยให้ค่าความหนา ค่าแอกติวิตีของน้ำ ค่าการละลาย และ ค่าการต้านแรงดึง เท่ากับ 0.298 มิลลิเมตร, 0.54, 58.23 เปอร์เซ็นต์ และ 0.72 นิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในความเป็นไปได้ในการต่อยอดและส่งเสริมการพัฒนาฟิล์มบริโกล์ได้ นอกจากเป็น การสร้างมูลค่าเพิ่มของเมล็ดทุเรียนแล้วยังสามารถสร้างธุรกิจทางอุตสาหกรรมและเป็นการถนอมอาหารอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ : ฟิล์มบริโกล์แป้งมันสำปะหลัง แป้งดัดแปร เมล็ดทุเรียน

Abstract

Objective of this research is to study methods for extracting modified starch durian seed and To study the development of suitable edible film from cassava starch mixed with modified starch from durian seed. Experiment 1 added 2 % V/V of H₂SO₄ solution, Experiment 2 added 2 %W/V of NaOH solution. And experiment 3: conditioning by heating at 121 ° C. All experiment were added glycerol concentration at 0, 15, 30 and 60%. The result showed that experiment 3 with 15 percent glycerol added was the best condition. By giving the thickness, The water activity, solubility and tensile strength were 0.298 mm, 0.54, 58.23% and 0.72 N / m, respectively. In the possibility of extending and promoting the development of edible film, apart from creating added value of durian seeds, it can also create an industrial business and be another way of preserving food.

Keywords : Edible Film, Cassava Starch, Modified Starch, Durian Seed

1. บทนำ

ทุเรียนในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นพืชไม้ผลเศรษฐกิจและยังสามารถสร้างรายได้มหาศาลให้กับประเทศไทย

แต่ผลทุเรียนที่ยังประสบปัญหาอยู่มากโดยปัญหาในช่วงฤดูมักเผชิญกับการล้นของทุเรียนและการเน่าเสียของผลทุเรียนส่งผลให้เกิดการแปรรูปเป็นทุเรียนกวนเกิดขึ้นและได้เมล็ดทุเรียนเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการ

ดังกล่าว ซึ่งในบางชุมชนก็นำเมล็ดทุเรียนไปใช้ประโยชน์โดยนำมาต้มเพื่อการบริโภค แต่ส่วนใหญ่จะนำเมล็ดทุเรียนไปทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ เมล็ดทุเรียนมีองค์ประกอบของแป้งประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ศึกษาการนำแป้งเมล็ดทุเรียนมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นอกจากนี้แป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียนมีพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีสมบัติเป็นเอกลักษณ์จึงสามารถนำแป้งเมล็ดทุเรียนมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มใช้เป็นบรรจุภัณฑ์และใช้ทำเป็นแคปซูลยาที่เป็นฟิล์มย่อยสลายที่มีลักษณะแข็งโดยทั่วไปแล้วแคปซูลยาที่ใช้มักผลิตมาจากโปรตีนเจลาติน แต่แคปซูลยาจากแป้งเมล็ดทุเรียนผลิตจากพอลิแซ็กคาไรด์ จึงได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือทิ้งเม็ดทุเรียนเป็นแหล่งของแป้งเพื่อผลิตฟิล์มที่ย่อยสลายได้และแคปซูลยาแบบแข็ง [1-5] นอกจากนี้มีบางรายวิจัยได้มีการนำเมล็ดทุเรียนมาแปรรูปเป็นแป้งตัดแปรด้วยกระบวนการวิธีต่างชนิดกันแต่กระบวนการดังกล่าวยังไม่สามารถเพื่อการค้าได้ [1] การหาแนวทางเพื่อการแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่และสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสุเชิงพาณิชย์ได้ยังมีน้อย ซึ่งในการนำพัฒนาแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียนสู่การพัฒนาฟิล์มบริโภคก็เป็นแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการแก้ปัญหาต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำได้ [6-8]

ดังนั้นในโครงการนี้จึงมุ่งเน้นวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเมล็ดทุเรียนให้เกิดประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงสุด โดยพัฒนาและศึกษาการตัดแปรแป้งจากเมล็ดทุเรียนที่เหมาะสม แล้วนำแป้งที่คัดเลือกได้นำมาพัฒนาสูตรผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียน
2. เพื่อการพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ สารเคมี และอุปกรณ์

วัตถุดิบ เมล็ดทุเรียนจากอุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียนทอด/ทุเรียนกวนอำเภอเมือง จันทยยะลา จำนวน 50 กิโลกรัม

สารเคมี

กลีเซอรอล, โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์, เอทานอล, โซเดียมไฮดรอกไซด์

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดค่าแอกติวิตีของน้ำ, เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส, ตู้บลมร้อน, ฮีทเตอร์, โทดูดความชื้น

3.2 วิธีดำเนินงาน

การศึกษาวิธีการสกัดแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

ขั้นตอนที่ 1 นำเมล็ดทุเรียนน้ำเปลือกส่วนนอกของเมล็ดออกแล้วนำมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาดเล็กกลึงจากนั้นนำไปอบให้แห้งสนิทในตูบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ลงในโทดูดความชื้น แล้วผึ่งในถุงสุญญากาศเก็บในที่อุณหภูมิห้อง [9-11]

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมตัวอย่างแป้งตัดแปรจากเมล็ดทุเรียนโดยการนำเมล็ดทุเรียนนำมาปั่นให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 Mesh แล้วทำการศึกษาออกเป็น 3 การทดลอง ประกอบด้วย การทดลองที่ 1 ซึ่งน้ำหนักของผงเมล็ดทุเรียนต่อสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรโดยปริมาตร ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 10 โดยการเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที [13-15] การทดลองที่ 2 ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่เปลี่ยนสารเคมีจากสารละลายกรดซัลฟูริกเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ [13, 15-17] การทดลองที่ 3 ซึ่งน้ำหนักของผงเมล็ดทุเรียนเติมน้ำกลั่น ในอัตราส่วนเท่ากับ 1:10 โดยการเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยทั้ง

3 การทดลองทำการกรองแล้วปรับพีเอชให้เป็นกลาง แล้วนำแป้งดัดแปรไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง [15,18-20] นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดรู 80 Mesh บรรจุลงแป้งดัดแปรในถุงพลาสติกแล้วปิดผนึกแล้วเก็บในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง

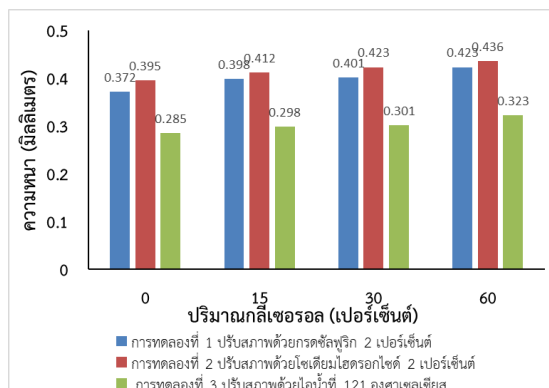
การพัฒนาฟิล์มบรีโกลได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

เตรียมแป้งในแต่ละสภาวะการทดลองผสมกับน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรแล้วเติมกลีเซอรอลที่ 0, 15, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ กวนสารให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน แล้วดูดสารละลายดังกล่าวปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในภาชนะแก้ว แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที แล้วลอกแผ่นฟิล์มให้เป็นแผ่นและเก็บในโถดูดความชื้น [21-24] โดยวัดความหนา ค่าการต้านแรงดึง การละลายน้ำ วัดค่าแอสคิวติวิตีของน้ำ [21, 24, 25-27]

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

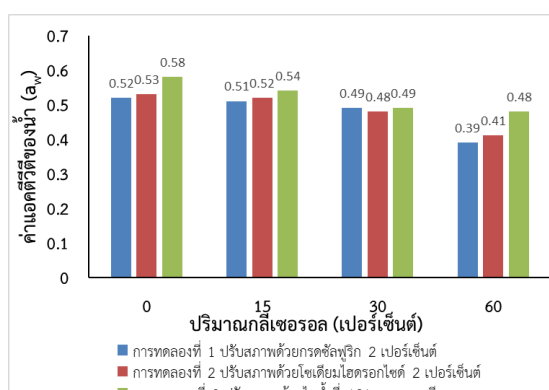
การพัฒนาฟิล์มบรีโกลได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียนพบว่าผลการศึกษาวิธีการสกัดแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียนสู่การพัฒนาฟิล์มบรีโกลได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียนทั้งสามวิธีที่สภาวะมีความหนา การต้านแรงดึง การละลายน้ำ วัดค่าแอสคิวติวิตีของน้ำ ที่แตกต่างกัน โดยค่าความหนาของฟิล์มบรีโกลได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียนพบว่า การไม่ใช้กลีเซอรอลในการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และ การทดลองที่ 3 มีความหนาเท่ากับ 0.372 ± 0.02 , 0.395 ± 0.05 และ 0.285 ± 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ และใช้การเติมกลีเซอรอล 15, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละการทดลองพบ การใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาของฟิล์มบรีโกลได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่มีความเข้มข้น

น้อยกว่า โดยมีค่าความหนาเท่ากับ 0.423 ± 0.14 , 0.426 ± 0.21 และ 0.3230 ± 0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความหนาของฟิล์มบรีโกลได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

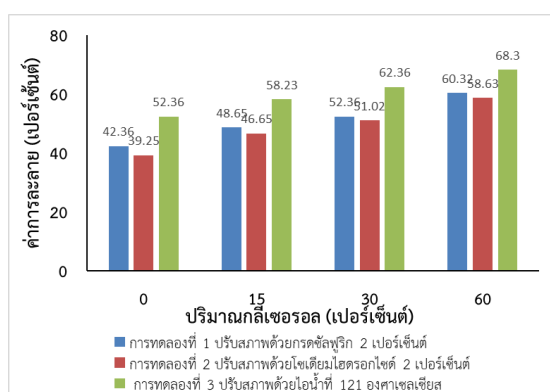
เมื่อนำฟิล์มบรีโกลได้นำมาวัดค่าแอสคิวติวิตีของน้ำพบว่า การทดลองที่ 3 ที่มีการปรับสภาพด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีค่าแอสคิวติวิตีของน้ำสูงสุดเมื่อเทียบกับการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ในสภาวะเดียวกัน โดยผลการทดลองที่ได้เท่ากับ 0.58 ± 0.12 , 0.54 ± 0.11 , 0.49 ± 0.08 และ 0.48 ± 0.14 ตามลำดับ ดังแสดงตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าแอสคิวติวิตีของน้ำของฟิล์มบรีโกลได้ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

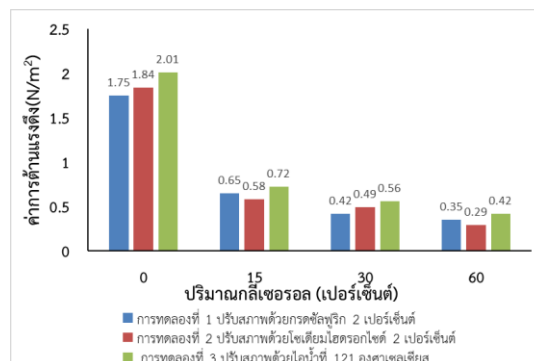
เมื่อวิเคราะห์การละลายพบว่าประสิทธิภาพของการใช้กรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ของการทดลองที่ 1

และการทดลองที่ 2 มีการละลายที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การปรับสภาพด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยการทดลองที่ 2 ที่มีการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าการละลายสูงสุดแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ 1 แต่จะมีความแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เท่ากับ 39.25 ± 2.25 , 46.65 ± 1.33 , 31.02 ± 3.33 และ 58.63 ± 2.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าการละลายของฟิล์มบรีโกลด์ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

การวิเคราะห์การต้านแรงดึงของฟิล์มบรีโกลด์ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียนพบว่าทุกการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ที่ไม่เติมกลีเซอรอลมีค่าการต้านแรงดึงที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการเติมปริมาณกลีเซอรอล เท่ากับ 1.75 ± 0.25 , 1.84 ± 0.52 และ 2.01 ± 1.66 นิวตันต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 การที่เติมปริมาณกลีเซอรอลในแต่ละความเข้มข้นจะมีผลทำให้ฟิล์มแตกหัก โดยการเติมปริมาณกลีเซอรอลที่มากกว่า 30 จะส่งผลต่อการทำให้ฟิล์มแตก และไม่สามารถเกาะตัวเป็นแผ่นได้



ภาพที่ 4 ค่าการต้านแรงดึงของฟิล์มบรีโกลด์ที่เหมาะสมจากแป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งดัดแปรจากเมล็ดทุเรียน

จากผลการวิจัยดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Abdollahzadeh, E., Nematollahi, A., & Hosseini, H. [17] และ Vera, A., Tapia, C., & Abugoch, L. [28] โดยค่าการต้านแรงดึงมีอิทธิพลมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นกลีเซอรอลหรือสารตัวกลางที่ช่วยจับให้โมเลกุลการจับตัวกัน

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

- ควรศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการพัฒนาแป้งดัดแปรจากผลไม้หรือพืชชนิดต่างๆ
- ควรมีการศึกษากระบวนการขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้สารตัวกลางที่เหมาะสมและให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้
- ควรมีการศึกษาและปรับปรุงสมบัติทางกลและเคมีเพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีสมบัติและมาตรฐานตามมาตรฐานอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรมอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Aditya, H. B., Chong, W. T., Mahlia, T. M. I., Sebayang, A. H., Berawi, M. A., & Nur, H. (2016). Second generation bioethanol potential from selected Malaysia's biodiversity biomasses: A review. *Waste Management*, 47(1), 46-61.

- [2] Foo, K. Y., & Hameed, B. H. (2011). Transformation of durian biomass into a highly valuable end commodity: Trends and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 2470-2478.
- [3] Md Nor, S., & Ding, P. (2020). Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Research International*, 134(2), 109208-109215.
- [4] Mohd Ali, M., Hashim, N., Aziz, S. A., & Lasekan, O. (2020). Exploring the chemical composition, emerging applications, potential uses, and health benefits of durian: A review. *Food Control*, 113(12), 107189-107199.
- [5] Penjumras, P., Rahman, R. B. A., Talib, R. A., & Abdan, K. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose from Durian Rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2(3), 237-243.
- [6] Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2017). Rice stubble as a new biopolymer source to produce carboxymethyl cellulose-blended films. *Carbohydrate Polymers*, 171(3), 94-101.
- [7] Voon, Y. Y., Abdul Hamid, N. S., Rusul, G., Osman, A., & Quek, S. Y. (2007). Characterisation of Malaysian durian (*Duriozibethinus* Murr.) cultivars: Relationship of physicochemical and flavour properties with sensory properties. *Food Chemistry*, 103(4), 1217-1227.
- [8] Voon, Y. Y., Hamid, N. S. A., Rusul, G., Osman, A., & Quek, S. Y. (2006). Physicochemical, microbial and sensory changes of minimally processed durian (*Duriozibethinus* cv. D24) during storage at 4 and 28°C. *Postharvest Biology and Technology*, 42(2), 168-175.
- [9] Voon, Y. Y., Sheikh Abdul Hamid, N., Rusul, G., Osman, A., & Quek, S. Y. (2007). Volatile flavour compounds and sensory properties of minimally processed durian (*Duriozibethinus* cv. D24) fruit during storage at 4°C. *Postharvest Biology and Technology*, 46(1), 76-85.
- [10] Albertos, I., Martin-Diana, A. B., Burón, M., & Rico, D. (2019). Development of functional bio-based seaweed (*Himanthalia elongata* and *Palmariapalmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers. *Food Packaging and Shelf Life*, 22(1), 100382-100399.
- [11] Chen, Y., Xu, L., Wang, Y., Chen, Z., Zhang, M., & Chen, H. (2020). Characterization and functional properties of a pectin/tara gum based edible film with ellagitannins from the unripe fruits of *Rubus chingii* Hu. *Food Chemistry*, 325(3), 126964-126-988.
- [12] De Pilli, T. (2020). Development of a vegetable oil and egg proteins edible film to replace preservatives and primary packaging of sweet baked goods. *Food Control*, 114(4), 107273-107281.

- [13] Liu, C., Huang, J., Zheng, X., Liu, S., Lu, K., Tang, K., & Liu, J. (2020). Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 24(3), 100485-100496.
- [14] Ebrahimi, S., Fathi, M., & Kadivar, M. (2019). Production and characterization of chitosan-gelatin nanofibers by nozzle-less electrospinning and their application to enhance edible film's properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 22(2), 100387-100397.
- [15] Fan, Y., Yang, J., Duan, A., & Li, X. (2021). Pectin/sodium alginate/xanthan gum edible composite films as the fresh-cut package. *International Journal of Biological Macromolecules*, 181(1), 1003-1009.
- [16] Shao, P., Wu, W., Chen, H., Sun, P., & Gao, H. (2020). Bilayer edible films with tunable humidity regulating property for inhibiting browning of *Agaricus bisporus*. *Food Research International*, 138(3), 109795-109810.
- [17] Abdollahzadeh, E., Nematollahi, A., & Hosseini, H. (2021). Composition of antimicrobial edible films and methods for assessing their antimicrobial activity: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110(3), 291-303.
- [18] Qiu, Y.-T., Wang, B.-J., & Weng, Y.-M. (2020). Preparation and characterization of genipin cross-linked and lysozyme incorporated antimicrobial sodium caseinate edible films. *Food Packaging and Shelf Life*, 26(3), 100601-100620.
- [19] Brain Wilfer, P., Giridaran, G., JeyaJeevahan, J., Britto Joseph, G., Senthil Kumar, G., & Thykattuserry, N. J. (2021). Effect of starch type on the film properties of native starch based edible films. *Materials Today: Proceedings*, 44(1), 3903-3907.
- [20] Dinika, I., Verma, D. K., Balia, R., Utama, G. L., & Patel, A. R. (2020). Potential of cheese whey bioactive proteins and peptides in the development of antimicrobial edible film composite: A review of recent trends. *Trends in Food Science & Technology*, 103(2), 57-67.
- [21] Hashemi Gahruie, H., Mostaghimi, M., Ghiasi, F., Tavakoli, S., Naseri, M., & Hosseini, S. M. H. (2020). The effects of fatty acids chain length on the techno-functional properties of basil seed gum-based edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160(1), 245-251.
- [22] JeyaJeevahan, J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S. P., Sriram, V., Britto Joseph, G., Mageshwaran, G., & Durairaj, R. B. (2020). Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 100(5), 210-222.
- [23] Li, C., Sheng, L., Sun, G., & Wang, L. (2020). The application of ultraviolet-induced photo-crosslinking in edible film preparation and its implication in food safety. *LWT*, 131(1), 109791.
- [24] Liu, Z., Lin, D., Lopez-Sanchez, P., & Yang, X. (2020). Characterizations of bacterial cellulose nanofibers reinforced edible films based on konjac glucomannan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145(5), 634-645.

- [25] Ma, D., Jiang, Y., Ahmed, S., Qin, W., & Liu, Y. (2019). Physical and antimicrobial properties of edible films containing *Lactococcus lactis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141(12), 378-386.
- [26] Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Akman, P. K., Bozkurt, F., Birech, K., . . . Tornuk, F. (2020). Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145(1), 124-132.
- [27] Umaraw, P., Munekata, P. E. S., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., & Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, 98(4), 10-24.
- [28] Vera, A., Tapia, C., & Abugoch, L. (2020). Effect of high-intensity ultrasound treatment in combination with transglutaminase and nanoparticles on structural, mechanical, and physicochemical properties of quinoa proteins/chitosan edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144(5), 536-543.

ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมสีดอกพุทธร้อยมาลัย ด้วยวิธีการดูดซึมสี เพื่อใช้ในงานร้อยมาลัย

Effect of Concentration Level and Time to *Tabernaemontana Pandacaqui* Dying by Used Color Absorption for Garland Making

จักรพันธ์ รูปงาม

Jakkrapan Roopngam

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

jakkrapan_r@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสีดอกพุทธร้อยมาลัย (*Tabernaemontana pandacaqui*) ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหารสีฟ้า โดยจัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล แบบ 2x3 ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดูดซึมสี (20, 40 และ 60 นาที) และความเข้มข้นของสารละลาย (100%, 75% และ 50%) ทำการวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^* , C^* และ h^*) จากการศึกษาพบว่าระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลาย มีผลต่อค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* ของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซึมสีดอกพุทธร้อยมาลัยที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า L^* , a^* และค่า b^* ลดลง แต่ค่า C^* และ h^* จะเพิ่มขึ้น จึงทำให้เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีเข้มขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า L^* , a^* และค่า b^* ลดลง แต่ค่า C^* และ h^* จะเพิ่มขึ้น เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีเข้มขึ้น วิธีการตัดก้านแบบตรงและแบบเฉียงมีผลต่อค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* ของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ : ดอกพุทธร้อยมาลัย, สีผสมอาหาร, ดูดซึมสี

Abstract

The objective of this research was to study factors the affecting color value of *Tabernaemontana pandacaqui* that dyed with synthetic blue color. Factorial design (2x3) was using as an experimental design. Three level of duration time at (20, 40 and 60 minute) and 3 concentrations level (100%, 75% and 50%) were studied. The color factor (L^* , a^* , b^* , C^* and h^*) was to determined. The results shown that duration time and concentrations level of *Tabernaemontana pandacaqui* dyed with synthetic food color were significantly difference on L^* , a^* , b^* , C^* and h^* value in each treatment. It was found that L^* , a^* and b^* value were decreased during increasing duration time, in the other hand C^* and h^* value were increased. By the way, *Tabernaemontana pandacaqui* were more color's intensity when see by naked eye. The effect of concentrations level on color value was found that L^* , a^* and b^* value were decreased when increasing duration time duration was increased, but C^* and h^* value were increased when concentrations level was increased. In this way, *Tabernaemontana*

pandacaqui were more color's intensity when see by naked eye. The cutting method straight and askew affecting L^* , a^* , b^* , C^* and h^* value no statistical significanty different ($p>0.05$)

Keywords: *tabernaemontana pandacaqui*, food coloring, color absorption

1. บทนำ

พุทธร้อยมาลัย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tabernaemontana pandacaqui* และมีชื่อเรียกทั่วไปหลายชื่อ เช่น พุดตม พุดฝรั่ง มะลิฝรั่ง จัดอยู่ในวงศ์ Apocynaceae ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพุทธร้อยมาลัยเป็นไม้พุ่ม สูง 2-6 เมตร ทุกส่วนของพุทธร้อยมาลัยมีน้ำยางสีขาว ใบมีลักษณะเรียงตรงข้ามสลับตั้งฉาก ใบเดี่ยวรูปรี โคนใบรูปกลมหรือสอบ ปลายใบเรียวแหลม ขอบใบเรียบ ผิวใบเรียบสีดอกมีลักษณะช่อสีขาวมีกลิ่นหอม [1] ดอกพุทธร้อยมาลัยคือ ดอกพุดตม แหล่งปลูกที่สำคัญคือ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี เกษตรกรจะเก็บดอกขาย และบางส่วนร้อยเป็นพวงมาลัยดอกพุด ส่งจำหน่ายที่ปากคลองตลาด [2] มาลัย หมายถึง การนำดอกไม้ กลีบดอกไม้ ใบไม้ มาร้อยใส่เข็ม วิธีร้อย ร้อยได้หลายรูปแบบเป็นลวดลายต่างๆ แล้วรูดใส่ด้าย ประกอบเป็นพวง มีอุบะห้อยชาย [3] พวงมาลัยเป็นประเพณีที่แสดงออกถึงความงดงาม ประณีตแห่งจิตใจ บ่งบอกถึงอารมณ์สุนทรีภาพ ความอ่อนหวาน อ่อนโยน ความรัก ความผูกพัน ความรู้สึกลึกซึ้งถึงความกตัญญูตเวทีตาคุณ เป็นการแสดงความรู้สึกที่ปรารถนาอย่างยิ่งที่ใครจะบูชาสิ่งเคารพนันั้นอย่างสูงสุด [4] ในการร้อยมาลัยแบบต่างๆ ดอกพุทเป็นดอกไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการร้อยมาลัย ทั้งการนำมาร้อยด้วยดอกพุดล้วน หรือเป็นส่วนประกอบของลวดลายมาลัย ดอกไม้ในธรรมชาติมีสีต่าง ๆ มากมาย แต่สีของดอกไม้ที่หาได้ยาก คือ สีฟ้า สีเขียว สีม่วง และสีดำ [5] สีของดอกไม้ตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับสารสีภายใน ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งให้สีโทนแดง-น้ำเงิน-ม่วง จึงมีความพยายามในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อดัดแปลงยีนของดอกไม้เพื่อให้ได้สีต่างๆ แปลกออกไปจากธรรมชาติ [6] การใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อให้ได้สีต่างๆ มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลามากกว่าการย้อมสี

การย้อมสีดอกไม้มีต้นทุนที่ไม่สูงมากจึงเหมาะสำหรับการนำมาย้อมสีดอกไม้เป็นการค้าได้ ดอกไม้ที่ถักนำมา ย้อมสีก่อนจำหน่าย ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม และช่วยดึงดูดความสนใจของผู้ซื้ออีกด้วย โดยตามธรรมชาติของต้นไม้และดอกไม้ การลำเลียงอาหารนั้นเกิดการส่งผ่านน้ำและแร่ธาตุที่อยู่ในรูป สารละลายจากรากสู่ส่วนต่าง ๆ ผ่านทางเซลล์ลำเลียง ที่เรียกว่าไซเล็ม (Xylem) และเมื่อดอกไม้โดนตัดแล้วเซลล์ไซเล็มในก้านก็ยังทำหน้าที่ส่งผ่านน้ำและแร่ธาตุผ่านกระบวนการคายน้ำและแรงดัน capillary โดยน้ำและความชื้นจะระเหย ออกทางกลีบดอกและใบ เมื่อโมเลกุล น้ำระเหยออก ไปจะเกิดแรงดึงโมเลกุลน้ำผ่านท่อลำเลียงไซเล็ม จากด้านล่างขึ้นบนเพื่อทดแทนโมเลกุลน้ำที่ระเหยไป การเคลื่อนของน้ำผ่านท่อเล็กๆเช่นท่อไซเล็มนั้น เราเรียกว่าแรงดัน ดังนั้นเมื่อตัดก้านดอกไม้และนำไปจุ่มในน้ำสี โมเลกุลของสารสีที่อยู่ในน้ำจะค่อยๆขึ้นไปท่กลีบดอกและทำให้กลีบดอกเปลี่ยนสีไปตามสีของสารสีที่อยู่ในน้ำ [7] โดยดอกไม้ที่จะนำมาย้อมสีควรเป็นดอกไม้ที่มีสีขาว เทคนิคในการย้อมสีคือการทำให้ดอกอยู่ในสภาวะขาดน้ำ แล้วนำมาตัดโคนก้านดอกให้เฉียง จุ่มโคนก้านดอกไม้ลงใน สารละลายที่มีความเข้มข้นเหมาะสม ปลอ่ยทิ้งไว้ระยะหนึ่ง เมื่อกลีบดอกมีสีเข้มตามต้องการแล้ว นำดอกไม้ออกจากสี ล้างสีที่โคนก้านแล้วจึงตัดโคนก้านดอกออก ก่อนนำไปแช่ในน้ำ สีที่ใช้ย้อมดอกไม้ ควรมีสสมบัติเป็นสีที่ละลายน้ำได้ดี มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทำให้สีสามารถดูดซึมผ่านเข้าสู่ก้านได้รวดเร็ว [5] สีที่ใช้ย้อมดอกไม้ส่วนใหญ่ นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง จึงมีการทดลองใช้สีผสมอาหารในการย้อมสีดอกไม้ เช่น ดอกกล้วยไม้ ดอกเบญจมาศและดอกกุหลาบ และมีการทดลองเปรียบเทียบการใช้น้ำสี ระหว่างสีผสมอาหารและสีย้อมผ้า ผลการวิจัยพบว่า สีผสมอาหารสามารถดูดซึมผ่านท่อน้ำ

เลี้ยงไปยังกลีบดอกได้ดี [8] ในปัจจุบันได้ใช้วิธีการดังกล่าวย้อมสีดอกไม้เพื่อจำหน่ายเป็นการค้า

ดอกพุทเป็นดอกไม้ที่มีสีขาวจึงเหมาะสำหรับการย้อมสี ดอกพุทร้อยมาลัยมีขายมากในท้องตลาด ดอกมีสีขาว จึงเหมาะกับการนำมาร้อยมาลัย แต่เนื่องจากมีแต่สีขาว จึงทำให้มีการใช้ประโยชน์จำกัด ถ้าสามารถทำให้มีสีที่แตกต่างออกไป ก็จะทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าสีดอกพุทร้อยมาลัย (*Tabernaemontana pandacaqui*) ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหารสีฟ้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ดอกพุทร้อยมาลัย (*Tabernaemontana pandacaqui*)

3.1.2 สีผสมอาหารแบบน้ำสีฟ้ายี่ห้อวินเนอร์

3.1.3 น้ำเปล่า

3.1.4 ปิกเกอร์

3.1.5 ถ้วยกระเบื้อง

3.1.6 ตะแกรงพลาสติก

3.1.7 เครื่องวัดสียี่ห้อ ColorQuest XE

3.2 วิธีการทดลอง

ตัวอย่างดอกพุทร้อยมาลัยสด (*Tabernaemontana pandacaqui*) เก็บจากสวน อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี คัดดอกที่มีขนาดเท่ากัน นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การทดลองที่ 1 ศึกษาค่าของสีของดอกพุทร้อยมาลัยที่ย้อมด้วยสีผสมอาหาร ที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน คือไม่ตัดก้าน ตัดก้านเฉียง ภาพที่ 1 และตัดก้านตรงแล้ว นำดอกพุทร้อยมาลัย แช่ในสารละลายสีฟ้าครามเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ 2 ใช้เวลาในการย้อม 1 ชั่วโมง เลือกปัจจัยที่ดีที่สุดทำการทดลองต่อในการทดลองที่ 2



ภาพที่ 1 การตัดก้านแตกต่างกัน คือ ตัดก้านตรง (1) ตัดก้านเฉียง (2) และไม่ตัดก้าน (3)



ภาพที่ 2 วิธีการแช่ก้านดอกพุทในสารละลายสีฟ้า

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมสีดอกพุทร้อยมาลัย ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร โดยนำดอกพุทร้อยมาลัยมาตัดก้านเฉียงก่อนนำไปจุ่มสี โดยแบ่งการทดลองเป็น 9 วิธี ดังนี้

วิธีการที่ 1 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที

วิธีการที่ 2 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 40 นาที

วิธีการที่ 3 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที

วิธีการที่ 4 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที

วิธีการที่ 5 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 40 นาที

วิธีการที่ 6 แช่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที

วิธีการที่ 7 แซ่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที

วิธีการที่ 8 แซ่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 40 นาที

วิธีการที่ 9 แซ่ก้านในสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที

ทุกการทดลองหลักจากการแซ่ก้านในสารละลายสีฟ้าแล้วนำไปแช่น้ำเปล่าอีก 1 ชั่วโมง แล้วจึงวัดค่าสี ด้วยเครื่อง ColorQuest XE ตัดก้านดอกพุทธรักษา โดยวัดเฉพาะดอก

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ดอก

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าสีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของดอกพุทธร้อยมาลัย (*Tabernaemontana pandacaqui*) ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหารที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ดังภาพที่ 3 ปรากฏว่า

วิธีการตัดก้านแบบตัดเฉียงมีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 57.47, -21.04 -10.44 23.49 และ 206.34 ตามลำดับ วิธีการตัดก้านแบบตัดตรง มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 54.58, -20.29, -10.26, 22.74, 206.93 ตามลำดับ และวิธีไม่ตัดก้านมีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*)

เท่ากับ 71.36, -10.35, 9.29, 13.96, 138.38 ตามลำดับ แสดงว่าวิธีการตัดก้านแบบตัดตรง และแบบตัดก้านเฉียงที่ใช้ในการดูสีดอกพุทธร้อยมาลัย มีความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b^*) ค่าความสดสี (c^*) และค่าตำแหน่งสี (h^*) ของดอกพุทธร้อยมาลัยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่วิธีการตัดก้านแบบตรง และแบบตัดก้านเฉียงมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b^*) ค่าความสดสี (c^*) และค่าตำแหน่งสี (h^*) ของดอกพุทธร้อยมาลัยที่ไม่ตัดก้านมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสี ที่ตัดก้านแบบตรงและแบบเฉียงมีความเข้มไม่ต่างกัน แต่ดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีที่ใช้วิธีตัดก้านแบบตรงและแบบเฉียงมีความเข้มต่างกันกับดอกพุทธร้อยมาลัยที่ไม่ตัดก้าน ดังแสดงในภาพที่ 4 เนื่องจากความเข้มของสีนั้นขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสี สภาวะการขาดน้ำภายในก้านดอก และความยาวก้านดอก [5] ดังนั้นการตัดก้านของดอกจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของก้านดอกมีขนาดที่ต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการดูดสารละลายสี จึงทำให้ความเข้มของสีดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีไม่มีความแตกต่างกัน [9] เมื่อมองด้วยตาเปล่าดอกพุทธร้อยมาลัยที่ไม่ตัดก้านดอกมีสีอ่อนกว่าดอกพุทธร้อยมาลัยที่ตัดก้านตรงและตัดก้านเฉียง ดอกพุทธร้อยมาลัยที่ไม่ได้ตัดก้านเกิดจากการดูดซึมน้ำสีได้ไม่ดีมีอาจมีปัจจัยมาจากการดอกไม้ที่มีน้ำยาง (Milky sap หรือ latex) ตัดแล้วน้ำยางจะไหลออกมาที่รอยตัดแล้วไปอุดตันท่อน้ำ ทำให้ก้านดอกดูดน้ำไม่ได้ [10] เพราะทุกส่วนของพุทธร้อยมาลัยมีน้ำยางสีขาวเมื่อตัดก้านดอกพุทธร้อยมาลัยจึงสามารถดูดซึมน้ำสีไปทั่วดอกได้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าของสี (L^* , a^* , b^* , Chroma, Hue) ของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน

วิธีการตัด	ค่าของสี				
	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue
ตัดเฉียง	57.47 ± 1.16^a	-21.04 ± 1.11^a	-10.44 ± 1.12^a	23.49 ± 1.47^a	206.34 ± 1.32^a
ตัดตรง	54.58 ± 4.71^a	-20.29 ± 1.70^a	-10.26 ± 0.23^a	22.74 ± 1.55^a	206.93 ± 1.90^a
ไม่ตัด	71.36 ± 6.15^b	-10.35 ± 1.38^b	9.29 ± 1.95^b	13.96 ± 1.92^b	138.38 ± 5.75^b

หมายเหตุ* ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 3 ดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสี ที่มีลักษณะการตัดก้านแตกต่างกัน

ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมสีดอกพุทธร้อยมาลัย ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร โดยนำดอกพุทธร้อยมาลัยมาตัดก้านเฉียงก่อนนำไปแช่สี ผลการวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ของดอกพุทธร้อยมาลัยที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหาร ที่ความเข้มข้นของสารละลายที่ต่างกัน ดังภาพที่ 5 พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลาย 100 % เวลาในการแช่สี 20 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 64.73, -12.65, 3.92, 162.08, 13.79 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 100 % เวลาในการแช่สี 40 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 65.27, -14.08, 3.02, 167.85, 14.64 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 100 % เวลาในการแช่สี 60 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 61.48, -15.50, -1.90, 184.90, 16.26 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของสารละลาย 75 % เวลาในการแช่สี 20 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 68.00, 12.67, 6.65, 152.19, 14.38 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 75 % เวลาในการแช่สี 40 นาที

มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 62.68, 14.72, 1.34, 173.89, 15.14 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 75 % เวลาในการแช่สี 60 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 62.71, -16.03, -0.69, 180.66, 17.08 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของสารละลาย 50% เวลาในการแช่สี 20 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 69.71, -11.08, 8.49, 143.03, 14.18 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 50 % เวลาในการแช่สี 40 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 63.79, -12.96, 3.42, 165.13, 13.50 ตามลำดับ ความเข้มข้นของสารละลาย 50 % เวลาในการแช่สี 60 นาที มีค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) เท่ากับ 65.77, -13.46, 4.79, 159.76, 14.68 ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสี แสดงว่าสารละลายสีฟ้าที่มีความเข้มข้นต่างกัน มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b^*) ค่าความสดสี (c^*) และค่าตำแหน่งสี (h^*) ของดอกพุทธร้อยมาลัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อความเข้มข้น

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ที่ใช้ในการย้อมสีดอกพุทธร้อยมาลัยมากขึ้นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b*) ค่าความสดใสดลดลง ในขณะที่ค่าความสดใส (c*) และค่าตำแหน่งสี (h*) เพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาเท่ากันมีความเข้มของสีไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) โดยแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกพุทธร้อยมาลัยมีสีที่เข้มขึ้นตามความเข้มข้นของสีที่มากขึ้น โดยแสดงดัง ภาพที่ 2 ดังนั้นหากดอกไม้ที่มีสีอ่อนหรือเข้มขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายสี [5]

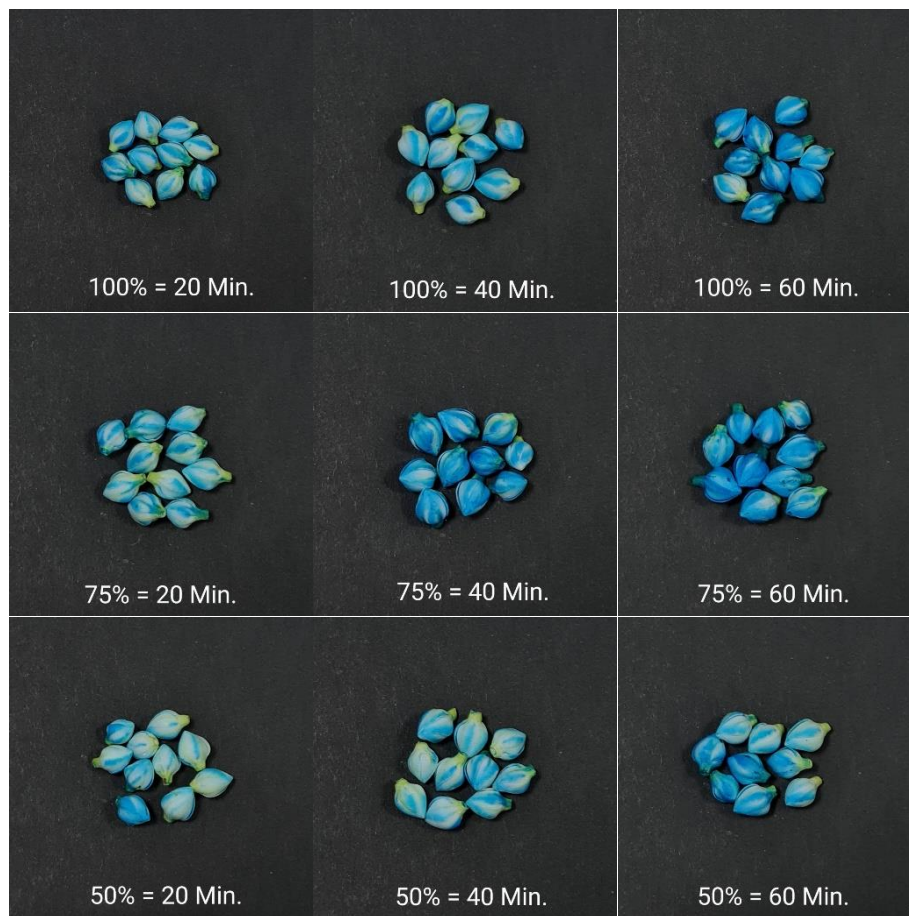
ผลของความเข้มของสี ของดอกพุทธร้อยมาลัยที่ผ่านการย้อมสีผสมอาหารที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่าระยะเวลาที่ต่างกัน มีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b*) ค่าความสดใส (c*) และค่าตำแหน่งสี (h*) ของดอกพุทธร้อยมาลัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแสดงดัง ตารางที่ 2 เมื่อความเข้มข้นที่ใช้ในการย้อมสีดอกพุทธร้อยมาลัยมากขึ้นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b*) ค่า

ความสดใส ลดลง ในขณะที่ค่าความสดใส (c*) และ ค่าตำแหน่งสี (h*) เพิ่มขึ้น และที่ระยะเวลา 60 นาที และ 40 นาที มีความเข้มของสีไม่ต่างกันโดยแสดงดัง ตารางที่ 2 เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นสีของดอกพุทธร้อยมาลัยมีสีที่เข้มขึ้นตามระยะเวลาของการแช่ในน้ำสีที่มากขึ้น โดยแสดงดังภาพที่ 2 เนื่องจากการแพร่กระจายของสี จะมีการเคลื่อนที่จากบริเวณ ที่มีความเข้มของสีมาก ไปยังบริเวณที่มีความเข้มของสีน้อย และการแพร่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งบริเวณนั้นมีความเข้มของสารเท่ากัน เรียกว่าสมดุลของการแพร่ [11] ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่าดอกพุทธร้อยมาลัยสามารถดูดซึมสีได้เต็มที่ที่เวลา 40 นาที การที่ดอกพุทธร้อยมาลัยสามารถดูดซึมสีได้เต็มที่โดยเวลาเพียง 40 นาทีนั้น อาจเกิดจากการทดลองใช้สีผสมอาหารที่มีส่วนผสมของกรดซิตริก (citric acid) โดย citric acid เป็นสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ จะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทำให้ดอกไม้มีการดูดตันของทอละเลียงน้อย และดูดน้ำได้มากขึ้น [12]

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าของสี (L*, a*, b*, Chroma, Hue) ของดอกพุทธร้อยมาลัยย้อมสีที่มีลักษณะการตัดกันแตกต่าง

ความเข้ม (%)	ระยะเวลา (นาที)	ค่าสี				
		L*	a*	b*	Hue	Chroma
100	20	64.73±3.47	-12.65±2.12	3.92±3.93	162.08±17.23	13.79±1.51
	40	65.27±1.79	-14.08±0.82	3.02±2.80	167.85±11.30	14.64±0.45
	60	61.48±3.20	-15.50±2.08	-1.90±5.15	184.90±17.77	16.26±2.57
ค่าเฉลี่ย		63.83±3.23 ^b	-14.08±2.05 ^a	1.68±4.65 ^b	171.61±17.81 ^a	14.90±1.95 ^b
75	20	68.00±1.07	-12.67±1.10	6.65±1.33	152.19±6.70	14.38±0.47
	40	62.68±3.60	-14.72±1.54	1.34±3.59	173.89±13.49	15.14±1.47
	60	62.71±5.57	-16.03±1.51	-0.69±6.57	180.66±21.58	17.08±2.09
ค่าเฉลี่ย		64.46±4.46 ^a	-14.47±1.94 ^b	2.43±5.21 ^a	168.91±18.97 ^a	15.54±1.83 ^{ab}
50	20	69.71±3.42	-11.08±1.24	8.49±2.62	143.03±11.16	14.18±0.97
	40	63.79±2.58	-12.96±0.92	3.42±1.63	165.13±7.29	13.50±0.74
	60	65.77±3.33	-13.46±1.93	4.79±3.33	159.76±14.20	14.68±1.15
ค่าเฉลี่ย		66.42±3.88 ^a	-12.50±1.71 ^c	5.56±3.30 ^a	155.97±14.32 ^b	14.11±1.038 ^a

หมายเหตุ* ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 ดอกพุทธร้อยมาลัยที่ย้อมด้วยความเข้มข้นของสารละลายและเวลาที่ดูดซึมสีต่างกัน



ภาพที่ 5 มาลัยที่ร้อยด้วยดอกพุทธร้อยมาลัยที่ย้อมสีด้วยความเข้มข้นของสารละลายต่างกัน 5%(1) 25%(2) 50%(3) 75%(4) และ 100%(5)

สรุปผลการทดลอง

ผลของความเข้มข้นและระยะเวลาในการย้อมสีดอกพุทธร้อยมาลัย ที่ผ่านการย้อมด้วยสีผสมอาหาร สรุปได้ดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารละลาย มีผลต่อความเข้มของสีดอกพุทธร้อยมาลัย จะพบว่ากลีบดอกจะมีสีเข้มสุดเมื่อใช้ความเข้มข้นของสีที่ผสมน้ำสูง โดยสีของกลีบดอกจะมีความเข้มสูงสุดที่ความเข้มข้นของสารละลาย 75 เปอร์เซ็นต์

2. เวลาที่ใช้แช่ก้านดอกพุทธร้อยมาลัยมีผลต่อความเข้มของสีดอกพุทธร้อยมาลัย จะพบว่ากลีบดอกจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการแช่ก้านดอกที่นานขึ้น โดยสีของกลีบดอกจะมีความเข้มสูงสุด ที่เวลา 40 นาที

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในอุปกรณ์ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] อนันต์ อธิพรชัย และรุ่งนภา แซ่เอ็ง. (2558). สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชสกุล *Tabernaemontana* Bioactive compounds from plants in the genus *Tabernaemontana*. (รายงานวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา;
- [2] อภิชาติ ศรีสะอาด และพัชรี สำโรงเย็น. (2555). คู่มือเพาะปลูกไม้ดอกพวงมาลัยป้อนตลาด. กรุงเทพฯ: นาคาอินเตอร์มีเดีย.
- [3] อภิรติ โสพศ. (2548). ศิลปะการจัดดอกไม้แบบไทย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [4] มณีรัตน์ จันทนะพะลิน. (2552). วิจิตรการกรองพวงมาลัย. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

- [5] นิธิยา รัตนานนท์ และดนัย บุญเกียรติ. (2556). การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดอกไม้. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [6] จริญญา ศรีพานิช. (2550). ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] สายจิต ดาวสุโข. มาเปลี่ยนสีดอกไม้กันเถอะ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. สืบค้น ม.ค. 2564,จาก [http://lib3 . dss.go.th/fulltext/dss_j/2559_64_202_p29-30.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_j/2559_64_202_p29-30.pdf).
- [8] คณิง จันทรศิริ. (2545). หลักการจัดดอกไม้. (พิมพ์ครั้งที่ 4). โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์. กรุงเทพฯ;.
- [9] ธนศ เรืองเดช. (2562). ความเข้มของสีของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์ขาวสนาน (*Dendrobium 'Khao Sanan'*) ที่ย้อมด้วยสีผสมอาหาร เพื่อการจัดดอกไม้แบบไทยประณีตศิลป์. วารสารวิจัยและพัฒนาโดยองค์กรในพระบรมราชูปถัมภ์, 14(1), 110-120.
- [10] ช.ณัฐศิริ สุธรรณ. (2545). เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวไม้ตัดดอก. กรุงเทพฯ: ประดิพัทธ์.
- [11] ภาควิชา พระประเสริฐ. (2550). สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้า.
- [12] มนธิรา วรรณพานิช. (2556). สรีรวิทยาการเคลื่อนที่ของน้ำและการส่งเสริมการดูดน้ำของก้านดอกปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่พิงค์ (วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาพืชสวน). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

การใช้แป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์เค้กผลไม้

The Use of Quinoa and Rice Flour in Fruit Cake Products

วารภรณ์ ชำนาญการ, น้อมจิตต์ สุธิบุตร, ชญาภัทร ก่อาริโย และจุฑามาศ พีรพัชระ

Varaphon Camnankan, Nomjit Suteebut, Chayapat Keeariyo, and Chutamas Peerapatchara

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Varaphon-c@rmutp.ac.th, Nomjit.s@rmutp.ac.th, Keeariyo.c@rmutp.ac.th, Chutamas@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรผลิตภัณฑ์เค้กผลไม้ ผลการวิจัยจากการวัดค่าทางกายภาพพบว่า ยิ่งปริมาณของแป้งควินัวเพิ่มขึ้นและแป้งข้าวเจ้าลดลงทำให้ลักษณะของเค้กมีสีเข้มขึ้น มีความเหนียวแน่นเพิ่มขึ้น ระดับการขึ้นฟูลดลงและกลิ่นเฉพาะของแป้งควินัวชัดเจนขึ้น เค้กผลไม้ที่ใช้แป้งจากควินัวและแป้งข้าวเจ้าที่อัตราส่วน 50:50 ลักษณะเนื้อเค้กมีความเนียน นุ่มและไม่เหนียว มีกลิ่นของควินัวน้อย มีคุณลักษณะที่ดีของเค้ก เค้กผลไม้ที่ใช้แป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้าอัตราส่วนที่ 60:40 ลักษณะของเนื้อเค้กมีความนุ่มเนียน แต่มีกลิ่นของควินัวซึ่งทำให้ผู้ทดสอบชิมเริ่มไม่ให้การยอมรับ ส่วนเค้กที่ใช้แป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้าที่อัตราส่วน 70:30 พบว่าเนื้อเค้กมีความเหนียวและแน่นการขึ้นฟูลดลงและมีกลิ่นเฉพาะของควินัวชัดเจนขึ้นทำให้ผู้ทดสอบชิมยอมรับลดลง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน พบว่าสูตรเค้กผลไม้ปราศจากกลูเตนที่ใช้อัตราส่วนของแป้งควินัวต่อแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสม คือ 50:50 มีผลให้เค้กผลไม้ที่ได้มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งควินัวกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 60:40 และ 70:30 ในทุกคุณลักษณะ

คำสำคัญ : ควินัว, แป้งข้าวเจ้า, เค้กผลไม้

Abstract

The objective of this research was to study the optimal ratio of quinoa and rice flour as a substitute for wheat flour in fruit cake formulations. The research results from physical measurements showed that the higher the quinoa content and the lower the rice flour, the cake was darker, the firmer the cake's consistency. The rise level is reduced and the flavor of the quinoa is more pronounced. The texture of the fruit cake made from quinoa and rice flour at a ratio of 50:50 was smooth, soft and not sticky and has a milder aroma of Quinoa. There is also a nice feature of the cake. A fruit cake made with quinoa and rice flour, a 60:40 ratio. The texture of the cake was soft, smooth but had a quinoa scent which made the panelists start to disagree. For cakes using quinoa and rice flour at a ratio of 70:30, it was found that the texture of the cake was sticky and firm. The rise was reduced and the smell of the quinoa was more pronounced, making the panelists less acceptable. From the results of the sensory test by 50 panelists, it was found that a gluten-free fruit cake recipe using a 50:50 ratio of quinoa to rice flour gave the fruit cake a higher average liking score than the quinoa and rice flour recipes. At a ratio of 60:40 and 70:30 in all features

Keywords : quinoa, rice flour, fruit cake

1. บทนำ

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ไขมัน นม ไข่ เป็นต้น และผ่านการปรุงแต่งกลิ่นและรส แต่รสชาติหลักจะมีรสหวาน ในอดีตนิยมรับประทานในเทศกาลต่างๆ โดยเฉพาะวันคล้ายวันเกิด งานแต่งงาน เทศกาลปีใหม่ แต่ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เค้กได้รับความนิยมบริโภคกันทั่วไปไม่เฉพาะช่วงเทศกาล อาทิ จัดเสิร์ฟเป็นอาหารว่างรับประทานคู่กับเครื่องดื่มร้อน เครื่องดื่มเย็น รับประทานรองท้อง เป็นอาหารทานเล่นหรือใช้เป็นของขวัญของฝาก เค้กมีหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเค้กเนย เค้กไข่ แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมหลักของเค้กคือ แป้งสาลี การนำส่วนผสมอื่นที่มีคุณประโยชน์เพื่อทดแทนการใช้แป้งสาลีจะช่วยทำให้ผู้บริโภคกลุ่มแพ้อาหารสามารถรับประทานเค้กได้ อีกทั้งยังมีกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้นมวัว ซึ่งในส่วนผสมของเค้กจะมีเนยสด การใช้เนยซึ่งผลิตจากพืชทดแทนเนยจากนมนมวัวจะช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคกลุ่มแพ้อาหารได้ด้วย การพัฒนาสูตรเค้กให้มีรสชาติที่ดีมีการได้รับประโยชน์หรือสารอาหารที่เพิ่มขึ้น และผู้บริโภคบางกลุ่มที่แพ้อาหารสามารถรับประทานได้ จะทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการรับประทานเค้กเพิ่มขึ้นด้วย

ควินัว เป็นพืชโบราณของชาวอินคาที่ปลูกกันมานานมากกว่า 3-4 พันปี โดยชาวอินคานั้นถือว่า ควินัวเป็นซูเปอร์อาหาร เมล็ดของควินัวคล้ายกับเมล็ดธัญพืช แต่ความจริงแล้วควินัวเป็นพืชตระกูลที่ใกล้เคียงกับผักขมหรือผักปวยเล้ง ควินัว เป็นอีกหนึ่งในธัญพืชที่เป็นที่นิยมในต่างประเทศ ซึ่งบางประเทศนำควินัวมารับประทานแทนพาสต้า ข้าว หรือขนมปัง ด้วยเมล็ดควินัวมีประโยชน์อย่างมากเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเหล่าธัญพืชชนิดอื่นๆ เมล็ดควินัวนั้นอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านการอักเสบและการบาดเจ็บของเซลล์ เมล็ดควินัวมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นคือ โอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน ฯลฯ ในปี พ.ศ. 2556 FAO ได้เลือกให้ควินัวเป็นพืชเป้าหมายสำหรับความมั่นคงทางอาหาร ทำให้ควินัวแพร่หลายไปในหลายๆ ประเทศ ซึ่งไทยก็เป็นหนึ่งในนั้น ปัจจุบันจึงมีการส่งเสริมการรับประทาน

ควินัวมากขึ้น อาทิ มีการศึกษาเรื่องการประเมินศักยภาพการผลิต การวิเคราะห์การเจริญเติบโต ผลผลิตภาพ และคุณภาพผลผลิตควินัวในเขตพื้นที่ศึกษามูลนิธิโครงการหลวง [1]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำวิจัยที่ใช้แป้งข้าวเจ้ามาผสมกับแป้งควินัวในการทำผลิตภัณฑ์เค้กจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์เค้กทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการเลือกรับประทานอาหารที่ให้คุณประโยชน์กับร่างกายมากขึ้น ช่วยทั้งในด้านประโยชน์และคุณค่าทางสารอาหารที่เพิ่มขึ้นและตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้อาหาร และยังเป็นการส่งเสริมผลผลิตทางการเกษตร เป็นการอุดหนุนเกษตรกรไทยผู้ปลูกข้าว และเป็นการส่งเสริมให้ควินัวเป็นที่รู้จักมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กผลไม้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีการดำเนินงานดังนี้

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1) วัตถุดิบและอุปกรณ์ ดังตารางที่ 1

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยการนำตัวอย่างมาทดสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d) ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a^* (+ หมายถึงวัตถุมีสีแดง, - หมายถึงวัตถุมีสีเขียว) และ b^* (+ หมายถึงวัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน)

- ปริมาตรจำเพาะของตัวอย่าง ด้วยวิธี Rapeseed Displacement ตามวิธี [2]

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

- น้ำหนักที่สูญเสียจากการอบ ตามวิธี [3]
- วัดปริมาตรจำเพาะ ตามวิธี [4]
- วัดค่ากิจกรรมของน้ำ (aw) ด้วยเครื่อง Aqua lab series PE (METER Group, Inc., USA)
- วัดความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน ตามวิธี [5]
- วิเคราะห์ค่าที่บอกถึงลักษณะเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างเค้กด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยใช้ Texture Profile Analysis รุ่น TA.XT2i (Stable Micro System, UK) ตามวิธีของ [2]

3) การวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสการใช้แป้ง คุกกี้และแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์เค้กผลไม้ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิม แบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นผู้ชิมจาก สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครปฐม นำคะแนนที่ได้มาประเมินผลทางสถิติ เพื่อคัดเลือกสูตร ที่ดีที่สุด

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งคุกกี้กับแป้ง ข้าวเจ้าที่ใช้ในสูตรเค้กผลไม้ตัวแปรตาม คือ ผลการทดสอบ ทางกายภาพและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ เค้กผลไม้

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การทดสอบทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ Complete Randomized Design (CRD) การทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's

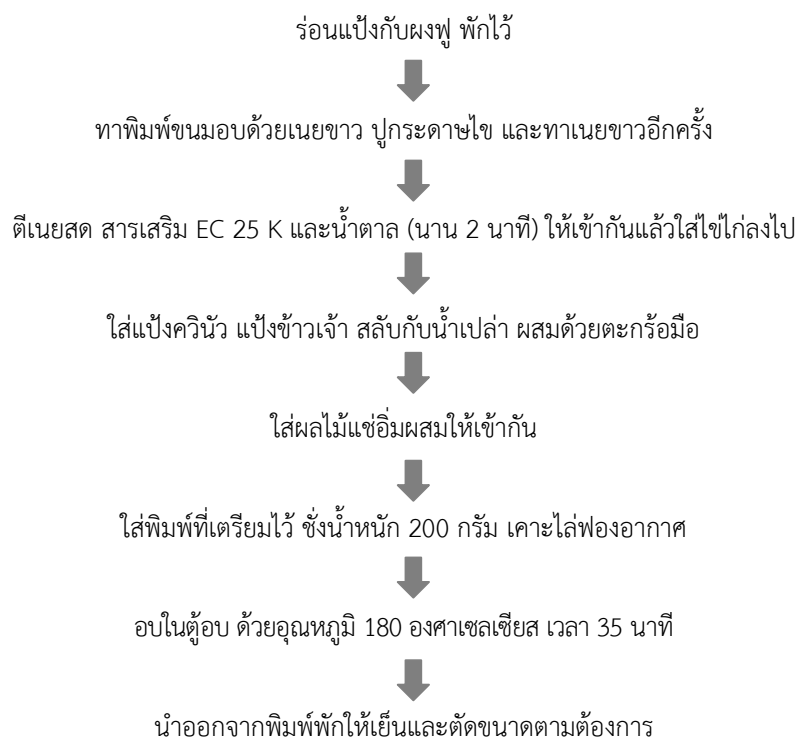
New Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดระดับ ความเชื่อมั่นที่ระดับ ร้อยละ 95

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การศึกษ้อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งคุกกี้กับ แป้งข้าวเจ้าที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เค้ก โดยใช้สูตรเค้กของ วิทยาลัยอาชีวศึกษานครปฐมซึ่งใช้แป้งสาลีเป็นสูตร พื้นฐาน มาดัดแปลงเป็นเค้กปราศจาก กลูเตน โดยทดแทน แป้งสาลีในสูตรเดิมด้วยแป้งคุกกี้และแป้งข้าวเจ้า ในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยมีส่วนผสมดังตาราง 1 และขั้นตอนการผลิตเค้ก ดังแผนภาพที่ 1วางแผนการทดลองแบบ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำเค้กที่ได้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาท สัมผัส

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในเค้กผลไม้สูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้ แป้งคุกกี้กับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนต่างกัน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)			
	สูตร พื้นฐาน	50:50	60:40	70:30
แป้งสาลี	480	-	-	-
แป้งคุกกี้	-	240	288	336
แป้งข้าวเจ้า	-	240	192	144
เนยสด	500	500	500	500
น้ำตาลทราย	450	450	450	450
ไข่ไก่	750	750	750	750
EC 25 k	30	30	30	30
วานิลลา	8	8	8	8
ผงฟู	7	7	7	7
น้ำเปล่า	20	20	20	20
ผลไม้แช่แข็ง	130	130	130	130



แผนภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเค้กผลไม้

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้แป้งควินัว กับแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ คือ 50:50 60:40 และ 70:30 แล้วนำตัวอย่างที่ได้

ไปประเมินคุณภาพทางกายภาพ แสดงดังภาพที่ 1 และ ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3



ภาพที่ 1 ผลลักษณะเค้กผลไม้สูตรพื้นฐานใช้แป้งสาลี (A) และสูตรใช้แป้งควินัวผสมแป้งข้าวเจ้าอัตราส่วน 50:50 (B) อัตราส่วน 60:40 (C) และอัตราส่วน 70:30 (D)

การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4
วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของเค้กผลไม้สูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้แป้งควินัวกับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพ	สูตรพื้นฐาน* (แป้งสาลี)	สูตรแป้งควินัว ผสมกับ แป้งข้าวเจ้า		
		50:50	60:40	70:30
ค่าสีผิวหน้าเค้ก L [*]	65.85±0.70 ^a	53.3±0.65 ^b	49.65±0.60 ^c	46.00±0.05 ^d
a [*]	18.5±0.43 ^b	21.48±0.12 ^a	22.23±0.26 ^a	22.98±0.64 ^a
b [*]	40.05±0.23 ^b	44.27±0.15 ^{ab}	46.77±0.70 ^a	47.99±0.55 ^a
ค่าสีเนื้อเค้ก L [*]	78±0.77 ^a	63.65±0.42 ^b	60.15±0.78 ^c	56.65±0.32 ^d
a [*]	6.5±0.08 ^c	8.83±0.10 ^b	9.38±0.15 ^a	9.93±0.28 ^a
b [*]	38.2±0.11 ^a	31.62±0.32 ^c	33.82±0.40 ^c	36.02±0.55 ^b
น้ำหนักที่สูญเสียจากการอบ(%)	8.48±2.02 ^a	7.01±1.11 ^a	5.45±0.51 ^a	5.40±0.98 ^a
ปริมาตรจำเพาะ (mL/g)	1.69±0.01 ^a	1.54±0.03 ^b	1.44±0.28 ^c	1.44±0.51 ^c
กิจกรรมของน้ำ (a _w)	0.89±0.00 ^b	0.95±0.00 ^a	0.93±0.00 ^{ab}	0.93±0.00 ^{ab}
ความชื้น (%)	21.92±0.07 ^b	25.65±0.05 ^a	24.52±0.12 ^a	23.92±0.08 ^a
เนื้อสัมผัส - Firmness(g-force)	654±0.10 ^a	645±0.11 ^b	635±0.12 ^c	622±0.10 ^d
Springiness ^{ns}	0.85±0.01	0.84±0.01	0.85±0.00	0.81±0.01
Cohesiveness ^{ns}	0.52±0.00	0.51±0.00	0.50±0.01	0.51±0.00
Gumminess (g-force)	461±0.12 ^a	462±0.12 ^a	455±0.12 ^b	450±0.12 ^b
Chewiness (g-force)	326±0.07 ^b	336±0.03 ^a	320±0.02 ^{bc}	312±0.07 ^c

หมายเหตุ: a b ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเค้กผลไม้ที่มีอัตราส่วนแป้งควินัวกับแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณลักษณะ	แป้งควินัว : แป้งข้าวเจ้า		
	50:50	60:40	70:30
สี	7.94 ^a ±0.71	7.38 ^b ±0.83	7.34 ^b ±0.93
กลิ่น	7.72 ^a ±0.78	6.60 ^b ±0.92	6.32 ^b ±0.78
รสชาติ	7.08 ^a ±0.72	7.20 ^b ±0.78	6.88 ^c ±0.84
เนื้อสัมผัส	7.50 ^b ±0.73	7.10 ^c ±0.70	7.78 ^a ±0.64
ความชอบ	8.00 ^a ±0.75	6.84 ^b ±0.97	7.08 ^c ±0.80
โดยรวม			

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

จากภาพที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่าสีของเค้กที่ใช้แป้งควินัวกับแป้งข้าวเจ้ามีสีน้ำตาลและเข้มกว่าเค้กที่ใช้แป้งสาลี ซึ่งจะมีสีเหลืองอ่อนมากกว่า พิจารณาจากค่า L^{*} ที่ลดลงทั้งในส่วนของสีผิวหน้าและสีของเนื้อเค้ก และยังมีปริมาณของแป้งควินัวมากขึ้นส่งผลให้สีของเนื้อเค้กมีสีน้ำตาลมากขึ้น การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กผลไม้ที่ใช้แป้งควินัวกับแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในด้านการขึ้นฟู พบว่า เค้กที่ใช้แป้งควินัวและแป้งข้าวเจ้ามีการขึ้นฟูลดลง จากปริมาตรจำเพาะที่ลดลง ทั้งนี้ยังมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าในสูตรปริมาณมาก สอดคล้องกับการวิจัยของ [6] ที่ได้มีการใช้แป้งข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก แล้วพบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งข้าวสาลีจะทำให้ส่วนผสมเค้กมีค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละความคงตัวของอิมัลชันลดลง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาตรลดลง แต่มี

ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและ [7] ที่มีการพัฒนาขนมปังแซนวิชจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ค่า aw และความชื้นของเค้กที่ใช้แป้งครีมน้ำกับแป้งข้าวเจ้าในทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากระยะเวลา และ ของเหลวที่ใช้ในกระบวนการผลิต และในปริมาณน้ำหนักรวมที่เท่ากันทุกสูตรจึงไม่ส่งผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำ (Water Activity) และความชื้น แต่มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลี ลักษณะการขึ้นฟูโพรงอากาศที่น้อยกว่าทำให้การระเหยน้ำออกจากเนื้อเค้กมีน้อยกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลี น้ำหนักที่สูญเสียจากการอบน้อยกว่าจึงทำให้เค้กที่ใช้แป้งครีมน้ำและแป้งข้าวเจ้ามีความชื้นสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลี สอดคล้องกับการพัฒนาแครปเค้ก [8] ที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี ทั้งนี้ปริมาณความชื้นที่มากกว่าร้อยละ 12 และค่า aw ในผลิตภัณฑ์เค้กมีค่าสูงกว่า 0.6 มีผลต่อการเสื่อมเสียและการเก็บรักษาที่เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดยังสามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำ

ผลการทดสอบชิม จากตาราง 3 พบว่า สูตรเค้กผลไม้ที่ใช้แป้งครีมน้ำกับแป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี โดยอัตราส่วนของแป้งครีมน้ำ ต่อแป้งข้าวเจ้าที่ระดับ 50:50 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งครีมน้ำต่อแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วน 60:40 และ 70:30 ในทุกด้าน ทั้งด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 7.94 7.72 7.08 7.50 และ 8.00 ตามลำดับ จากคะแนนเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งครีมน้ำมากขึ้น และลดปริมาณแป้งข้าวเจ้าลง มีผลให้ได้ลักษณะเนื้อเค้กผลไม้ที่มีกลิ่นของครีมน้ำที่ชัดเจนลักษณะของเนื้อเค้กที่สากลิ้น ทำให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงในทุกด้าน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากในตัวแป้งข้าวเจ้ามีเม็ดแป้งค่อนข้างเล็กมีความหนาแน่นน้อยทำให้สุกได้ง่ายและแป้งครีมน้ำจะมีรสชาติและกลิ่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะและแป้งทั้งสองชนิดที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในด้านของโครงสร้างแป้งจะไม่มีกลูเตนทำให้การยืดหยุ่นของแป้งมีน้อยลงทำให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงในทุกด้าน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากคุณสมบัติเฉพาะในครีมน้ำที่แม้จะถูกอบให้อยู่ใน

ลักษณะของผงแป้งแล้วเมื่อผ่านกระบวนการจะขยายขึ้นกว่าแป้งสาลีหรือแป้งชนิดอื่นๆ ทั่วไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. การปรุงแต่งกลิ่นเลียนแบบธรรมชาติจะทำให้ผู้บริโภคสามารถรับประทานเค้กได้ง่ายขึ้นเนื่องจากครีมน้ำมีกลิ่นเฉพาะ
2. ในการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มที่เป็นเด็กอาจใช้แยมหรือเจลลี่ในการตกแต่งหน้าเค้ก เพื่อให้ดูน่ารักรับประทานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] เคหการเกษตร. สืบค้น 20 ธันวาคม 2563, จาก: <https://www.kasetkaoklai.com/>,
- [2] Lee, C.C., Hosney, R.C. and Varriano-Marston, E. (1982). Development of a laboratory-scale single-stage cake mix. *Cereal Chemistry*, 59(2): 389 - 392.
- [3] Baker, B.A., Davis, E.A. and Gordon, J. (1990). The influence of sugar and emulsifier type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter. *Cereal Chemistry*, 67(3): 451-457.
- [4] Cloke, J.D., Davis, E.A. and Gordon, J. (1984). Volume measurements calculated by several methods using cross-sectional tracings of cake. *Cereal Chemistry*, 61(4): 375-377.

- [5] AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- [6] อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์ และสุนทรี สุวรรณสินธุ์. (2553). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีต่อคุณภาพของบัตเตอร์เค้ก. Proceedings of ⁴⁸th Kasetsart University Annual Conference: AgroIndustry (3-5 February 2010): 1-8.
- [7] สุจิตตา เรืองรัมย์, กนกวรรณ จัตุพงษ์ และอบเชย วงศ์ทอง. (2018). Development of Sandwich Bread Formulation Substituted Wheat Flour with Riceberry Rice Bran. *Research Journal Phranakhon Rajabhat: Science and Technology*, 13(1), 123-138
- [8] ไชยสิทธิ์ พันธุ์พูนจินดา. (2019). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครปเค้กโดยใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี. *RMUTI JOURNAL Science and Technology*, 12(2), 101-114.

การเลือกชนิดของโปรตีนจากพืชสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ประกอบด้วยแอมิโน และไฟเบอร์ตามที่กำหนดด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น

Choosing plant proteins to develop food product containing specific amount of amino and fiber by linear programming method

วิภาวรรณ ทองฟัก¹, จุมพล วรสายัณห์²

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ wipawan.tho@ku.th

²คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ jumpol.v@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารโปรตีนจากพืชในเชิงอุตสาหกรรม 7 ชนิด คือ โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วลิสง โปรตีนข้าว โปรตีนเมล็ดทานตะวัน โปรตีนเมล็ดฟักทอง โปรตีนเมล็ดแฟลกซ์ และโปรตีนเมล็ดเชียร์ ด้วยวิธีการกำหนดการเชิงเส้นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากโปรตีนพืชเพื่อให้ได้รับกรดแอมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน และเพียงพอต่อความต้องการโปรตีนของผู้บริโภคทั่วไปที่แตกต่างกันจากเพศและวัย รวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนพืชสำหรับผู้บริโภคที่มีข้อจำกัดในการบริโภคพืชที่เป็นอาหารที่สามารถก่อภูมิแพ้ เช่น ถั่วเหลืองผลการคำนวณพบว่า สำหรับผู้บริโภคทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม โดยกำหนดปริมาณเส้นใยอาหารที่ 5 กรัม สามารถใช้การผสมโปรตีนถั่วเหลืองกับโปรตีนเมล็ดแฟลกซ์และสำหรับผู้แพ้ถั่วเหลืองควรใช้โปรตีนถั่วลิสงผสมโปรตีนข้าวและโปรตีนเมล็ดฟักทอง เพื่อให้ได้รับกรดแอมิโนจำเป็นและเส้นใยอาหารตามที่กำหนดและภายใต้ต้นทุนต่ำสุดเพื่อความได้เปรียบทางการค้า ทั้งนี้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากโปรตีนพืช ควรให้ความสำคัญต่อลักษณะคุณภาพด้านอื่นของผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับของผู้บริโภคประกอบด้วยเสมอ

คำสำคัญ: โปรตีนพืช, กรดแอมิโน, เส้นใยอาหาร, โภชนาการ

Abstract

This study nutrition of foods from plant proteins 7 type are Soy protein, Pea protein, Rice protein, Sunflower protein, Pumpkin seed protein, Flaxseed Protein and Chai seed protein by Linear programming model (LP), for food product development from plant proteins. Optimal of essential amino acid. The requirements protein of consumer to different on sexes and ages, Including the development for consumers with limitation of allergenic foods such as soybeans. The results of the calculations were found that for general consumers in 4 groups by control with 5 grams of dietary fiber, should be mixed soy protein with flax seed protein and should be mixed pea protein with rice protein and pumpkin seed protein for consumers with soy allergy for optimum nutrition and essential amino acid by minimize cost of protein for a commercial advantage. Where foods product development from plant protein, must other quality characteristics of product such as texture, taste and consumer acceptance should always be given to consideration.

Keyword: Plant protein, Amino acids, Dietary fiber, Nutrition

1. บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอาหารกลุ่มโปรตีนจากพืช (Plantbased protein) การบริโภคโปรตีนพืชนอกจากกลุ่มผู้บริโภคที่มีข้อจำกัดในการบริโภคโปรตีนจากสัตว์ตามหลักศาสนา วัฒนธรรม ความเชื่อ เช่น การรับประทานเจ (oriental vegetarian) และผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพโดยไม่บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (vegan) อีกทั้งการบริโภคโปรตีนจากพืชเพื่อทดแทนเนื้อสัตว์ยังเป็นการลดจำนวนสัตว์ที่ต้องถูกฆ่าและช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปศุสัตว์ที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวนมหาศาลโดยเฉพาะการบริโภคพืชตระกูลถั่วที่มีโปรตีนสูงและเส้นใยอาหารที่สามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ที่เป็นสาเหตุหลักของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ (Richter et al., 2015)

โปรตีนจากพืชส่วนใหญ่จัดเป็นโปรตีนไม่สมบูรณ์ (incomplete amino acid) เพราะมีกรดอะมิโนบางชนิดในปริมาณที่น้อยมากหรืออาจไม่พบกรดอะมิโนเมื่อเทียบกับโปรตีนจากสัตว์ ดังนั้นการบริโภคโปรตีนจากพืชที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและได้รับกรดอะมิโนที่ร่างกายมนุษย์ต้องการได้อย่างครบถ้วน

โปรตีน คือ สารอาหารจำเป็น มีหน้าที่สำคัญต่อการสร้างความแข็งแรงและช่วยการทำงานของกระดูก กล้ามเนื้อ และผิวหนัง โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน 20 ชนิด แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็น (Nonessential amino acids) จำนวน 11 ชนิดและกรดอะมิโนชนิดจำเป็น (Essential amino acids) ที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ตามธรรมชาติจำเป็นต้องได้รับจากการบริโภคเท่านั้น มีจำนวน 9 ชนิด คือ ฮีสทีดีน, ไอโซลิวซีน, ลิวซีน, ไลซีน, เมทไธโอนีน, ฟีนิลอะลานีน, ทรีโอนีน, ทริปโตเฟน และวาลีนซึ่งหากร่างกายได้รับกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนและเพียงพอจะสามารถสร้างกรดอะมิโนชนิดอื่นได้

ตารางที่ 1 หน้าที่ของกรดอะมิโนจำเป็น 9 ชนิด

ชนิดของกรดอะมิโน	หน้าที่
ฮีสทีดีน (Histidine)	สร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	สร้างโปรตีนในเม็ดเลือดแดง (ฮีโมโกลบิน) ป้องกันการสูญเสียกล้ามเนื้อ
ลิวซีน (Leucine)	ช่วยสมานบาดแผลและกระดูก ลดการสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อ
ไลซีน (Lysine)	ยับยั้งไวรัส รักษาโรคเรื้อรัง ร่วมกับวิตามินซีทำให้เกิดสารแอลคาร์นิทีน ลดความเหนื่อยล้า
เมทไธโอนีน (Methionine)	เพิ่มกลูตาไทโอน ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	สร้างสารคอลลาเจน เป็นสารตั้งต้นในการสร้างไทโรซีน ช่วยเสริมความจำ ลดอาการซึมเศร้า
ทรีโอนีน (Threonine)	ป้องกันการสร้างไขมันในตับ เป็นกรดอะมิโนที่ช่วยล้างพิษ
ทริปโตเฟน (Tryptophan)	ป้องกันการสร้างไขมันในตับ เป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารสื่อประสาทซีโรโตนิน ช่วยให้ง่วงนอน ผ่อนคลาย
วาลีน (Valine)	ช่วยให้สมองนำกรดอะมิโนทริปโตเฟน ฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน ไปใช้สร้างเป็นสารสื่อประสาท

ที่มา: (ฉัตรภา หัตถโกศล, 2563)

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนที่ควรได้รับต่อวัน (Dietary Reference intake)

ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นแนะนำต่อวัน		
กรดอะมิโนจำเป็น	ปริมาณ	หน่วย
ลิวซีน (Leucine)	14	mg/kg/day
ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	10	mg/kg/day

ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นแนะนำต่อวัน		
กรดอะมิโนจำเป็น	ปริมาณ	หน่วย
วาลีน (Valine)	10	mg/kg/day
ฮิสทีดีน (Histidine)	12	mg/kg/day
ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine)	14	mg/kg/day
เมทไธโอนีน (Methionine)	13	mg/kg/day
ไลซีน (Lysine)	12	mg/kg/day
ทรีโอนีน (Threonine)	7	mg/kg/day
ทริプトเฟน (Tryptophan)	3.5	mg/kg/day

ที่มา : (WHO/ FAO/ UNU Expert Consultation, 2007)

ปริมาณโปรตีนที่ร่างกายต้องการต่อวันนั้นขึ้นอยู่กับอายุ เพศ สุขภาพ น้ำหนัก พฤติกรรมการเคลื่อนไหวร่างกาย และกิจกรรมที่ทำในแต่ละวัน ซึ่งในการศึกษานี้จะแบ่งการศึกษาผู้บริโภคออกเป็นสองช่วงวัยจากแต่ละเพศ คือ (1) เพศชายอายุ 16-18 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการโปรตีนสูงสุด (2) เพศชายอายุ 19-70 ปี ซึ่งเป็นช่วงความต้องการโปรตีนเฉลี่ยไม่แตกต่าง (3) เพศหญิงอายุ 13-15 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการโปรตีนสูงสุด และ (4) เพศหญิงอายุ 16-70 ปี ซึ่งเป็นช่วงความต้องการโปรตีนเฉลี่ยไม่แตกต่าง เนื่องจากปัจจุบันมีแนวโน้มของประชากรที่เป็นโรคภูมิแพ้อาหาร (Food Allergen) มีมากขึ้น และบางรายแสดงอาการแพ้รุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิต ซึ่งถั่วเหลืองจัดเป็นสารก่อภูมิแพ้ชนิดหนึ่ง ประกาศกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยที่บังคับให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส่วนผสมจากถั่วเหลืองจากทางตรงและทางอ้อม ต้องแสดงคำเตือนบนฉลากของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคที่แพ้ถั่วเหลืองสามารถเลือกและหลีกเลี่ยงการบริโภคได้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, ฉบับที่ 383) การศึกษานี้จึงได้ศึกษาเพื่อหาส่วนผสมโปรตีนพืชเพื่อให้ผู้บริโภคที่มีอาการแพ้ถั่วเหลืองได้รับสารอาหาร, กรดอะมิโนจำเป็นจากการบริโภคโปรตีนจากพืชได้ครบถ้วนและเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. แนะนำการเลือกบริโภคโปรตีนจากพืชเพื่อให้ได้คุณค่าโภชนาการที่เหมาะสมตามเพศและวัย
2. แนะนำการเลือกบริโภคโปรตีนจากพืชเพื่อให้ได้คุณค่าโภชนาการที่เหมาะสมตามเพศและวัยสำหรับผู้แพ้ถั่วเหลือง
3. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนพืชเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารด้วยต้นทุนต่ำสุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

รวบรวมข้อมูล

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย ข้อมูลปริมาณการรับประทานอาหารเป็นโปรตีน ความสำคัญของกรดอะมิโนต่อระบบการทำงานของร่างกาย ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นที่ควรได้รับต่อวัน หน้าที่และ ข้อมูลแหล่งที่มาและคุณค่าทางโภชนาการ โปรตีนจากพืชในเชิงอุตสาหกรรม ทั้ง 7 ชนิด คือ โปรตีนถั่วเหลือง (Soy protein) โปรตีนถั่วลิสง (Peanut protein) โปรตีนข้าว (Rice protein) โปรตีนเมล็ดทานตะวัน (Sunflower protein) โปรตีนเมล็ดฟักทอง (Pumpkin protein) โปรตีนเมล็ดแฟลกซ์ (Flaxseed protein) และ โปรตีนเมล็ดเชียร์ (Chai seed protein)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ราคา, ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นและปริมาณเส้นใยอาหารในโปรตีนพืชแต่ละชนิด

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณโปรตีนพืชแต่ละชนิดที่ให้ ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นและเส้นใยอาหารตามที่กำหนด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการกำหนดสมการเชิงเส้น (Linear Programming Model, LP) เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์และอภิปรายผลการคำนวณ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณหาส่วนผสมและชนิดโปรตีนพืชที่สามารถให้ปริมาณโปรตีน

และกรดแอมิโนจำเป็นครบถ้วนโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด และสามารถใช้ต้นทุนต่ำสุดที่ได้ในการส่วนผสมและชนิดโปรตีนพืชที่ให้เส้นใยอาหารได้สูงสุด โดยวิธีการกำหนดสมการเชิงเส้น (LP) ใน Microsoft Excel

ดัชนี

j = ชนิดของโปรตีนพืช ($j = 1, \dots, n$)

i = สารอาหาร ($i = 1, \dots, m$)

n = จำนวนชนิดของโปรตีนพืช

m = จำนวนชนิดสารอาหาร

a = ชนิดของกรดแอมิโนจำเป็น

x_j = ปริมาณโปรตีนจากพืชชนิด j

k = กลุ่มผู้บริโภค

พารามิเตอร์

c_j = ต้นทุนของโปรตีน j (บาท/ กรัม) ($j = 1, \dots, n$)

a_{ij} = ปริมาณสารอาหาร i จากโปรตีนพืชชนิด j

A_i = ปริมาณแอมิโนชนิด i ขั้นต่ำที่กลุ่มเป้าหมายต้องการ, $i = 1, \dots, n-1$

A_n = ปริมาณเส้นใยอาหารที่กลุ่มเป้าหมายต้องการ

สมการเป้าหมายที่ 1 (Objective function) คือ

คำนวณหาส่วนผสมและชนิดโปรตีนพืชที่สามารถให้

ปริมาณโปรตีนและกรดแอมิโนจำเป็นครบถ้วนโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุดของผู้บริโภคแต่ละกลุ่ม

Minimize Cost = $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

โดยเงื่อนไขสมการที่ 1 คือ

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{และ } x_j \geq 0, \forall j \quad (2)$$

สมการเป้าหมายที่ 2 (Objective function) คือ

คำนวณหาส่วนผสมและชนิดโปรตีนพืชที่สามารถให้ปริมาณโปรตีนและกรดแอมิโนจำเป็นครบถ้วนโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุดของผู้บริโภคแต่ละกลุ่มที่แพ้ถั่วเหลือง

Minimize Cost = $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$

โดยเงื่อนไขสมการที่ 2 คือ

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{และ } x_j \geq 0, \forall j \quad (2)$$

$$x_1 = 0 \quad (3)$$

ตารางที่ 3 ราคาและองค์ประกอบโปรตีนพืช 7 ชนิด

กลุ่มผู้บริโภค		โปรตีน (กรัม/ วัน)	ชนิดของโปรตีนพืช					ต้นทุน (บาท)
			ถั่วเหลือง	ถั่วลันเตา	ข้าว	เมล็ด ทานตะวัน	เมล็ด แฟลกซ์	
ชายอายุ 16 - 18 ปี	ทั่วไป	63	67.26	0	0	0	8.61	10.84
	ผู้แพ้ถั่วเหลือง	63	0	46.47	5.07	41.85	0	17.28
ชายอายุ 19 - 70 ปี	ทั่วไป	57	59.08	0	0	0	10.77	10.81
	ผู้แพ้ถั่วเหลือง	57	0	42.79	0	43.78	0	16.02
หญิงอายุ 13- 15 ปี	ทั่วไป	55	56.35	0	0	0	11.49	10.79
	ผู้แพ้ถั่วเหลือง	55	0	35.90	2.54	46.64	0	15.80
หญิงอายุ 19- 70 ปี	ทั่วไป	52	52.26	0	0	0	12.56	10.77
	ผู้แพ้ถั่วเหลือง	52	0	34.06	0	47.60	0	15.17

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

จากผลการคำนวณสัดส่วนบริโภคโปรตีนจากพืช เพื่อให้ได้เส้นใยอาหารและกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนและเหมาะสมตามกลุ่มผู้บริโภค โดยผู้บริโภคชายและหญิงในแต่ละวัยสำหรับผู้บริโภคทั่วไป ควรใช้โปรตีนถั่วเหลืองผสมกับโปรตีนจากเมล็ดแฟลกซ์ เพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยอาหาร 5 กรัม และกรดอะมิโนจำเป็นที่ครบถ้วน และมีต้นทุนในการผสมโปรตีนอยู่ระหว่าง 10.77-10.84 บาท เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเมื่อเทียบกับโปรตีนชนิดอื่นและยังมีราคาที่ถูก จึงทำให้ราคาต้นทุนโปรตีนต่ำ

สำหรับกลุ่มผู้บริโภคชายและหญิงที่แพ้ถั่วเหลืองในทุกช่วงวัย ควรใช้โปรตีนถั่วลิสงเตาผสมโปรตีนข้าวและโปรตีนจากเมล็ดทานตะวัน เพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยอาหารและกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ตามที่กำหนดและมีต้นทุนในการผสมโปรตีนอยู่ระหว่าง 15.17-17.28 บาทการทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองโดยใช้โปรตีนพืชชนิดอื่นที่มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับถั่วเหลืองจึงให้ราคาต้นทุนโปรตีนสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากโปรตีนพืช เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์นั้น นอกจากจะพิจารณาด้านคุณค่าทางโภชนาการหรือด้านต้นทุนวัตถุดิบ ควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณลักษณะด้านอื่นของผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับของผู้บริโภคควบคู่ด้วยเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ฉัตรภา หัตถโกศล และมณีนรัตน์ เตชะวิเชียร. (2563, มกราคม). โปรตีน: สารอาหารที่จำเป็น ต่อร่างกาย. *วารสารโภชนาการ ออนไลน์*, 55(1), 82-94.
- [2] การบูรณาการองค์ความรู้ปรัชญาอิสลามกับการสร้างเสริมสุขภาพ: อาหารและโภชนาการ. (2551). สงขลา: สถาบันวิจัยระบบสุขภาพภาคใต้.
- [3] Stefan H. M. Gorissen, Julie J. R. Crombag, Joan M. G. Senden, W. A. Huub Waterval, Jörgen Bierau, Lex B. Verdijk, et al. (2018). *Protein content and amino acid composition of commercially available plant based protein isolates*. Springer. 50.1685-1695. <https://link.springer.com/article/10.1007>
- [4] Matej Brestensky, Sona Nitrayova, Peter Patras, Jaroslav Heger, Jozef Nitray. (01 October, 2015). Branched chain amino acids and their importance in nutrition. *Journal of Microbiology. Biotechnology and food sciences*, 5(2), 197-202.
- [5] World Health Organization. (2007). *Protein and Amino acid requirements in humannutrition*. from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43411/WHO_TR_S_935_eng.pdf;jsessionid=3847D0F656F9667B8E4796550C10F1C7?

การผลิตข้าวหนึ่งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดร่วมกับรังสีอินฟราเรด Parboiled Rice Production Using Fluidized Bed Combined with Infrared Drying

อีลีเยะ สนิโซ^{1*}, ลุตฟี สือณี²

Eleeyah Saniso^{1*}, Lutfee Seni²

¹ หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

² หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

¹95000;eleeyah.s@yru.ac.th, ²95000;lutfee.s@yru.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบอบแห้งสำหรับผลิตข้าวหนึ่งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดที่พัฒนาขึ้น สามารถให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงสุดประมาณ 110 องศาเซลเซียส โดยเมื่ออบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดสามารถลดความชื้นได้มากกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดอย่างเดียวประมาณ 50 วินาที การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดมีค่าร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดอากาศร้อนอย่างเดียวประมาณร้อยละ 2 ในขณะที่การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดอากาศร้อนอย่างเดียวมีการยุบตัวของโครงสร้างระดับจุลภาคของเมล็ดข้าวน้อยกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไชน์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรด

คำสำคัญ : ข้าวหนึ่ง, ฟลูอิดไชน์เบด, อินฟราเรด

Abstract

The drying system of parboiling paddy used the hot air fluidized bed drying technique combined with infrared heating (HAFBIR). The drying chamber had a maximum temperature of approximately 110°C. The paddy rice was dried by the HAFBIR technique to reduce moisture content and achieve the required dryness approximately 50 s more than when using only the hot air fluidization technique (HAFB). Also, the head rice yield (HRY) of paddy dried by HAFBIR was circa 2% greater than the paddy dried by HAFB. When using HAFB, there was less collapse of the grain microstructure than using the HAFBIR technique.

Keywords: parboiled rice, fluidized bed, infrared

1. บทนำ

ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตข้าวหนึ่งระดับอุตสาหกรรมของประเทศไทยเป็นข้าวที่มีแอมิโลส 3 ระดับ ได้แก่ ข้าวเหนียว (มีแอมิโลสร้อยละ 0-2) ข้าวแอมิโลสดำ (มีแอมิโลสร้อยละ 10-20) และข้าวแอมิโลสสูง (มีแอมิโลสร้อยละ 25-33) โดยระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ข้าวที่มี

แอมิโลสดำเช่นข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข 15 ข้าวที่มีแอมิโลสสูง เช่นข้าวพันธุ์ กข 49 นอกจากนี้ยังใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 10 และสันป่าตอง และข้าวที่มีแอมิโลสสูง เช่น ข้าวพันธุ์ กข 19 ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 1

ทั้งนี้การเลือกพันธุ์ข้าวสำหรับผลิตข้าวหนึ่งระดับอุตสาหกรรม เป็นการเลือกพันธุ์ข้าวที่มีผลผลิตต่อไร่สูง

มีร้อยละการแตกหักหลังการขัดสีต่ำซึ่งจากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าวหนึ่งในต่างประเทศ พบว่า มีการใช้ข้าวเหนียว ข้าวแอมิโลสต่ำ ข้าวแอมิโลสปานกลาง (มีแอมิโลสร้อยละ 21-25) และข้าวแอมิโลสสูงเช่นเดียวกัน โดยมีสัดส่วนการใช้ข้าวที่ค่อนข้างมาทางข้าวที่มีแอมิโลสปานกลาง และแอมิโลสสูงมากกว่า นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ทั้งข้าวเปลือกและข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งอีกด้วย[1]

กระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน [1] ได้แก่ การแช่ การนึ่ง และการอบแห้งข้าว ซึ่งการนึ่งข้าวใช้น้ำร้อนใช้ไอน้ำอัดตัวและใช้หม้อไอน้ำที่ทำจากเหล็กเป็นวัสดุ โดยใช้กลบเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ ทั้งนี้ อุตสาหกรรมผลิตข้าวหนึ่งในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไคซ์เบดมากที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการทำแห้งได้สูงแต่ในทางกลับกันก็ต้องใช้พลังงานสูงเช่นกันในขณะที่เครื่องอบแห้งแบบคอลัมน์และเครื่องอบแห้งแบบไหลคลุกเคล้า (Louisiana state university, LSU) ก็เป็นเครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพในการอบแห้งข้าวหนึ่งที่สามารถลดความชื้นได้อย่างสม่ำเสมอแต่มีค่าใช้จ่ายสูงด้วยเช่นเดียวกัน

การอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดแบบอากาศร้อน (Hot air fluidized bed, HAFB) เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการอบแห้งวัสดุโดยวัสดุที่อบแห้งจะลอยตัวอย่างอิสระในอากาศร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางอบแห้ง การสัมผัสกันระหว่างอากาศอบแห้งกับวัสดุเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและทั่วถึง อุณหภูมิภายในเบดจึงมีความสม่ำเสมอเท่ากันทุกตำแหน่งแม้ว่าอุณหภูมิที่ขอบแห้งจะสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤต (Critical temperature) ก็ตาม จึงป้องกันไม่ให้อายุวัสดุได้รับความร้อนสูงเกินไปเฉพาะแห้งได้ การอบแห้งแบบฟลูอิดไคซ์เบดอากาศร้อนสามารถใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้งในลักษณะอื่น ทำให้เวลาการอบแห้งลดลง โดยมีการประยุกต์การอบแห้งแบบฟลูอิดไคซ์เบดอากาศร้อน เช่น การอบแห้งข้าวเปลือก [2-3] การอบแห้งข้าวกล้องหนึ่ง [4] การอบแห้งข้าวเหนียว [5]

การอบแห้งเมล็ดข้าวโพด [6] และการอบแห้งถั่วเหลือง [7] เป็นต้น

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวซีริบูกันด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดให้เป็นธุรกิจชุมชนของเครือข่ายโรงเรียนชวนา อ.แวง จ.นราธิวาส โดยการออกแบบสร้าง และทดสอบระบบผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวซีริบูกันด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด แล้ววิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้ง และทดสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวหนึ่งหลังอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด

2. วิธีดำเนินการศึกษา

2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง

การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งสำหรับผลิตข้าวหนึ่งด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการพลังงานขั้นสูง สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา

2.2 การทดสอบระบบอบแห้งและทดลองผลิตข้าวหนึ่ง

การทดสอบระบบและทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่แช่น้ำด้วยเครื่องอบแห้งสำหรับผลิตข้าวหนึ่งด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด ณ ห้องปฏิบัติการพลังงานขั้นสูง สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา ด้วยการวัดและบันทึกข้อมูลขณะอบแห้ง ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ น้ำหนัก และความเร็วอากาศร้อน จากนั้นเมื่อดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้นแล้วจึงนำตัวอย่างข้าวเปลือกไปวิเคราะห์สมบัติทางกล ทางกายภาพ และทางเคมีเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ ร้อยละข้าวตัน สี และการเจลาทีไนซ์ของสตาร์ชจากแป้งข้าว

ทั้งนี้การทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่แช่น้ำเพื่อผลิตข้าวหนึ่งที่มีความสูงของเบดประมาณ 3 เซนติเมตร แล้ววัดและบันทึกข้อมูล เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น และ

ค่าความเร็วอากาศร้อน ขณะอบแห้งที่เวลา 0 30 60 120 180 240 และ 300 วินาที

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปจากการทดลอง ประเด็นต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิในห้องฮีตเตอร์แบบขดลวด อุณหภูมิในห้องอบแห้ง และค่าความชื้นของข้าวเปลือกระหว่างอบแห้ง ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน [8] ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.1)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (3.2)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต, S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, X คือ ข้อมูลการทดลอง, N คือ จำนวนครั้งของการทดลอง, n คือ จำนวนข้อมูลที่ทดลอง และ i คือ จำนวนเต็มใด ๆ เท่ากับ 1, 2, 3, ...

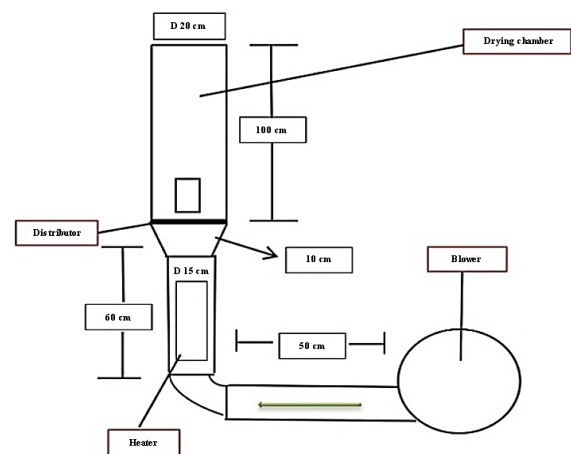
4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 ผลการออกแบบสร้างและทดสอบระบบอบแห้ง

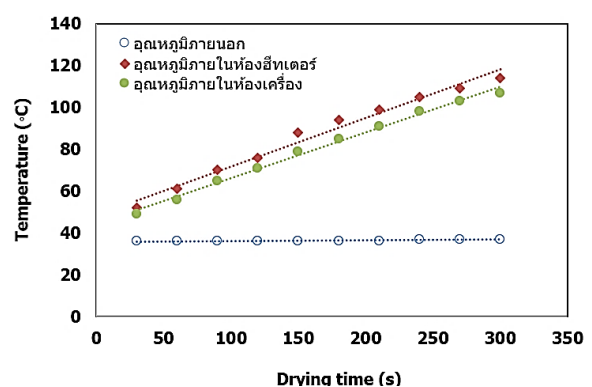
การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งทำได้โดยนำแผ่นสังกะสีมาตัดและม้วนให้ได้รูปทรงเป็นทรงกระบอกขนาดรัศมี 20 เซนติเมตรความสูง 100 เซนติเมตร สำหรับทำเป็นห้องอบแห้ง (Drying chamber) ทรงกระบอกขนาดรัศมี 7 เซนติเมตรความสูง 50 เซนติเมตร และทรงกระบอกขนาดรัศมี 5 เซนติเมตรความสูง 50 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร สำหรับเป็นท่อนำอากาศร้อน (ภาพที่ 1)

การประกอบระบบอบแห้งทำได้โดยนำตะแกรงมาประกบกับแผ่นสังกะสีแล้วเชื่อมติดกันกับทรงกระบอกขนาดรัศมีเท่ากับ 10 เซนติเมตรความสูง 100 เซนติเมตร ทำเป็นห้องอบแห้ง จากนั้นนำฮีตเตอร์แบบอินฟราเรดกลมขนาด 0.8 กิโลวัตต์มาวางภายในท่อแล้วต่อเข้ากับ

สายไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ แล้วจึงนำฮีตเตอร์แบบขดลวดความร้อน (ครีป) ขนาด 1.0 กิโลวัตต์มาวางในท่อสังกะสีที่ม้วนและตัดขนาดรัศมี 7 เซนติเมตรความสูง 60 เซนติเมตรก่อนถึงห้องอบแห้งและต่ออยู่กับท่อสังกะสีม้วนขนาดรัศมี 5 เซนติเมตรความสูง 50 เซนติเมตรและ 60 เซนติเมตร มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างของระบบอบแห้ง แล้วจึงนำพัดลม (Blower) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 2.5 กิโลวัตต์มาต่อกับท่อสังกะสีที่ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งมีรัศมีเท่ากับ 5 เซนติเมตรความสูง 50 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 A schematic diagram of the fluidized bed combined with infrared drying system



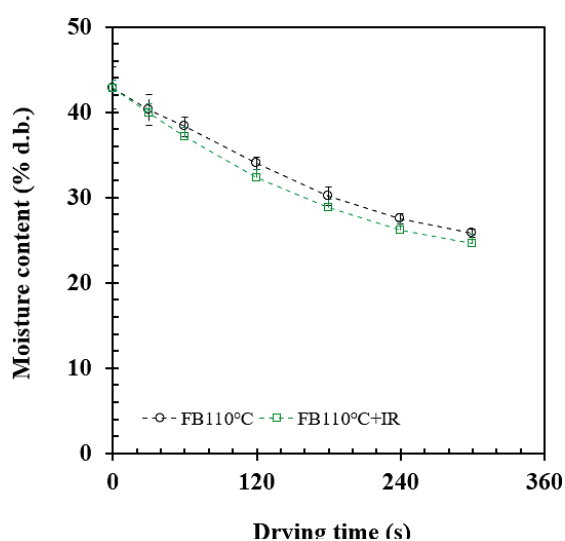
ภาพที่ 2 Average temperature of ambient, heater and drying chamber

การทดสอบระบบอบแห้งที่พัฒนาขึ้น ทำได้โดยการเปิดระบบอบแห้งทั้งหมด (ฮีตเตอร์แบบขดลวดความร้อน ฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด และพัดลม) แล้วทำการวัดอุณหภูมิภายนอกและภายในห้องฮีตเตอร์และอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง โดยวัดค่าอุณหภูมิทุกๆ 30 วินาที จนถึงเวลา 300 วินาที ซึ่งพบว่า อุณหภูมิภายนอกห้องเครื่องที่เวลา 30 วินาทีเท่ากับ 35 องศาเซลเซียสจนถึงเวลา 300 วินาทีเท่ากับ 36.0 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายในห้องฮีตเตอร์แบบขดลวดที่เวลา 30 วินาทีเท่ากับ 56 องศาเซลเซียสจนถึงเวลา 300 วินาทีเท่ากับ 120 องศาเซลเซียสอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งซึ่งมีฮีตเตอร์แบบอินฟราเรดที่เวลา 30 วินาทีเท่ากับ 52 องศาเซลเซียสจนถึงเวลา 300 วินาทีมีค่าเท่ากับ 108 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในห้องอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิในห้องของฮีตเตอร์เพียงอย่างเดียวพบว่า อุณหภูมิจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาประมาณ 270 วินาที ซึ่งได้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงสุดประมาณ 110 องศาเซลเซียสจึงไม่จำเป็นต้องทดลองต่อที่เวลาเพิ่มขึ้นไปอีก

4.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้ง

การทดลองอบแห้งเพื่อผลิตข้าวเหนียวด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด ดำเนินการโดยการแช่ข้าวเปลือกในน้ำที่อุณหภูมิแวดล้อมเป็นเวลา 2 วัน (ระหว่างการแช่ทำการเปลี่ยนน้ำทุกๆ 4-6 ชั่วโมง) หลังจากแช่น้ำครบตามกำหนดเวลาแล้วจึงนำมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จึงนำข้าวเปลือกไปชั่งน้ำหนักให้ได้ 300 กรัมแล้ว จึงนำไปบรรจุในห้องอบแห้งเพื่อทดลองผลิตข้าวเหนียวด้วยระบบอบแห้งที่พัฒนาขึ้น โดยในการทดลองนี้ได้กำหนดอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่สูงสุดตามข้อมูลจากการทดสอบระบบในหัวข้อ 4.2 คือ ที่อุณหภูมิของฮีตเตอร์ประมาณ 110 องศาเซลเซียส ซึ่งจะได้อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งประมาณ 95-105 องศาเซลเซียส

เมื่อนำผลการทดลองอบแห้งที่ได้มาวิเคราะห์จลนพลศาสตร์การอบแห้ง พบว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดสามารถลดความชื้นได้มากกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอย่างเดียว (ภาพที่ 4) เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวได้รับรังสีอินฟราเรด โมเลกุลของน้ำ (ความชื้น) ในเมล็ดข้าวจะเกิดการสั่นไปมาทำให้เกิดการนำความร้อนในเมล็ดข้าวได้เร็วกว่าปกติ ส่งผลให้ภายในเมล็ดข้าวเกิดเป็นพลังงานความร้อนอย่างรวดเร็วทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเพียงอย่างเดียว ความร้อนจึงไปเร่งมวลน้ำ (เร่งการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในสู่ภายนอกเมล็ดข้าวเปลือก) ให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอและระเหยออกมาเติมเต็มผิวหน้าของเมล็ดข้าวเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดจึงสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3 Variation of moisture content with time of soaked paddy drying by fluidized bed combined with infrared heating

นอกจากนี้การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดยังมีความแตกต่างของความดันไอระหว่างจุดศูนย์กลางและ

พื้นผิวของเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเพียงอย่างเดียว จึงส่งผลให้การถ่ายโอนมวลน้ำ (ความชื้น) จากภายในของเมล็ดข้าวเปลือกไปยังพื้นผิวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงทำให้อัตราการอบแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย โดยการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 26 มาตรฐานแห้งสามารถลดระยะเวลาการอบแห้งได้เท่ากับ 50 วินาทีเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิอากาศร้อนเดียวกัน

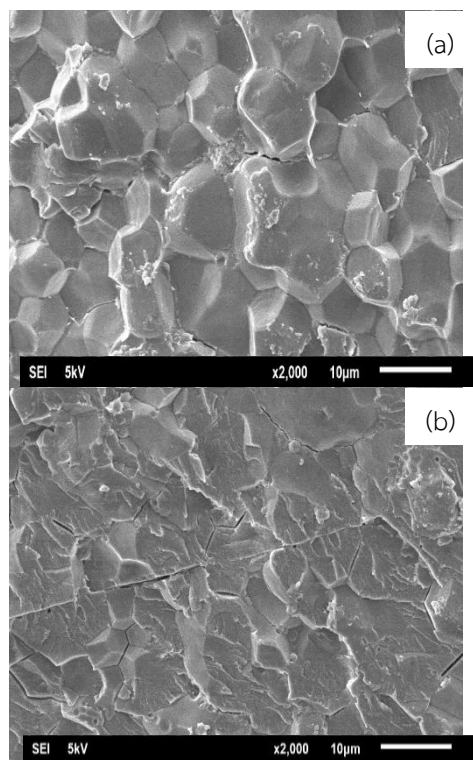
4.3 ผลการทดสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวหลังอบแห้ง

ร้อยละข้าวเต็มเมล็ด (Head rice yield, HRY) ของข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้วอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนและฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดที่อุณหภูมิอากาศร้อน 110 องศาเซลเซียสจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 26 มาตรฐานแห้งโดยค่าร้อยละข้าวต้นจะเพิ่มขึ้นตามเวลาการอบแห้งซึ่งค่าร้อยละข้าวเต็มเมล็ดที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 58.1-66.7 และ 59.3-68.2 สำหรับการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนและฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรด ตามลำดับ

การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดมีค่าร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนอย่างเดียวนั้น เนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดส่งผลให้อุณหภูมิการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนอย่างเดียวทำให้การเจลาติไนซ์ของสตาร์ชข้าวมีค่าสูงกว่าจึงทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดข้าวมีมากกว่า ทั้งนี้ Inprasitand Noomhorm [9] ได้รายงานว่าร้อยละข้าวเต็มเมล็ดจะลดลงตามปริมาณความชื้นที่ลดลง เนื่องจากการสะสมความเครียดของเมล็ดข้าว จนนำไปสู่การเกิดรอยแตกบนผิวของเมล็ดข้าวในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของร้อยละข้าวเต็มเมล็ด

ระหว่างการอบแห้งอาจเป็นผลมาจากกาเจลาติไนเซชันของสตาร์ชข้าวแล้วทำให้เกิดการผสมกันของสตาร์ชข้าวนำไปสู่การเพิ่มความแข็งแรง (Strength) ของเมล็ดข้าวจึงทนต่อความเครียดที่เกิดขึ้นได้

ในขณะที่โครงสร้างระดับจุลภาค (Morphology) ของเมล็ดข้าวที่อบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดและการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนอย่างเดียว วิเคราะห์โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Scanning electron microscope, SEM) (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัณฐานวิทยาของสตาร์ชข้าวมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมๆ (Polygonal shape) โดยการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนอย่างเดียวเมล็ดสตาร์ชข้าวยังคงปรากฏอย่างชัดเจน ในทางกลับกันการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดสตาร์ชข้าวเกิดเจลาติไนซ์ที่สูงขึ้นทำให้เมล็ดสตาร์ชข้าวเกิดการหลอมเหลวบางส่วนจึงสูญเสียเมล็ดสตาร์ชไปทำให้เห็นถึงการยุบตัวของเมล็ดสตาร์ชอย่างเด่นชัด ทั้งนี้ เนื่องจากการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดอากาศร้อนรวมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดสามารถทำให้เกิดความร้อนที่สูงกว่าจนทำให้สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์นำไปสู่การสูญเสียทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดสตาร์ชข้าวบางส่วนไป



ภาพที่ 4 SEM photographs of cross-sectional milled rice for (a) hot air fluidized bed drying and (b) hot air fluidized bed combined with infrared heating

5. สรุปผลการศึกษา

ระบบอบแห้งสำหรับผลิตข้าวเหนียวด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันแบบร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดที่พัฒนาขึ้น มีอุณหภูมิในห้องอบแห้งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของฮีตเตอร์ที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงสุดประมาณ 110 องศาเซลเซียสซึ่งการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันร่วมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดสามารถลดความชื้นได้มากกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันอย่างเดียว โดยการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันร่วมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรดมีค่าร้อยละข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันอากาศร้อนอย่างเดียว ทำนองเดียวกันกับโครงสร้างระดับจุลภาคของเมล็ดข้าวที่ยุบตัวลงมากกว่าเมื่ออบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันร่วมกับการให้ความร้อนด้วยอินฟราเรด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา (บกศ.) ประจำปีพ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ขอขอบคุณนางสาวมัณเฑาะว์ ปือแน และนางสาวอรินี สะมาแอ นักศึกษาสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การช่วยเหลือในการทดลองและบันทึกข้อมูลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] น้ำฝน ลำดับวงศ์. (2559). การสำรวจเอกสารเรื่องข้าวเหนียว : กระบวนการผลิต สมบัติเชิงหน้าที่และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวเหนียว. (รายงานการวิจัย). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- [2] Golmohammadi, M., Assar, M. and Rajabi-Hamane, M. (2012). Experimental and theoretical investigation of moisture dynamics in intermittent drying of rough rice. *Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 46(2): 87-96.
- [3] Khanali, M., Rafiee, S., Jafari, A. and Banisharif, A. (2012). Study of residence time distribution of rough rice in a plug flow fluid bed dryer. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 48, 103-114.
- [4] Poomsa-ad, N. and Wiset, L. (2012). Pre-germinated parboiled brown rice drying using fluidization technique. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6: 10-26.
- [5] Jaiboon, P., Prachayawarakorn, S., Devahastin, S., Tungtrakul, P. and Soponronnarit, S. (2011). Effect of high - temperature fluidized bed drying on cooking, textural and digestive properties of waxy rice. *Journal of Food Engineering*, 105(1): 89-97.

- [6] Janas, S., Boutry, S., Malumba, P., Elstb, L.V. and Bera, F. (2010). Modelling dehydration and quality degradation of maize during fluidized bed drying. *Journal of Food Engineering*, 100(3), 527-534.
- [7] Soponronnarit, S., Swasdisevi, T., Wetchacama, S. and Wutiwiwatchai, W. (2001). Fluidised bed drying of soybeans. *Journal of Stored Products Research*, 37(2), 133-151.
- [8] ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2549). การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] Inprasit, C. and Noomhorn, A. (2001). Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation on rice quality. *Drying Technology*, 19(2), 389-404.

การศึกษาปริมาณมะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย

Study on the Optimum Amount of Sweet Bael Fruit as a Condense Milk Substitute in Cotton Ball Cake

ศศิอาภา บุญคง และนุชนารถ โพธิ์ศรี

Sasiapa Boonkong and Nuchanat Phosei

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

sasiapa.b@dru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณมะตูมเชื่อม (ร้อยละ 60 และ 70 ของนมข้นหวาน) ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายโดยนำสูตรพื้นฐานของวันดีสงขลาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Ratio Profile ในด้านสีกลิ่นความนุ่มฟูความหวานและความชอบโดยรวมกับผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูตรที่ 2 ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมร้อยละ 60 กับปริมาณน้ำร้อยละ 15 ของนมข้นหวานมากที่สุดและมีค่า ratio mean score ใกล้เคียงกับในอุดมคติมากที่สุด ($p > 0.05$) จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำต่อปริมาณมะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายโดยใช้ปริมาณปุยฝ้ายร้อยละ 60 ของนมข้นหวานกับปริมาณน้ำร้อยละ 15, 20, 25 และ 30 ของนมข้นหวานจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 Point Hedonic Scale ในด้านสีกลิ่นมะตูมความหวานความนุ่มและความฟูและความชอบโดยรวมกับผู้ทดสอบชิม 50 คนพบว่าสูตรที่ 1 ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมร้อยละ 60 กับปริมาณน้ำร้อยละ 15 ของนมข้นหวานมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ($\bar{x} = 7.80$)

คำสำคัญ : ขนมปุยฝ้าย, มะตูมเชื่อม

Abstract

The objective of this research was aimed to investigate appropriate of sweet bael fruit (60% and 70% by weight of Condense Milk) using Wandee Na Songkhla as a basic formula. Sensory evaluation using ratio profile test, color, flavor, texture (soft), sweet and overall linking. The 30 sensory panelists shown that the product with 60 % sweet bael fruit and 15% water by weight of condense milk was mostly accepted and ratio mean score was near ideal score ($p > 0.05$). The investigate of appropriate of water and sweet bael fruit as a condense milk substitute in cotton ball cake. Using 60% sweet bael fruit with 15%, 20%, 25% and 30% water by weight of condense milk. The 50 sensory panelists using 9 Point Hedonic scale, color, flavor, sweet, texture and overall linking, were the product with 60 % sweet bael fruit with 15% water by weight of condense milk was mostly accepted with the higher than acceptance scores ($\bar{x} = 7.80$).

Keywords : cotton ball cake, sweet bael fruit

1. บทนำ

ขนมปุยฝ้ายเป็นขนมไทยประเภทหนึ่งมีส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี นมข้นหวานเอสพี น้ำไขไก่ น้ำตาลและกลิ่น

นมแมว หรือกลิ่นมะลิลักษณะที่ดีของขนมปุยฝ้าย หน้าขนมต้องแตกเป็นแฉกมีความละเอียดนุ่มเบา มีกลิ่นหอม ซึ่งหมายถึงความรุ่งเรืองเฟื่องฟูในธุรกิจการงาน

และสามารถนำมาเป็นของฝากหรืองานต่าง ๆ เช่น
ขึ้นบ้านใหม่ วันเกิด วันเปิดร้าน วันมงคลสมรส วันตรุษจีน
เพื่อความเป็นสิริมงคลให้แก่ผู้รับและผู้ให้

มะตูมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aegle marmelos* (L.)
Correa หรือมีชื่อท้องถิ่นเช่นมะปิ่น (ภาคเหนือ) กะทันตา
เถรตุ้มตังตุม (ปัตตานี) มะปี่สำ (แม่ฮ่องสอน) เป็นไม้ผลที่มีความ
ทนทานเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่แห้งแล้งไม่มีน้ำท่วมขัง
สายพันธุ์ที่พบได้ในประเทศไทยมี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ มะตูมไข่
มะตูมบ้าน และมะตูมนิ่ม ผลมะตูมใช้รับประทานได้
ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ผลอ่อนฝานแล้วตากแห้งนำไป
ต้มกับน้ำเป็นน้ำมะตูม นำมาฆ่า ใบอ่อนและยอดอ่อนใช้
รับประทานเป็นผักสลัด กินกับน้ำพริก ลาบ และข้าวยา
ผลแก่แต่เปลือกยังนิ่มนำมาฝานแล้วทำเป็นมะตูมเชื่อม
ซึ่งนำไปเป็นส่วนผสมของขนมอื่นอีกหลายอย่าง มะตูมสุก
เนื้อละเอียดรับประทานเป็นผลไม้ และใช้เป็นยารักษา
อาการท้องร่วง ท้องเดิน โรคลำไส้ ตาแห้ง ไข้หวัดธรรมดา
และยังใช้รักษาอาการท้องผูกเรื้อรังได้เป็นอย่างดี [1, 2]
โดยมะตูมมีผลต่อการยับยั้งระดับน้ำตาลในเลือด
เพิ่มระดับอินซูลิน ลดระดับไขมัน รักษาแผลในกระเพาะ
อาหาร ซึ่งมีการพัฒนาขนมไทยโดยใช้มะตูมเชื่อม เช่น
ตะโก้มะตูมเชื่อมร้อยละ 125 ผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกง
เสริมมะตูมร้อยละ 20 [2] สำหรับการนำแป้งตาลโดนด
ทดแทนในขนมปุยฝ้ายร้อยละ 10 [3] ขนมปุยฝ้ายจาก
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ [4] ขนมปุยฝ้ายจากแป้งพลาวมัน
สำปะหลังพันธุ์หวาน [5] และขนมปุยฝ้ายโดยใช้ผงสี
มะม่วงหาวมะนาวโห่ [6]

จากคุณสมบัติที่สำคัญของมะตูมสามารถนำมา
แปรรูปเป็นมะตูมเชื่อมและนำมาเป็นส่วนผสม เพื่อเพิ่ม
รสชาติและเพิ่มสีในขนมไทยหลายชนิด ผู้วิจัยจึงสนใจ
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายโดยใช้มะตูมเชื่อมมาเป็น
ส่วนผสมในขนมเพื่อเพิ่มรสชาติและสีเพื่อเพิ่มทางเลือก
ให้กับผู้บริโภคที่ชอบรับประทานขนมไทย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณมะตูมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์
ขนมปุยฝ้ายทดแทนนมข้นหวานด้วยมะตูมเชื่อม

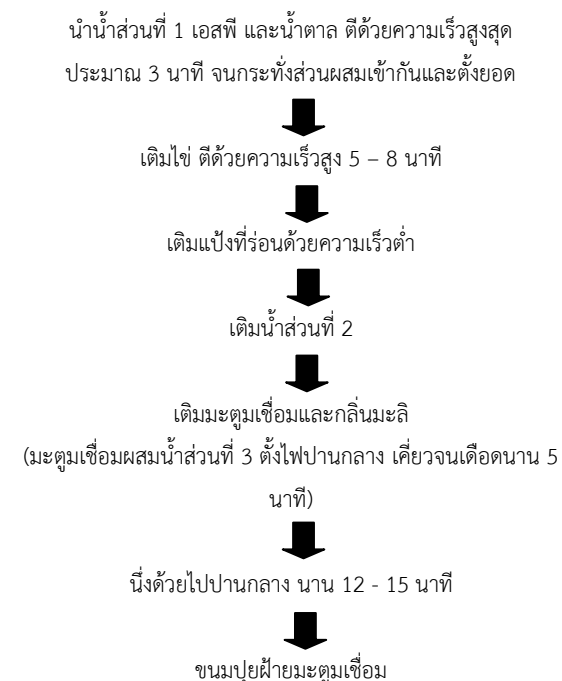
2. เพื่อศึกษาปริมาณน้ำตาลต่อปริมาณมะตูมเชื่อม
ทดแทนนมข้นหวานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย
มะตูมเชื่อม

3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณมะตูม (ร้อยละ 70 และร้อยละ 60)
ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายทดแทนนมข้นหวาน
ด้วยมะตูมเชื่อมโดยใช้สูตรของคุณวันดีณสงขลา (มปป)
เป็นสูตรพื้นฐานดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 โดยมี
การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) จากนั้น
ทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Ratio Profile ขนาด
10 เซนติเมตร จำนวน 30 คน ในด้านค่าสีด้านกลิ่นมะตูม
ด้านความนุ่มและความฟูความหวานและด้านความชอบ
โดยรวมและวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบ
ค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test
(DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตขนมปุยฝ้ายทดแทนนมข้นหวาน

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของขนมปุยฝ้าย

ส่วนผสม	สูตรพื้นฐาน*	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
แป้งสาลี	500	500	500
ไข่ไก่	100	100	100
น้ำตาลทราย	370	370	370
เอส.พี.	20	20	20
น้ำส่วนที่ 1	210	210	210
น้ำส่วนที่ 2	210	210	210
น้ำส่วนที่ 3	-	31.5	42
นมข้นหวาน	126	-	-
มะตูมเชื่อม		126	126
กลั่นมะลิ			

หมายเหตุ : * สูตรพื้นฐานของวันดีนสงขลา (มปป.)

สูตรที่ 1 มะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และน้ำร้อยละ 15

สูตรที่ 2 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15

2. การศึกษาปริมาณน้ำต่อปริมาณมะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวาน (ร้อยละ 15, 20, 25 และ 30) ในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 ดังตารางที่ 1 จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมโดยใช้การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบแบบ 9-Point Hedonic Scale จำนวน 50 คนจากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาปริมาณมะตูมเชื่อมที่เหมาะสมทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย

การทดลองผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายโดยใช้มะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานโดยใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 15 และปริมาณมะตูมเชื่อมที่แตกต่างกันคือ สูตรที่ 1 ขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และน้ำร้อยละ 15 สูตรที่ 2 ขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15

พบว่า ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมทั้ง 2 สูตร มีลักษณะสีเหลืองนวลถึงสีเหลืองส้มและมีกลิ่นมะตูมที่ต่างกัน (ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพผลการศึกษาปริมาณมะตูมเชื่อมที่เหมาะสมทดแทนนมข้นหวาน

สูตร	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ
1	สีเหลืองส้ม	มีกลิ่นมะตูม	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟู
2	สีเหลืองส้ม	มีกลิ่นมะตูมมาก	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟูปานกลาง

หมายเหตุ สูตรที่ 1 มะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และน้ำร้อยละ 15

สูตรที่ 2 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15



สูตรที่ 1

มะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และน้ำร้อยละ 15



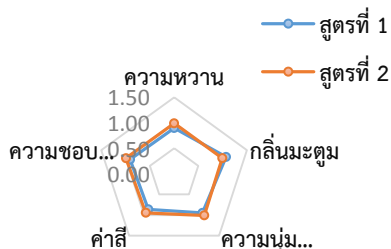
สูตรที่ 2

มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายที่มีปริมาณมะตูมเชื่อมแตกต่างกัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีแบบ Ratio Profile กับผู้บริโภคน้อยกว่า 30 คน (ดังภาพที่ 2) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมด้านสีด้านกลิ่นด้านความนุ่มฟูด้านความหวานและความชอบโดยรวมจากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test อย่างมีนัยสำคัญที่ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 2 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมสูตรที่ 1 ขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และร้อยละ 15 มี ratio mean score ด้านสีด้านกลิ่นด้านความนุ่มฟูด้านความหวานและความชอบโดยรวมน้อยกว่าค่าในอุดมคติและสูตรที่ 2 ขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และ

น้ำร้อยละ 15 มีค่า ratio mean score ด้านความหวาน ด้านสีด้านกลิ่นด้านความนุ่มฟูและความชอบโดยรวม ใกล้เคียงค่าในอุดมคติมากที่สุด



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายที่มีปริมาณมะตูมเชื่อมแตกต่างกัน

หมายเหตุ สูตรที่ 1 มะตูมเชื่อมร้อยละ 70 และน้ำร้อยละ 15
สูตรที่ 2 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15

4.2 ผลศึกษาปริมาณน้ำต่อปริมาณมะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อม

การทดลองผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายโดยใช้มะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวาน โดยใช้ปริมาณมะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และปริมาณน้ำแตกต่างกัน 4 ระดับคือ ร้อยละ 15, 20, 25 และ 30 พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร มีลักษณะสีเหลืองนวลถึงสีเหลืองส้ม มีกลิ่นมะตูม และหน้าขนมแตกเป็นแฉกขึ้นฟู (ดังภาพที่ 3 และตารางที่ 3)



สูตรที่ 1

มะตูมเชื่อมร้อยละ 60
และน้ำร้อยละ 15



สูตรที่ 2

มะตูมเชื่อมร้อยละ 60
และน้ำร้อยละ 20



สูตรที่ 3

มะตูมเชื่อมร้อยละ 60
และน้ำร้อยละ 25



สูตรที่ 4

มะตูมเชื่อมร้อยละ 60
และน้ำร้อยละ 30

ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมที่มีปริมาณน้ำแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมที่มีปริมาณน้ำแตกต่างกัน

สูตร	คุณลักษณะ		
	สี	กลิ่น	ลักษณะปรากฏ
1	สีเหลืองส้ม	มีกลิ่นมะตูม	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟู
2	สีเหลืองส้ม	มีกลิ่นมะตูม	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟู
3	สีเหลือง	มีกลิ่นมะตูม	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟู
4	สีเหลือง	มีกลิ่นมะตูม	หน้าขนมแตกเป็นแฉกและขึ้นฟู
นวล			เป็นแฉกและขึ้นฟู

หมายเหตุ สูตรที่ 1 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 15
สูตรที่ 2 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 20
สูตรที่ 3 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 25
สูตรที่ 4 มะตูมเชื่อมร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 30

4.3 ผลการประเมินคุณภาพทางค่าสี L^* , a^* , และ b^*

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสี L^* (ความสว่าง), a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ของผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อมทั้ง 4 สูตร พบว่า ค่าสี L^* , a^* , และ b^* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งการเพิ่มปริมาณน้ำทำให้ค่าสี L^* , a^* และ b^* ความสว่างของสีค่าสีแดงและสีเหลืองลดลง (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินค่าสีของขนมปุยฝ้ายโดยใช้มะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานที่มีปริมาณน้ำแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ค่าสี L^* ^{ns}	ค่าสี a^* ^{ns}	ค่าสี b^* ^{ns}
สูตรที่ 1	50.13±2.42	19.89±1.01	17.57±4.98
สูตรที่ 2	47.77±2.88	18.86±3.10	17.35±4.88
สูตรที่ 3	47.21±1.39	18.51±1.37	16.90±4.69
สูตรที่ 4	43.90±1.69	16.90±4.69	16.90±4.05

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการศึกษาปริมาณมะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายมะตูมเชื่อม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 Point Hedonic Scale กับผู้บริโภคนาน 50 คน (ดังตารางที่ 5) พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายเสริมมะตูมเชื่อมในระดับชอบมากซึ่งมีความแตกต่างในด้านค่าสี ด้านกลิ่นมะตูม ด้านความนุ่มและความฟู ด้านความหวาน

และด้านความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

5. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายสามารถทดแทนนมข้นหวานด้วยมะตูมเชื่อม พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย ปริมาณมะตูมเชื่อม ร้อยละ 60 และปริมาณน้ำ ร้อยละ 15 ผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมในระดับชอบมาก ($\bar{x} = 7.80$)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโดยใช้มะตูมเชื่อมทดแทนนมข้นหวานที่มีปริมาณน้ำแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ด้านค่าสี	7.42 ± 0.86^a	7.14 ± 0.90^{ab}	7.02 ± 0.92^{bc}	6.66 ± 0.98^c
ด้านกลิ่นมะตูม	8.06 ± 0.71^a	7.34 ± 0.79^b	7.24 ± 0.94^b	6.96 ± 0.98^b
ด้านความนุ่มและความฟู	7.18 ± 1.15^a	6.78 ± 0.790^{ab}	6.20 ± 0.90^{bc}	6.52 ± 1.18^c
ด้านความหวาน	7.90 ± 0.71^a	7.32 ± 0.87^b	6.28 ± 0.92^c	6.24 ± 0.87^c
ด้านความชอบโดยรวม	7.80 ± 0.70^a	7.42 ± 0.64^{ab}	7.60 ± 0.58^b	6.98 ± 0.74^c

หมายเหตุ : ตัวอักษร a - c ในแนวนอนมีความแตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากมะตูมเชื่อมในผลิตภัณฑ์ขนมไทยชนิดต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การนำวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าทางโภชนาการ และการใช้สีจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้าย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพร ภูติยานันต์. (2533). *สมุนไพรใกล้ตัว สมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส*. เชียงใหม่ : เอรารัตน์ การพิมพ์.
- [2] ชญาภัทร ก่ออารีโย, อภิญา มานะโรจน์, พงนิย บัญมา และณนัท แดงสังวาลย์. (2555). *โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากพืชสมุนไพรพื้นบ้าน*. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

- [3] ชไมพร เพ็งมาก และสุธาสินี ศรีวิไล. (2548). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งตาลโดนด*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [4] ลาภิส อาภาประวิตร และศศิอาภา บุญคง. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปุยฝ้ายจากข้าวไรซ์เบอร์รี่*.
- [5] ลลิตา สุวรรณนิจศิริ. (2546). *ขนมปุยฝ้ายจากแป้งพลาวมันสำปะหลังพันธุ์หวาน* (วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [6] หนูเดือน สาระบุตร. สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโทที่มีมอลโทเด็กซ์ทรินต่างกัน. *วารสารวิชาและวิจัย มทร. พระนคร ฉบับพิเศษ*. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, กรกฎาคม 2556 399 - 405.