



การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวแดง (อังกัก)

สุชาดา ไหมสนธิ^{1*} และ ขวัญชัย คุณเจริญไพศาล²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ที่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) จากนั้นคัดเลือกแครกเกอร์ที่มีคุณภาพดีนำมาทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดงหรืออังกัก ผลการทดลองพบว่า การทดแทน แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ส่งผลให้แครกเกอร์ มีอัตราการขยายตัว ค่าสี L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าความกรอบ และ ค่าสี a^* เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลี การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 10-30 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน ($p>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีเป็นร้อยละ 40 คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) ดังนั้นจึงนำแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 พัฒนาโดยทดแทนด้วยข้าวแดงในรูปแบบผงและแบบสารสกัดที่ร้อยละ 0 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ พบว่า ค่าการขยายตัว ค่าสี L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) แต่ค่าความกรอบ ค่าสี a^* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของการทดแทน การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนคะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะลดลง ($p<0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านรสชาติ ซึ่งมีความขม ผู้ทดสอบชิมยอมรับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงที่ร้อยละ 2 โดยการใช้ข้าวแดงในรูปแบบสารสกัด แครกเกอร์จะมีคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะสูงกว่าการใช้ข้าวแดงแบบผง ในขณะที่คุณภาพทางเคมีและกายภาพมีค่าใกล้เคียงกัน แครกเกอร์ที่ใช้สารสกัดข้าวแดงร้อยละ 2 มีปริมาณสารโมโนโคลิน เค ในผลิตภัณฑ์ประมาณ 0.393 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแครกเกอร์ ในขณะที่ตรวจไม่พบสารซิทรีนิน จากนั้นนำแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับสารสกัดข้าวแดง ร้อยละ 2 ไปพัฒนาด้านกลิ่นรสและรูปร่าง พบว่าแครกเกอร์รสชีส และรูปร่างแบบแท่ง ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด

คำสำคัญ : แครกเกอร์ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวแดง อังกัก โมโนโคลิน เค ซิทรีนิน

^{1*} อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

E-mail: smaisont@hotmail.com

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

E-mail: khwanchai@pnru.ac.th



Development of cracker from Hom Mali brown rice and red rice (ankak)

Suchada Maisont^{1*} and Khwanchai Khucharoenpaisan²

Abstract

The objectives of this research were to develop cracker products by using brown rice our substituted for wheat our at 0, 10, 20, 30 and 40 % (weight of total wheat our) respectively. Selecting the cracker which had a good quality substituting for wheat our with red rice or ankak. The results showed that the expansion ratio, L^* and b^* value decreased, while the crispiness and a^* value increased, when increased the substitution level of wheat our. The sensory evaluation was found that using of brown rice our substituted for wheat our at 10–30 %, there was not significantly difference the appearance, avor and over all preference score ($p>0.05$) comparing with cracker products which made from wheat our. When the substitution level increased at 40 %, the preference score of all attributes tended to decrease ($p0.05$). Therefore, the cracker was substituted for wheat our with brown rice our at 30 % and then developed by substituting for red rice which had 2 form; red rice powder and red rice extract solution at 0, 2, 4, 6 and 8%, respectively. The results revealed that the expansion ratio, L^* and b^* value tended to decrease($p0.05$) but the crispiness and a^* value increased, when the substitution level increased. The sensory evaluation was found that when the substitution level increased, the preference score of all attributes decreased, especially bitter taste. The panelist accepted cracker products substituted for wheat our with red rice at 2%. The use of red rice in the form of extract solution, the preference score in all attributes was higher than the form of red rice powder, while the qualities of chemical and physical were the same. The cracker substituted for wheat our with red rice extract solution contained the monacolin K about 0.393

¹Lecturer, Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology Phranakhon Rajabhat University
E-mail: smaisont@hotmail.com

² Lecturer, Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University
E-mail: khwanchai@pnru.ac.th



milligrams /100 grams cracker, but the citrinin was not found. After that, the cracker products which substituted for wheat our with brown rice 30 % and red rice extract solution 2%, developed in avor and shape. It was found that the cheese avor cracker and the bar shape were the most accepted by the panelists.

Keywords: cracker, brown rice, red rice, ankak, monacolin K, citrinin



บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมปังกรอบและแครกเกอร์มีการขยายตัวทางการตลาดเพิ่มมากขึ้น โดย เว็น ซานโดส (2553) ผู้จัดการฝ่ายการตลาด อาวุโส บริษัท มอนเด นิสชิน (ประเทศไทย) จำกัด กลุ่มธุรกิจจากประเทศฟิลิปปินส์ เปิดเผยว่า ตลาดแครกเกอร์หรือขนมปังกรอบในประเทศไทยมีมูลค่ากว่า 1 หมื่นล้านบาท และด้วยกลยุทธ์การตลาด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัท (แครกเกอร์ วอยล์) มีส่วนแบ่งการตลาดแล้วร้อยละ 5 และมีความเติบโตขึ้นมากกว่าร้อยละ 15 มาตลอด 3 ปี โดยแนวโน้มของผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มีผลดีต่อสุขภาพ แครกเกอร์มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก เมื่อมีการบริโภค แครกเกอร์มากขึ้นทำให้การใช้แป้งสาลีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงผลิตภัณฑ์มีราคาแพงขึ้น แต่ยังคงขาดจุดเน้นในเรื่องสุขภาพ จึงควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ทั้งในด้านการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและการใช้แป้งชนิดอื่นมาทดแทนแป้งสาลีเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกข้าวที่ใหญ่แห่งหนึ่งของโลก แต่ในระยะเวลา 3-5 ปีที่ผ่านมา มีประเทศผู้ส่งออกข้าวได้ในปริมาณมากขึ้น เช่น เวียดนาม จีน และอินเดีย โดยมีการใช้ราคาเป็นตัวกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ทำให้ตลาดการส่งออกข้าวมีการแข่งขันกันสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบในด้านต้นทุนการผลิตข้าว ประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจึงเกิดปัญหาการค้าข้าวที่ขายได้ไม่คุ้มกับการลงทุน การนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ให้มากขึ้นจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ข้าวของไทย ข้าวแดง (red rice) หรืออังคัก (ankak) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักข้าวกับเชื้อราสกุล *โมนาสคัส* (*Monascus*) หลายประเทศในแถบเอเชีย

ใช้ข้าวแดงเป็นวัตถุดิบให้สีกับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ปลา เนื้อ และไส้กรอก เป็นต้น (Journoud and Peter, 2004) ในระหว่างการหมักเชื้อราในสกุล *โมนาสคัส* สามารถสร้างสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ได้หลายชนิด เช่น กรดไดเมอร์มิก (dimerumic acid) โมนาโคลิน เค (monacolin K) และ กาบา (Gamma amino butyric acid; GABA) (Su *et al.*, 2003) เป็นที่ทราบกันดีว่าสารดังกล่าวมีผลดีต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารโมนาโคลิน เค ที่มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการสังเคราะห์ คอเลสเตอรอลทั้งในร่างกายมนุษย์ และในสัตว์ทดลอง เช่น หนู และกระต่าย (Wang *et al.*, 2000; Jeun *et al.*, 2008) และควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Saruno and Kunihino, 1996) นอกจากสารที่มีประโยชน์ มีนักวิจัยรายงานว่าในระหว่างที่เชื้อรามีการสร้างสีนั้น จะมีสารซิตรีนิน (citrinin) เกิดขึ้นด้วย (จุลยุทธ, 2546; Wang *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2005; Chairote *et al.*, 2007) มีการรายงานว่าการร่างกายได้รับในปริมาณมากเกินไปจะมีฤทธิ์อย่างอ่อนในการทำลายตับของสัตว์ทดลอง เช่น หนู กระต่าย และสุนัข (ชลดา, 2547) เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคการนำข้าวแดงมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารจึงควรตระหนักและให้ความสำคัญต่อปริมาณซิตรีนินที่ปนเปื้อนอยู่หลังจากผ่านกระบวนการผลิต

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์โดยการนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาทดแทนแป้งสาลีร่วมกับการใช้ข้าวแดงที่หมักด้วยเชื้อรา *โมนาสคัส* ตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัส พัฒนารสชาติและรูปแบบแครกเกอร์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมและหมักข้าวแดง

การเตรียมตัวอย่างเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 (Blanc *et al.*, 1995) โดย เชื้อเชื้อลงบนอาหารแข็ง Potato dextrose agar (PDA, Difco France) ให้เชื้อเจริญที่อุณหภูมิ 28 °ซ เป็นเวลา 10 วัน ส่วนการเตรียมและการหมักข้าวแดง ดัดแปลงวิธีจาก บุษบา (2542) และจุลยุทธ (2546) โดยนำข้าว กข 31 ที่ผ่านการขัดสีแล้ว 50 กรัมลวกในน้ำที่อุณหภูมิ 85ซ นาน 4 นาที วางบน ตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ ใส่ข้าวที่ลวกในถุงโพลีเอทิลีน ขนาด 8X12 นิ้ว สวมคอขวดพลาสติกและนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 ซ นาน 15 นาที เมื่อข้าวเย็นใส่เชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3090 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ปิดปากถุงและนำไปหมักในตู้บ่มเชื้อที่ อุณหภูมิ 29ซ นาน 12 วัน เมื่อครบระยะเวลา นำ ข้าวแดงมาอบที่อุณหภูมิ 50ซ นาน 24 ชั่วโมงและ อบต่อที่อุณหภูมิ 100ซ นาน 1 ชั่วโมง นำข้าวแดงบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช วัดค่าสีด้วย สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (ค่าสีแดง สีส้ม สีเหลืองที่ ความยาวคลื่น 500, 470 และ 400 นาโนเมตร ตาม ลำดับ) (Johns and Stuart, 1991) วิเคราะห์ ปริมาณสารโมโนโคลิน เค (Pattanagul *et al.*, 2008) และ ซิตรีนิน (Pattanagul *et al.*, 2008)

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

2.1 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง ข้าวกล้องหอมมะลิในผลิตภัณฑ์

โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว กล้องหอมมะลิ(จากบริษัทฟาร์มคิดดี จำกัด) ที่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 (ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด) ผลิต แครกเกอร์ดัดแปลงสูตรและวิธีการผลิต จาก

ฉวีวรรณ (2552) มีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผสมแป้งส่วนที่ 1 ได้แก่ แป้งสาลี น้ำ น้ำตาล และยีสต์เข้าด้วยกัน นวดด้วยเครื่องนวดนาน 15 นาที นำแป้งที่ได้หมักที่อุณหภูมิ 32ซ นาน 1.30 ชั่วโมง จะได้แป้งหมัก (dough) จากนั้นนำแป้งหมัก มาขนาดรวมกับแป้งในส่วนที่ 2 (แป้งผสม) นาน 5 นาที หมักแป้งนาน 30 นาทีตัดแป้งเป็นก้อนๆ ละ ประมาณ 200 กรัม นำมารีดเป็นแผ่นบางๆ โดย ระหว่างรีดให้โรยแป้งระหว่างชั้นรีดทบไปมา ประมาณ 6 รอบจนได้แผ่นแป้งที่มีความหนา ประมาณ 0.5 ซม. นำมาขึ้นรูปด้วยพิมพ์ขนาด 5x4 ซม. อบที่อุณหภูมิ 180ซ นาน 10 นาที นำแครกเกอร์ที่ได้ วัดค่าสี L^* a^* และ b^* (Minolta-CR10) อัตราการขยายตัว (ด้วยเวอร์เนียคาร์ลิเปอร์) ความ กรอบ (ด้วยเครื่อง Texture analyzer, TA-XT2 plus หัววัด P/0.05) และประเมินคุณภาพทาง ประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 7 point hedonic scale (คะแนน 1= ไม่ชอบมากที่สุด และ คะแนน 7 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน

2.2 ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง ข้าวกล้องหอมมะลิร่วมกับข้าวแดง

นำแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง ข้าวกล้องหอมมะลิที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีและ ได้คะแนนความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบชิมในข้อ 2.1 มาศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 (ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด) ในรูปแบบผง และในรูปสารสกัดข้าวแดงโดยสารสกัดข้าวแดงใช้เอทานอลร้อยละ 95 สกัดด้วยอัตราส่วนข้าวแดง 1 กรัมต่อเอทานอล 5 มล. และใช้สารสกัดทดแทนน้ำ ในส่วนผสมที่ 2 ผลิตแครกเกอร์ตามวิธีในข้อ 2.1 นำ แครกเกอร์ที่ได้วัด ค่าสี L^* a^* และ b^* อัตราการ



ขยายตัว ความกรอบ วิเคราะห์ปริมาณโมโนโคลินเค (Pattanagul *et al.*, 2008) ปริมาณซิติรีนิน (Pattanagul *et al.*, 2008) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 7 point hedonic scale

2.3 ศึกษาการปรุงแต่งกลิ่นรสแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร่วมกับข้าวแดง

นำแครกเกอร์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีและได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบชิมในข้อ 2.2 มาปรุงแต่งรสชาติได้แก่ รสคอนท์ชีส ชีสขาวครีม บาร์บีคิว และสาหร่าย โดยอัตราส่วนผสมแป้ง 10 กรัมต่อแครกเกอร์ 100 กรัม ใช้โรยหลังแครกเกอร์อบเสร็จ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 7 point hedonic scale

2.4 ศึกษาารูปร่างของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร่วมกับข้าวแดง

นำแครกเกอร์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดจากผู้ทดสอบชิมในข้อ 2.3 มาพัฒนารูปร่างโดยขึ้นรูป แครกเกอร์เป็นแบบสามเหลี่ยมสี่เหลี่ยม ก้นหอย ดอกไม้ หัวใจ และ แท่ง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 7 point hedonic scale

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์ที่พัฒนาแล้ว

นำแครกเกอร์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในข้อ 2.3 ขึ้นรูปแบบต่างๆ มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นบุคลากรและนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และบุคคลทั่วไปโดยการสุ่มแบบบังเอิญจำนวน 200 คน

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD; Completely Randomized Design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window 11.5

ตารางที่ 1 ส่วนผสมแครกเกอร์สูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)
แป้งส่วนที่ 1 (แป้งหมัก)	
แป้งสาลี	112.5
น้ำตาลทราย	6
ยีสต์	2
น้ำ	55
แป้งส่วนที่ 2 (แป้งผสม)	
แป้งสาลี	180
แอมโมเนีย	2
ผงฟู	1
นมผง	8
วานิลลาผง	1
โซเดียมไบคาร์บอเนต	2
เนยขาว	32
น้ำมันพืช	1
เบะแซ	3
เกลือ	5
น้ำตาล	15
น้ำ	80

ตารางที่ 1 ส่วนผสมแครกเกอร์สูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)
แป้งโรยระหว่างชั้น	
แอมโมเนีย	100
เนยขาว	90
นมผง	20
เกลือ	10
แป้งมัน	270

ที่มา: ดัดแปลงจาก ฉวีวรรณ (2552)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

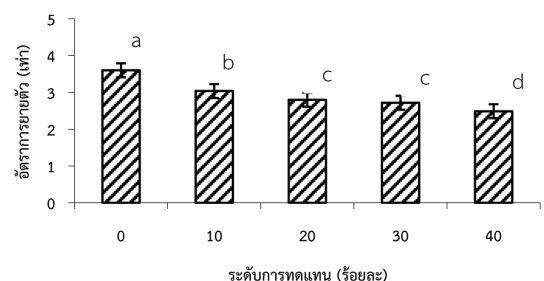
1. องค์ประกอบทางเคมีกายภาพของข้าวแดง

จากการหมักข้าวแดง ด้วยข้าวเจ้าสายพันธุ์ กข 31 กับเชื้อราโมแนสคัส TISTR 3090 เป็นเวลา 12 วัน และนำข้าวแดงที่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ พบว่า ข้าวแดงมีค่าสีแดง สีส้มและสีเหลืองเท่ากับ 722.67 832.83 และ 795 ยูนิตต่อกรัม ตามลำดับ ผลผลิต (yield) ร้อยละ 61.17 ปริมาณสารโมโนโคลีน เค และซิติรีนิน เท่ากับ 0.947 และ 0.015 มิลลิกรัมต่อกรัมตามลำดับ

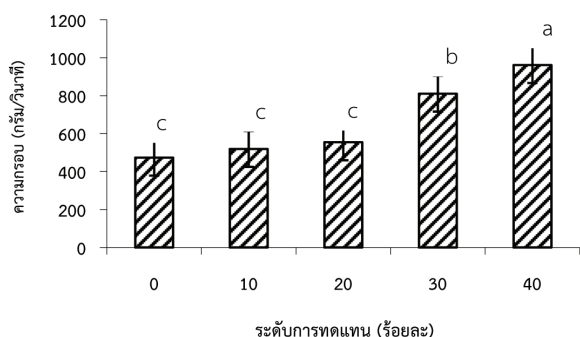
2. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์

จากการนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิตดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์แล้วนำมาประเมินคุณภาพในด้านการขยายตัว ความกรอบ สี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าค่าการขยายตัวของแครกเกอร์มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในปริมาณมากขึ้น (ภาพที่1) โดยแครกเกอร์จากแป้ง

สาลีล้วนจะมีค่าการขยายตัวมากที่สุด ในขณะที่การทดแทนด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 20 และ 30 การขยายตัวไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) การขยายตัวของแครกเกอร์ลดลง เนื่องจากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิทำให้ปริมาณโปรตีน (กลูเตน) ลดลงซึ่งกลูเตนมีคุณสมบัติช่วยในการยืดหยุ่น การขยายตัวและเป็นโครงสร้างที่ดีกับผลิตภัณฑ์ กล่าวคือในระหว่างการอบ เมื่อแครกเกอร์ได้รับความร้อนไขมันจะเริ่มละลายตัว น้ำตาลและส่วนประกอบอื่นๆ จะละลายและมีก๊าซเกิดขึ้นพร้อมกับดันโครงสร้างของแครกเกอร์ให้ขยายขนาดเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อกลูเตนลดลงการขยายตัวของแครกเกอร์จึงเกิดได้น้อยลง (อรอนงค์, 2538) ส่วนความกรอบของแครกเกอร์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวกล้องหอมมะลิแต่การทดแทนที่ร้อยละ 10 และ 20 ความกรอบไม่มีความแตกต่างกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วน (ภาพที่ 2) ค่าความกรอบที่เพิ่มขึ้นมีความสอดคล้องกับการขยายตัว แครกเกอร์ที่ขยายตัวมากโครงสร้างจะมีลักษณะโปร่งเบาในขณะที่แครกเกอร์ที่ขยายตัวน้อยลักษณะแครกเกอร์จะค่อนข้างแน่นแข็ง



ภาพที่ 1 อัตราการขยายตัวของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับต่างๆ



ภาพที่ 2 ความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 0 10 20 และ 30 ค่า L* ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 82.88-83.77 แต่แตกต่างกับการทดแทนที่

ส่วนค่าสี พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 0 10 20 และ 30 ค่า L* ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 82.88-83.77 แต่แตกต่างกับการทดแทนที่

ร้อยละ 40 ($p<0.05$) โดยค่า L* ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าสี a* และ b* ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 0 10 20 และ 30 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทน อาจเนื่องมาจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งมีส่วนของรำจึงส่งผลให้แสงสว่างของแครกเกอร์ลดลงและมีความเข้มออกโทนน้ำตาลมากขึ้นสอดคล้องกับค่า a* และ b* ของแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วนมีค่า 4.23 และ 22.59 ตามลำดับ และ เพิ่มขึ้นเป็น 4.96 และ 25.78 เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 40 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี	กลิ่นรส ^{ns}	ความกรอบ	ความชอบรวม
0	6.00±0.74	5.50 ^{ab} ±1.00	6.16±0.58	5.83 ^{ab} ±0.83	5.92 ^{ab} ±0.79
10	5.83±0.94	6.08 ^a ±0.29	5.83±0.79	6.00 ^a ±0.85	5.92 ^{ab} ±0.90
20	5.83±1.11	6.17 ^a ±0.72	6.00±0.74	6.33 ^a ±0.65	6.17 ^a ±0.72
30	5.75±0.75	6.25 ^a ±0.75	6.08±0.79	6.33 ^a ±0.65	6.33 ^a ±0.65
40	5.66±0.65	5.33 ^b ±1.07	5.67±1.23	5.25 ^b ±0.87	5.42 ^b ±0.79

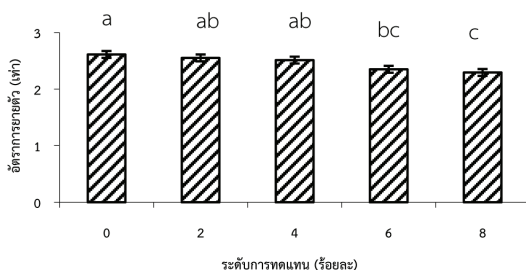
หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$), ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิทุกระดับ พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านกลิ่นรส ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่คะแนนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน ด้านความกรอบและด้านสี การทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10-30 ไม่มีความแตกต่างกันโดยมีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้นแต่การทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 40 คะแนนจะลดลง ด้าน

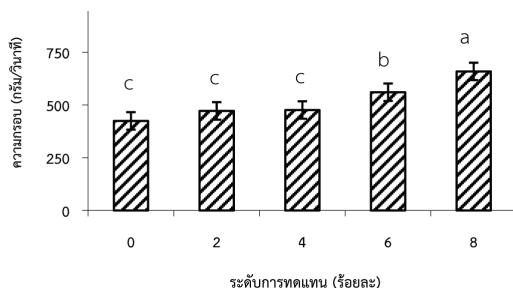
ความชอบรวม พบว่าการทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10-30 คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างจากแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วนแต่เมื่อเพิ่มการทดแทนเป็นร้อยละ 40 คะแนนความชอบรวมลดลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการขยายตัว ค่าความกรอบและคุณภาพทางประสาทสัมผัสจึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ไปพัฒนาร่วมกับข้าวแดงต่อไป

3. ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว กล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงใน รูปแบบผง

จากภาพที่ 3 และ 4 แสดงผลของอัตราการขยายตัว และความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบผงที่ร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วย ข้าวแดงที่ร้อยละ 0 2 4 6 อัตราการขยายตัวของแครกเกอร์ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มระดับการทดแทน แต่แตกต่างจากการทดแทนที่ร้อยละ 8 ($p<0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านความกรอบพบว่ามีความนุ่มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มระดับของการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดง (ภาพที่ 4)

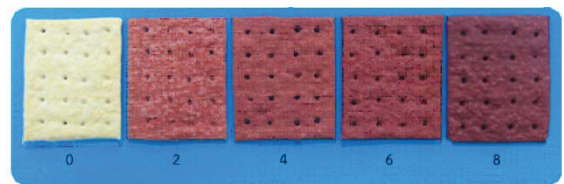


ภาพที่ 3 อัตราการขยายตัวของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบผงระดับต่างๆ



ภาพที่ 4 ค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบผงระดับต่างๆ

ค่าสีของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 พบว่า ค่าสี L^* และค่าสี b^* ลดลง ในขณะที่สี a^* เพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มระดับการทดแทน ซึ่งเป็นอิทธิพลจากสีของข้าวแดงซึ่งเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนข้าวแดง แครกเกอร์มีสีแดงเข้มขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบผงระดับต่างๆ

การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ พบว่าลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงทุกระดับคะแนนไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากแครกเกอร์ที่ทดแทน แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ในด้านความกรอบคะแนนมีแนวโน้มลดลง ($p<0.05$) เมื่อระดับของการทดแทนด้วย ข้าวแดงมากขึ้น ส่วนด้านกลิ่นรส การทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดงทำให้คะแนนด้านกลิ่นรสลดลง ($p<0.05$) และการทดแทนด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 4 ผู้ทดสอบชิมไม่ชอบผลิตภัณฑ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์แครกเกอร์มีรสขมส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของแครกเกอร์ลดลง ($p<0.05$) เมื่อเพิ่มระดับการทดแทน (ตารางที่ 3) ในภาพรวมผู้ทดสอบชิมยอมรับการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดงที่ร้อยละ 2 แต่ยังมีข้อเสนอนะ ในด้านรสชาติซึ่งคงมีรสขมน้อย



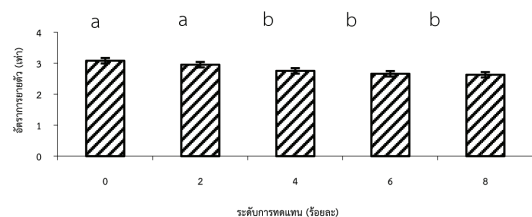
ตารางที่ 3 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบผงระดับต่างๆ

ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	ความชอบรวม
0	6.83 ^a ±0.39	6.83 ^a ±0.39	6.75 ^a ±0.45	6.83 ^a ±0.39	6.92 ^a ±0.29
2	5.58 ^b ±0.79	5.08 ^b ±1.16	5.25 ^b ±0.45	6.41 ^b ±0.51	5.08 ^b ±0.90
4	5.75 ^b ±0.62	5.08 ^b ±1.16	3.91 ^c ±1.16	6.33 ^b ±0.65	4.17 ^c ±1.19
6	5.92 ^b ±0.79	4.75 ^b ±1.54	3.75 ^{cd} ±0.97	6.58 ^{ab} ±0.51	4.00 ^c ±1.13
8	5.58 ^b ±1.08	3.58 ^c ±1.24	3.25 ^d ±0.87	6.25 ^b ±0.75	3.41 ^c ±1.08

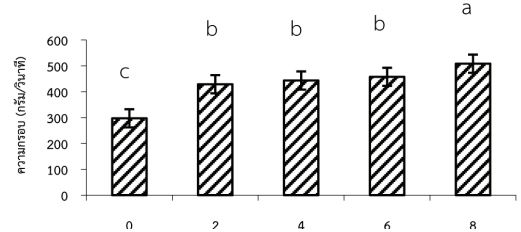
หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบสารสกัด

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัดร้อยละ 0 2 4 6 และ 8 ต่ออัตราการขยายตัวและความกรอบ พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัดร้อยละ 0 และ 2 อัตราการขยายตัวมากที่สุดและไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 4 6 และ 8 อัตราการขยายตัวลดลงเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณแป้งสาลีที่ลดลง และเนื่องจากการสกัดข้าวแดงด้วยแอลกอฮอล์และนำมาใช้โดยการทดแทนปริมาณน้ำในสูตรซึ่งแอลกอฮอล์อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรตีนในแป้งสาลีทำให้ความสามารถในการยืดหยุ่นลดลง ส่งผลให้อัตราการขยายตัวลดลง (ภาพที่ 6) ด้านความกรอบ พบว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบสารสกัดมากขึ้นค่าความกรอบจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 7)

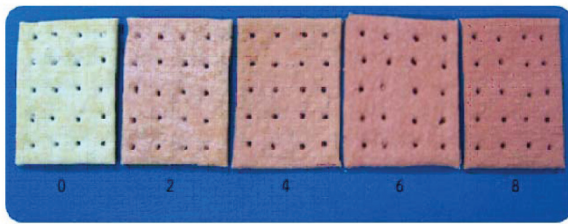


ภาพที่ 6 อัตราการขยายตัวของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัด



ภาพที่ 7 ค่าความกรอบของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัด

ส่วนค่าสี L^* a^* b^* ของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัดในระดับต่างๆ พบว่าค่าสี L^* และ b^* ลดลง ในขณะที่ค่าสี a^* เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับของการทดแทน (ภาพที่ 8) แต่หากเปรียบเทียบสีของแครกเกอร์ที่ใช้ข้าวแดงแบบผงและแบบสารสกัดจะพบว่า สีของแครกเกอร์แบบที่ใช้สารสกัดจะมีสีเข้มพูนกว่าการใช้ข้าวแดงแบบผง



ภาพที่ 8 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าว
กล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสาร
สกัดที่ระดับต่างๆ

ตารางที่ 4 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้ง ข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบ
สารสกัด

ระดับการทดแทน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	ความชอบรวม
0	6.67±0.49	6.33 ^a ±0.49	6.50 ^a ±0.52	6.75 ^{ab} ±0.45	6.58 ^a ±0.51
2	6.17±0.58	6.25 ^{ab} ±0.52	6.58 ^a ±0.51	6.91 ^a ±0.29	6.58 ^a ±0.51
4	6.33±0.49	6.25 ^{ab} ±0.45	6.00 ^a ±0.85	6.58 ^{ab} ±0.51	5.75 ^b ±0.87
6	6.25±0.97	6.17 ^{ab} ±0.72	4.91 ^b ±1.51	6.83 ^{ab} ±0.39	5.08 ^c ±1.16
8	6.08±0.90	5.83 ^b ±0.72	4.41 ^b ±1.56	6.50 ^b ±0.52	4.33 ^d ±1.15

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ns หมายถึง
ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินทาง
ประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วย
แป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดง
แบบสารสกัดในระดับต่างๆ พบว่าคุณลักษณะ
ปรากฏของแครกเกอร์ ไม่มีความแตกต่างกัน
($p > 0.05$) โดยค่าคะแนนอยู่ในช่วง 6.08-6.33 ด้าน
กลิ่นรสการทดแทนข้าวแดงแบบสารสกัดที่ร้อยละ 0
2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่ม
ระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 6 และ 8 ผู้ทดสอบชิม
ให้คะแนนในด้านกลิ่นรสลดลง ($p < 0.05$) ผู้ทดสอบชิม
ให้คะแนนความชอบรวมการทดแทนข้าวแดงแบบ
สารสกัดร้อยละ 0 และ 2 เท่ากับ 6.58 คะแนนอยู่ใน
ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีข้อเสนอแนะ
ว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ไม่มีรสขม มีกลิ่นรสตาม
ธรรมชาติ สีสวยและสม่ำเสมอ เรียบเนียน

จากการทดลองได้นำแครกเกอร์ตรวจ
วิเคราะห์ปริมาณสารโมโนโคลิน เค และสารชิทรีนิน
แต่ตรวจไม่พบ ซึ่งอาจเกิดจากการสุ่มตัวอย่างในการ
วิเคราะห์ จะใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม จากตัวอย่าง
แครกเกอร์ทั้งหมดประมาณ 400 กรัม มาสกัดด้วย
เอทานอลร้อยละ 95 และวิเคราะห์โดยเครื่อง
HPLC (Pattanagul *et al.*, 2008) ดังนั้นจึงได้
จำลองสภาวะการอบโดยนำข้าวแดงอบโดยตรงที่
อุณหภูมิ 180°C นาน 10 นาที เป็นสภาวะเดียวกับการ
อบแครกเกอร์ พบว่า ตรวจพบสารโมโนโคลิน
เค 0.269 มิลลิกรัม/กรัมข้าวแดง โดยเมื่อเทียบจาก
การใช้ข้าวแดงที่ร้อยละ 2 แครกเกอร์จะมีสารโมโน
โคลิน เค 0.393 มิลลิกรัม/ 100กรัมแครกเกอร์ ใน
ขณะที่ตรวจไม่พบสารชิทรีนิน



5. ผลการปรุงรสแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงแบบสารสกัดร้อยละ 2

จากตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบ สารสกัดร้อยละ 2 นำมาปรุงรสต่างๆ ได้แก่ รสคอรันชีส ชีส ชาวครีม สาหร่าย และบาร์ บี คิว (ตารางที่ 5) พบว่าคะแนน

คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส สี ความกรอบ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ รสชีส และบาร์ บี คิว ได้ คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบมากที่สุดในทุกคุณลักษณะ ส่วนความชอบด้านกลิ่นรส รสชีสได้คะแนนสูงสุด รองลงมาเป็น ชาวครีม บาร์ บี คิว สาหร่ายและคอรันชีส ตามลำดับ หากพิจารณาจากความชอบรวมรสชีสจะได้คะแนนมากที่สุดแตกต่างจากอีก 4 กลิ่นรส

ตารางที่ 5 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของการปรุงรสแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบสารสกัดร้อยละ 2

รสชาติ	คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	ความชอบรวม
คอรันชีส	6.25 ^{bc} ±0.62	6.33 ^a ±0.49	5.91 ^c ±0.67	6.17 ^{ab} ±0.72	6.00 ^b ±0.60
ชีส	6.83 ^a ±0.39	6.67 ^a ±0.49	6.75 ^a ±0.45	6.33 ^{ab} ±0.65	6.58 ^a ±0.51
ชาวครีม	5.91 ^{cd} ±0.67	5.50 ^b ±0.52	6.67 ^{ab} ±0.49	6.08 ^{ab} ±0.67	6.41 ^{ab} ±0.67
สาหร่าย	5.58 ^d ±0.90	5.67 ^b ±0.78	6.17 ^{bc} ±0.72	6.00 ^b ±0.74	6.17 ^{ab} ±0.72
บาร์ บี คิว	6.58 ^{ab} ±0.51	6.58 ^a ±0.51	6.50 ^{ab} ±0.67	6.58 ^a ±0.51	6.33 ^{ab} ±0.49

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

6. รูปร่างแบบต่างๆ ของแครกเกอร์ข้าวแดงที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 และข้าวแดง แบบสารสกัดร้อยละ 2

ตารางที่ 6 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของรูปร่างแครกเกอร์ข้าวแดง ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบสารสกัดร้อยละ 2

รูปร่าง	คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	ความกรอบ	ความชอบรวม
สามเหลี่ยม	6.25 ^{ab} ±0.97	6.00 ^b ±0.60	6.50 ^a ±0.52	6.83 ^a ±0.39	6.58 ^a ±0.51
ก้นหอย	5.50 ^c ±0.80	6.08 ^b ±0.67	6.00 ^b ±0.85	5.41 ^c ±0.79	5.83 ^b ±1.03
สี่เหลี่ยม	5.41 ^c ±0.79	6.17 ^b ±0.72	6.58 ^a ±0.51	6.75 ^{ab} ±0.45	6.83 ^a ±0.39
ดอกไม้	6.75 ^a ±0.45	6.41 ^{ab} ±0.51	6.58 ^a ±0.51	6.67 ^{ab} ±0.49	6.67 ^a ±0.49
หัวใจ	6.08 ^b ±0.67	6.17 ^b ±0.72	6.75 ^a ±0.62	6.41 ^b ±0.51	6.67 ^a ±0.49
แท่ง	6.75 ^a ±0.45	6.83 ^a ±0.39	6.75 ^a ±0.45	7.00 ^a ±0.00	7.00 ^a ±0.00

หมายเหตุ: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงในรูปแบบสารสกัดร้อยละ 2 มาพัฒนารูปร่างของแครกเกอร์เป็นรูปร่าง 6 แบบ ได้แก่ สามเหลี่ยม ก้นหอย ลีเหลี่ยม ดอกไม้ หัวใจ และแบบแท่ง (ภาพที่ 9) พบว่าคะแนนความชอบของแครกเกอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือแบบแท่งและดอกไม้ กลุ่มที่มีคะแนนความชอบปานกลาง คือ รูปสามเหลี่ยม ลีเหลี่ยม และหัวใจ และกลุ่มที่มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ รูปก้นหอย ผู้ทดสอบชิมให้เหตุผลสนับสนุนความชอบในการเลือกรูปแบบแท่งว่าเป็นผลิตภัณฑ์แปลกใหม่กว่าแครกเกอร์ตามท้องตลาด กะทัดรัด และลักษณะแท่งที่เพรียวยาวสื่อถึงการบริโภคแล้วไม่อ้วน



ภาพที่ 9 แครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 30 ร่วมกับข้าวแดงร้อยละ 2 รูปแบบต่างๆ

7. ผลการรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่พัฒนาแล้ว

นำแครกเกอร์ที่ได้รับการพัฒนาแล้วมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 98.5 เคยรับประทานแครกเกอร์ โดยมีความถี่ในการซื้อแครกเกอร์ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ ผู้บริโภคร้อยละ 81.5 ให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

แครกเกอร์ที่พัฒนาแล้วหากมีจำหน่าย โดยในการเลือกซื้อจะให้ความสำคัญกับประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการที่จะได้รับสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 61 รองลงมาคือ รสชาติ ความอร่อย ชื่อเสียงของแบรนด์ ราคา และรูปร่างของแครกเกอร์ตามลำดับ

สรุป

การพัฒนาแครกเกอร์โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ร้อยละ 30 ได้แครกเกอร์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับแครกเกอร์จากแป้งสาลีล้วนแต่เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนเป็นร้อยละ 40 คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะลดลง จึงนำแครกเกอร์มาพัฒนาต่อด้วยการทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวแดงใน 2 รูปแบบคือ แบบผงและแบบสารสกัด พบว่าการใช้ข้าวแดงสามารถใช้ได้ที่ร้อยละ 2 เนื่องจากแครกเกอร์มีรสขมทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ และการใช้ข้าวแดงในรูปแบบสารสกัดแครกเกอร์จะมีคะแนนความชอบสูงกว่าแบบผง และแครกเกอร์ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยข้าวกล้องร้อยละ 30 และข้าวแดงร้อยละ 2 มีสารโมโนโคลลิน เค 0.393 มิลลิกรัม/100 กรัมแครกเกอร์ ในขณะที่ตรวจไม่พบสารซิติรีนิน จากนั้นได้นำแครกเกอร์มาปรุงแต่งรสเป็น 5 รสชาติ แครกเกอร์รสชีสได้รับคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากที่สุดและได้นำแครกเกอร์มาพัฒนารูปร่างเป็น 6 แบบ แครกเกอร์แบบแท่งได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดรองลงมาเป็น รูปดอกไม้ และหัวใจ สามเหลี่ยม ลีเหลี่ยม และ ก้นหอย ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม และบริษัทฟาร์มคิดดี จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- จุลยุทธ บุญสร้างสม. (2546). การลดซิตรีนินในข้าวแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- ฉวีวรรณ หงษ์มั่ง. (2552). การใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วยในการทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ.
- ชลดา บุรณกาล. (2547). ท็อกซินจากเชื้อราที่เป็นพิษต่อไต. ลัตแพทย์ผู้ประกอบการบำบัดโรคสัตว์. 16(2) : 21-41
- บุษบา ยงสมิทธิ์. (2542). จุลชีววิทยาการหมักวิตามินและสารสี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เว็น ซานโตส. (2553). มอนเด นิสชิน ลุ้นเพิ่มส่วนแบ่งตลาด แครกเกอร์ หลังแจ้งเกิด “วอยซ์” ปลุกตลาดขนมปังกรอบคึกคัก ส่งน้องใหม่ “อัน-ปัน” แครกเกอร์แนวสุขภาพลงสนาม, [กรุงเทพธุรกิจออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก www.bangkokbiznews.com 4 ก.ค. 2553.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2538). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมปังกรอบ. มอก. 742-2538. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2538). คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Blanc, P.J., Loret, M.O., and Goma, G. (1995). Production of citrinin by various species of *Monascus*. Biotechnology Letters 17 (3) : 291
- Carvalho, J.C., Oishi, B.O., Pandey, A., and Soccol, C.R. (2005). Biopigments from *Monascus* : strains selection, citrinin production and color stability. Brazilian Archives of Biolo Techno. 48(6) : 885-894.
- Chen, M. H., and Johns, J. R. (1994). Effect of carbon source on ethanol and pigment production by *Monascus purpureus*. Enzyme and Microbial Technol 16(7): 584-590.
- Chairote, E., Griangsak, C., Suganya, W., and Saisamorn, L. (2007). Preparation of red yeast rice using various Thai glutinous rice and *Monascus purpureus* CMU001 isolationted from commercial Chinese red yeast rice sample. KMITL Sci. Tech. J. 7(1) : 28-37.
- Jeun, J., Heeyong, J., Jong, H.K., Yong, O.K., Sung, H.Y., and Chul, S.S. (2008). Effect of the monascus pigment threonine derivative on regulation of the cholesterol level in mice. J. Food Chem. 107 : 1078-1085.



- Johns, M. R., and Stuart, D.M. 1991. **Production of pigment by *Monascus purpureus* in solid culture.** J. Industrial. Microbiology.8:23-28.
- Journoud, M., and Peter, J.H.J. (2004). **Red yeast rice : a new hypolipidemic drug.** J. Life Sci. 74 :2675-2683.
- Pattanagul, P., Renu, P., Aphirak, P., and Somsak, T. (2008). **Mevinolin, citrinin and pigments of adlay angkak fermented by *Monascus sp.*** J. Food Microbio. 126 : 20-23.
- Saruno, R., and Kunihiro, O. (1996). Sweetener from red yeast rice malt (kogi). Japan patent JP8154623
- Su, Y.C., Wang, J.J., Lin, T.T., and Pan, T.M. (2003). **Production of the secondary metabolites g-aminobutyric acid and monacolin K by *Monascus*.** J. Ind Microbiology Biotechnology. 30 : 16-41.
- Wang, I.K., Shoji, L.S., Ping, C.C., and Jen, K.L. (2000). **Hypotriglyceridemic effect of anka (a ferment rice product of *Monascus sp.*) in rats.** J. Agric. Food Chem. 48 :3183-3189.
- Wang, J.J., Lee, C.L., and Pan, T.M. (2003). **Improvement of monacolin K, g-aminobutyric acid, and citrinin production ratio as a function of environmental condition of *Monascus purpureus*.** NTU 601. J. Ind Microbiol. Biotechnol. 30 : 669-675.