

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่

เปรมประชา ครุชัย¹ ศราวุฒ รักษาราช² มาตรา ยุบลชู³ และ พรพิชญ ธรรมปัทม^{4*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

³สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

*Corresponding author: Thammapat.p@gmail.com

(Received Feb 19, 2022; Revised June 14, 2022; Accepted July 22, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่ โดยทำการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสม 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณหอยเชอร์รี่ (30-50%) สารยัดเกาะ (20-40%) และผักโขม (30-50%) ต่อกันลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักแผ่น วางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาสัดส่วนของปริมาณหอยเชอร์รี่ สารยัดเกาะ และผักโขม ต่อกันความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ผักแผ่นผลการศึกษาพบว่าปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ผักแผ่น คือ การใช้ปริมาณ หอยเชอร์รี่ สารยัดเกาะ และผักโขม ร้อยละ 30.40, 20.00 และ 49.60 ตามลำดับ ทำให้ได้ค่าความชอบ รวมของผลิตภัณฑ์สูงสุดเท่ากับ 7.34 สำหรับผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่ที่ พัฒนาขึ้นมีลักษณะสีเขียว โดยมีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 37.21, -1.42 และ 13.28 ตามลำดับ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 56.36, 19.45, 7.58, 9.62, 5.07 และ 4.62 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay เท่ากับ 58.78% ในขณะที่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 cfu/g

คำสำคัญ: ข้าวเปลือก, องค์ประกอบทางเคมี, เนยร้ออินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

Development of Vegetable Leathers from Amaranth Fortified with Protein from Channeled Apple Snail

Prempracha Dornchai¹, Sarawut Raksarad² Matra, Yubolchoo³ and Pornpisanu Thammapat^{4*}

¹ Program in management engineering, Faculty of engineering, Rajabhat maharakham university, Maharakham 44000, Thailand.

² Program in agricultural technology, Faculty of agricultural technology, Rajabhat maharakham university, Maharakham 44000, Thailand.

³ Office of academic extension services, Rajabhat maharakham university, Maharakham 44000, Thailand.

⁴ Program in food technology, Faculty of agricultural technology, Rajabhat maharakham university, Maharakham 44000, Thailand.

*Corresponding author: Thammapat.p@gmail.com

(Received Feb 19, 2022; Revised June 14, 2022; Accepted July 22, 2022)

Abstract

The aim of this study was to develop the vegetable leathers from amaranth fortified with protein from channeled apple snail. The effects of 3 ingredient ratios including channeled apple snail (30-50%), binder (20-40%) and an amaranth (30-50%) on the organoleptic of vegetable leathers product were studied. A mixture design was applied to examine the amount of channeled apple snail, binder and the amaranth on the overall preference of vegetable leathers. The results showed that the appropriate ratio for the production of vegetable leathers product was the mixture of channeled apple snail, binder and amaranth at 30.40 : 20.00 : 49.60 ratio, respectively. This ratio gave the highest overall preference with the value of 7.34. The final product, vegetable leathers showed the greenish color with L* a* b* value of 37.21, -1.42 and 13.28, respectively. The carbohydrate, protein, fiber, moisture, fat and ash content in the product were 56.36, 19.45, 7.58, 9.62, 5.07, and 4.62 g/100g, respectively. The antioxidant activity measured by DPPH radical scavenging assay was 58.78%. While the total plate count, yeast and mold were found less than 10 cfu/g.

Keywords: Snack; Amaranth; Product development; Channeled apple snail

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจและสังคมส่งผลต่อวิถีชีวิตโดยเฉพาะวิถีการบริโภคของคนไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่การเข้าถึงผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวได้ง่าย เนื่องจากมีร้านค้าหรือร้านสะดวกซื้อเพิ่มมากขึ้น (accessibility) การมีสถานที่จำหน่ายที่หลากหลาย (availability) อำนาจการจับจ่ายซื้ออาหารฟุ่มเฟือยที่เพิ่มมากขึ้น (affordability) รวมไปถึงความหลากหลายของชนิดขนมขบเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแป้ง น้ำตาล เกลือ และผงชูรส มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงแต่โปรตีนต่ำ (Yinglertratanakul, 2005) เช่น มันฝรั่งอบกรอบมีปริมาณโซเดียมสูงถึง 100 - 600 มิลลิกรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (Department of disease control, 2016) การบริโภคขนมขบเคี้ยวต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานส่งผลกระทบต่อร่างกาย จิตใจ เศรษฐกิจและสังคม (Wangnun et al., 2017) ผลกระทบด้านร่างกายพบทั้งในระยะสั้น ได้แก่ ฟันผุ และภาวะโภชนาการเกิน (Hendriksen et al., 2011) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพในหลายระบบ (Njike et al., 2016) และในระยะยาวจะนำไปสู่การเกิดโรคเรื้อรังได้ (Huerta et al., 2006) นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องพฤติกรรมการใช้ชีวิตและการบริโภค (NCDs; Non-communicable diseases) หรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมากขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาสุขภาพอันดับหนึ่งของโลกทั้งในมิติของจำนวนการเสียชีวิตและภาระโรคโดยรวม จากการรายงานข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (WHO) พบประชากรทั่วโลกเสียชีวิตจากโรค NCDs มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งมีการเสียชีวิตถึง 41 ล้านคน (คิดเป็นร้อยละ 71 ของสาเหตุการเสียชีวิตทั้งหมดของประชากรโลก) ในปี พ.ศ. 2559 โดยกลุ่มโรค NCDs ที่พบการเสียชีวิตมากที่สุด ได้แก่ โรคหัวใจและหลอดเลือด (17.9 ล้านคน) รองลงมาคือ โรคมะเร็ง (9.0 ล้านคน) โรคทางเดินหายใจเรื้อรัง (3.8 ล้านคน) และโรคเบาหวาน (1.6 ล้านคน) ซึ่งในแต่ละปีพบผู้เสียชีวิตจากโรค NCDs ในกลุ่มอายุ 30-69 ปีหรือเรียกว่า “การเสียชีวิต ก่อนวัยอันควร” มากถึง 15 ล้านคน โดยร้อยละ 85 เกิดขึ้นในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ต่ำและกลุ่มประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดความสูญเสียสุขภาพและส่งผลกระทบต่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างรุนแรง (Ministry of Public Health, 2020)

ผักโขม (*Amaranthus lividus* L.) จัดเป็นพืชพื้นบ้านของไทยอีกชนิดหนึ่ง อยู่ในวงศ์ Amaranthaceae เป็นไม้พุ่มล้มลุกที่ขึ้นอยู่กระจัดกระจายตามธรรมชาติในเขตอบอุ่นและเขตร้อน ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มเตี้ยฤดูเดียว ลำต้นสีเขียวถึงเขียวอ่อน สูง 30-100 เซนติเมตร ลำต้นอวบน้ำ โคนต้นอาจมีสีน้ำตาลแดง ใบเป็นใบเดี่ยวลักษณะมน ปลายแหลม ผิวเรียบ ช่อดอกออกที่ซอกใบและปลายกิ่ง ดอกย่อยเรียงตัวอัดกันแน่น เมล็ดมีสีดำลักษณะกลมขนาดเล็ก ผักโขมขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด สามารถปลูกและเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี (Grubben, 1993) ผักโขมเป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งของโภชนาการที่สำคัญหลายชนิด อาทิ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) และวิตามินอี (tocols) (Venskutonis & Kraujalis, 2013) กรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิด (Nimbalkar et al., 2012) วิตามินบี วิตามินซี และแร่ธาตุ (Musa et al., 2011; Sujak & Dziwulska-Hunek, 2010) ผักโขมในปริมาณ 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 23 กิโลแคลอรี โปรตีน 2.9 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.6 กรัม และไขมัน 0.4 กรัม นอกจากนี้ยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (Ogrodowska et al., 2012) ฟลาโวนอยด์ (Stintzing et al., 2004) แคโรทีนอยด์ (Musa et al., 2011) เป็นต้น

หอยเชอร์รี่ (*Pomacea canaliculata*) มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า หอยโข่งอเมริกาใต้ หรือเป่าฮื้อน้ำจืด หอยเชอร์รี่ไม่ใช่หอยประจำถิ่นฐานของประเทศไทย แต่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ถูกนำเข้ามาในไทยในปี พ.ศ. 2423 ซึ่งจัดเป็นศัตรูข้าวที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากหอยเชอร์รี่เป็นสัตว์ที่ชอบกินพืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำ และสามารถกินได้เป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ข้าว บัว

และพืชผักที่ปลูกอยู่ริมหน้าต่างๆ (Jantapimon et al., 2016) วิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่คือการใช้สารเคมีและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณการใช้สารเคมีสูงขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังมีความพยายามในการใช้สารสกัดจากธรรมชาติมาใช้ในการกำจัดเพิ่มมากขึ้น (Jareankied et al., 2015) แต่ปัจจุบันมีการนำหอยเชอรี่มาบริโภคกันอย่างแพร่หลายในวิถีชีวิตของคนไทย เนื่องจากหอยเชอรี่สามารถหาง่ายและสามารถเลี้ยงได้อย่างแพร่หลาย ซึ่งหอยเชอรี่เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 48.50 (d.b.) และกรดอะมิโนที่จำเป็นครบทุกชนิด (Ghosh et al., 2017) อุดมไปด้วยแคลเซียม โซเดียม และฟอสฟอรัส (Nurjanah et al., 2019) นอกจากนั้นยังพบกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูงถึงร้อยละ 60.50 (Ghosh et al., 2017) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหอยเชอรี่สามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณภาพทั้งในด้านโภชนาการและแหล่งวัตถุดิบที่หาง่ายและราคาถูก

สารยึดเกาะ (binder) ในอาหารเป็นสารที่ช่วยเพิ่มการเกาะตัวของวัตถุดิบที่เป็นผง หรืออีกนัยหนึ่งคือ สารยึดเกาะเป็นสารที่ทำให้วัตถุดิบต่างๆ สามารถรวมกันได้ สารที่มีการใช้บ่อยที่สุดคือ แป้งเซลลูโลส เอทิลเซลลูโลส และกัมชนิดต่างๆ (Eliassan, 2000) ซึ่งการเลือกใช้สารยึดเกาะแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารยึดเกาะ คุณสมบัติของอาหาร และความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้แป้งข้าวเหนียว เนื่องจากมีราคาถูกและส่งผลให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มีความกรอบ

จากการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผักแผ่นเสริมโปรตีนพบว่ายังมีงานวิจัยน้อยมากในด้านนี้ซึ่งพบเฉพาะการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่น เช่น ผักคะน้า ผักตำลึง และผักบุ้ง (Jangchud et al., 2020) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่ ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่หาง่ายและราคาถูก เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับเด็กและผู้บริโภคทั่วไปในการรับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผักโขมและหอยเชอรี่ ได้จากตลาดในท้องถิ่น อ. รั้วบุรี จ. ร้อยเอ็ด

2. การเตรียมวัตถุดิบ

2.1 การเตรียมผักโขม

2.1.1 นำผักโขม (ส่วนของใบ) ที่ซื้อจากตลาดในท้องถิ่น อ. รั้วบุรี จ. ร้อยเอ็ด ทำการตัดแต่งและล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา

2.1.2 ทำการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที

2.1.3 นำผักโขมที่ผ่านการลวกแช่ในน้ำเย็นทันที และทำการปั่นให้ละเอียด เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.2 การเตรียมโปรตีนจากหอยเชอรี่

2.2.1 นำหอยเชอรี่ (ขนาด 25-30 ตัวต่อกิโลกรัม) ที่ซื้อจากตลาดในท้องถิ่น อ. รั้วบุรี จ. ร้อยเอ็ด แช่น้ำสะอาดไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้หอยคลายดินออก ล้างด้วยน้ำประปาที่สัดส่วนน้ำต่อหอยเชอรี่ที่อัตราส่วน 2 : 1 จำนวน 3 รอบ และทำความสะอาด

2.2.2 นำหอยเชอรี่มาทำการลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที

2.2.3 ทำการแยกตัวหอยออกจากเปลือกแล้วตัดคัดเลือกไว้เฉพาะส่วนหัว

2.2.4 ทำการหั่นเป็นชิ้นขนาด 0.3x0.3x0.1 เซนติเมตร แล้วมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าหอยเชอรี่จะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 มาตรฐานน้ำหนักแห้ง

2.2.5 ทำการบดหอยเชอรี่ให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (TY-1000) และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 mesh เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

2.3 การเตรียมสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัว

2.3.1 สารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้แป้งข้าวเหนียว

2.3.2 ทำการละลายแป้งข้าวเหนียวในน้ำสะอาดที่อัตราส่วนแป้งข้าวเหนียวต่อน้ำที่อัตราส่วน 1 : 3 หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อเตรียมสำหรับเป็นส่วนผสมต่อไป

3. การหาสูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่ จาก 3 ปัจจัย คือ ปริมาณหอยเชอรี่ร้อยละ 30-50 ปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20-40 และปริมาณของผักโขมร้อยละ 30-50 ตามลำดับ จัดกรรมวิธีการทดลองแบบ Mixture design (Table 1) หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 5x10x0.1 เซนติเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส (Organoleptic test) โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด ใช้ผู้บริโภคทั่วไปอายุตั้งแต่ 18-60 ปี จำนวน 100 คน โดยใช้ 9-point Hedonic Scale วัดค่าคะแนนความชอบคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม ค่าคะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ดังนี้ (Nicolas et al., 2010)

9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด
8	หมายถึง	ชอบมาก
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉยๆ
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
1	หมายถึง	ไม่ชอบมากที่สุด

สร้างสมการถดถอย quadratic canonical polynomial แบบ Scheffe ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Design expert version 6 จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟ contour plot ของค่าการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

4. การหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

4.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab รุ่น CQXE/SAV-2 ตามระบบสีแบบ CIE system โดยแสดงค่าเป็น L^* a^* และ b^* โดยทำการสุ่มตัวอย่างมา 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าสีแผ่นละ 3 ตำแหน่ง (Pathare *et al.*, 2013)

L^* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) จนถึง 100 (ขาว)

a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง

ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว

b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง

ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

4.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) โดยดัดแปลงวิธีการจาก Kragujevac (2011) ด้วยการใช้ Folin-Ciocalteu Reagent โดยนำสารสกัดจากตัวอย่างปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมเข้ากับสารละลาย Folin-Ciocalteu Reagent ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) ที่ระดับความเข้มข้น 5.00, 10.00, 20.00, 40.00, 80.00 และ 160.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงผลเป็นค่า มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อตัวอย่างน้ำหนักแห้ง 100 กรัม (mg GAE/100 g d.b.)

4.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยดูดสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร กับสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer) ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel and Hashinaga, 2005) คำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ radical scavenging} = [1 - (A_{\text{sample}}/A_{\text{control}})] \times 100$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (proximate) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร (AOAC, 2002)

4.5 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ประกอบด้วยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตามวิธีของ AOAC (2002)

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โดยเจือจางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 25 กรัมใน 0.1% peptone 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำของเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร ของตัวอย่างที่เจือจางแล้วไปเจือจางต่อด้วย 0.1% peptone หลอดละ 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อจนได้ความเจือจาง (dilution) ที่ 10^{-5} ดูดอาหารแต่ละค่าความเจือจางมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ เต็มกรดทาร์ทริก 1.1 มิลลิลิตร ในขวด Potato dextrose agar (PDA) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร สำหรับตรวจสอบยีสต์และรา (plate count agar; PCA) ไม่ต้องเติมกรดสำหรับตรวจสอบแบคทีเรียและปล่อยให้มอดุลยผลลงจนถึง 42-45 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย เทอาหาร PDA และ PCA ใส่ในจานเพาะเชื้อทุกจานทันที หมุนจานไปมาให้อาหารเลี้ยงเชื้อเข้ากันดีกับตัวอย่างปล่อยให้แห้ง บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 2-5 วันสำหรับ PDA ส่วน PCA นาน 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราบนจานอาหาร PDA และแบคทีเรียบนจานอาหาร PCA ที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าความเจือจาง บันทึกผล และคำนวณปริมาณราและยีสต์ต่อกรัมของอาหาร และแบคทีเรียต่อกรัมอาหาร

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่ โดยใช้ปริมาณหอยเชอร์รี่ร้อยละ 30-50 ปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20-40 และปริมาณของผักโขมร้อยละ 30-50 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผักโขมและโปรตีนจากหอยเชอร์รี่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความชอบโดยรวมสูงขึ้น ในขณะที่เพิ่มปริมาณสารยึดเกาะจะทำค่าความชอบโดยรวมลดลง (Table 2 และ Figure 1) การหาสัดส่วนองค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่จากองค์ประกอบ 3 ชนิด เพื่อให้ได้ค่าความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่สูงสุด จากการหาพื้นผิวตอบสนองขององค์ประกอบที่เหมาะสม (Figure 1) เมื่อพิจารณาสัดส่วนที่เหมาะสมต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่ โดยการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธี 9-point hedonic scale (Nicolas et al., 2010) ในการพิจารณาสูตรที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของหอยเชอร์รี่ร้อยละ 30.40 ปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20.00 และปริมาณของผักโขมร้อยละ 49.60 ตามลำดับ ภายใต้จุดสูงสุดของแกนในการทำนายค่าความชอบโดยรวมสูงสุดของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอร์รี่ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 7.34 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดลที่ใช้ในการทำนายมีความเหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากสมการทำนายสูตรที่ดีที่สุดและผลจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบสูตรที่ดีที่สุดมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 4)

และสามารถนำสมการทำนายไปใช้ในการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าการยอมรับด้านลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่ได้ (Table 3)

Table 1. Variables (factors) used for mixture design

Coded- variable levels			Natural-variable levels		
Z ₁	Z ₂	Z ₃	X ₁ (Channeled apple snail, %)	X ₂ (Binder, %)	X ₃ (Amaranth, %)
0.05	0.50	0.00	40.00	30.00	30.00
1.00	0.00	0.00	50.00	20.00	30.00
0.00	0.00	1.00	30.00	20.00	50.00
0.67	0.17	0.17	43.30	23.40	33.30
0.50	0.00	0.50	40.00	20.00	40.00
0.17	0.17	0.67	33.30	23.40	43.30
0.33	0.33	0.33	36.70	26.60	36.70
1.00	0.00	0.00	50.00	20.00	30.00
0.00	0.00	1.00	30.00	20.00	50.00
0.50	0.50	0.00	40.00	30.00	30.00
0.00	1.00	0.00	30.00	40.00	30.00
0.00	0.50	0.50	30.00	30.00	40.00
0.17	0.67	0.17	33.30	33.40	33.30
0.00	1.00	0.00	30.00	50.00	30.00

Table 2. Organoleptic test of vegetable leathers from amaranth fortified with protein from channeled apple snail

Coded- variable levels			Organoleptic test					
			Appearance	Color	Flavor	Crispness	Taste	Overall
0.05	0.50	0.00	5.79±0.96	5.84±1.06	4.88±1.12	7.84±0.68	7.06±0.76	5.82±0.92
1.00	0.00	0.00	4.82±0.94	6.86±0.74	5.21±0.98	7.97±0.62	6.24±1.02	6.26±0.86
0.00	0.00	1.00	5.85±1.16	5.26±0.98	7.44±0.82	5.83±1.08	5.62±0.95	7.22±0.70
0.67	0.17	0.17	4.96±0.98	6.67±0.75	5.91±1.04	7.76±0.62	6.80±0.96	6.03±0.88
0.50	0.00	0.50	4.59±1.18	6.42±0.90	7.23±0.76	7.50±0.86	6.21±1.02	7.09±0.70
0.17	0.17	0.67	5.95±1.10	5.94±0.92	6.94±0.98	6.87±0.78	5.76±0.84	6.88±0.72
0.33	0.33	0.33	5.24±1.06	5.64±0.85	5.42±0.98	7.26±0.62	6.42±1.14	6.94±0.94
1.00	0.00	0.00	7.54±0.86	4.74±1.16	4.85±1.04	5.98±0.96	7.97±0.65	4.16±1.10
0.00	0.00	1.00	5.43±1.02	5.12±0.95	7.21±0.72	5.78±0.98	5.60±1.06	7.47±0.62
0.50	0.50	0.00	5.83±0.96	5.98±0.84	4.86±1.10	7.67±1.03	6.68±0.92	5.38±1.12
0.00	1.00	0.00	7.62±0.82	4.98±1.10	5.24±1.16	6.74±0.95	7.74±0.82	4.22±1.20
0.00	0.50	0.50	6.79±0.85	5.16±1.06	6.89±0.92	6.87±1.10	6.01±0.96	5.59±0.92
0.17	0.67	0.17	7.16±0.82	5.21±1.14	5.76±0.90	6.67±0.85	7.29±0.68	5.44±1.10
0.00	1.00	0.00	7.54±0.86	6.26±1.05	5.94±1.12	5.65±0.98	5.48±0.90	6.12±0.82

Note: Data is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists

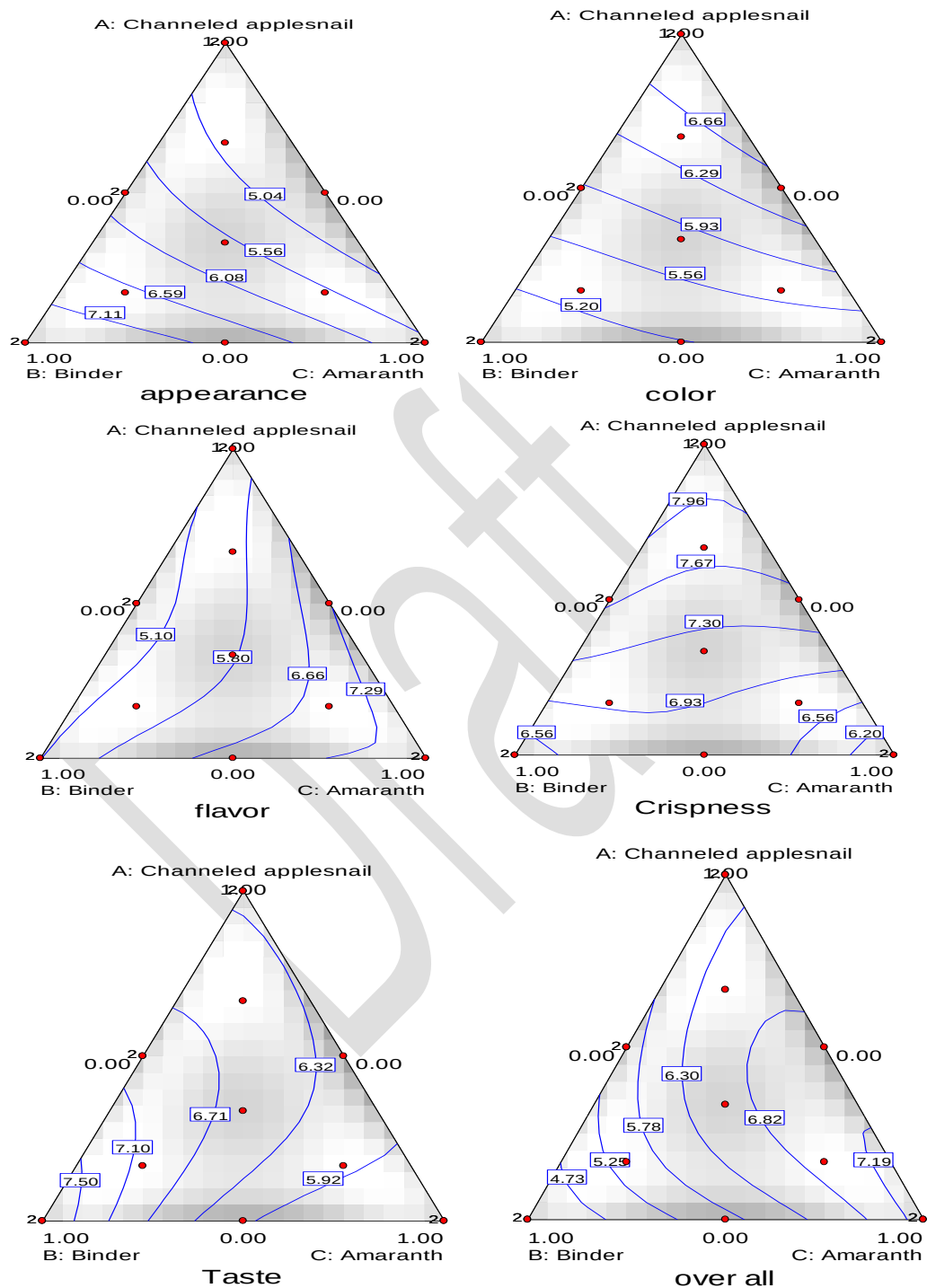


Figure 1. Contour plot of organoleptic test of vegetable leathers from amaranth fortified with protein from channeled apple snail

Table 3. Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Organoleptic test	Equation	R ²
Appearance	$Y = 4.74X_1 + 7.63X_2 + 5.67X_3 - 1.35X_1X_2 - 2.36X_1X_3 + 1.24X_2X_3 - 2.71X_1X_2X_3$	0.9550
Color	$Y = 7.02X_1 + 4.83X_2 + 5.23X_3 - 0.10X_1X_2 + 1.65X_1X_3 + 0.62X_2X_3 - 3.05X_1X_2X_3$	0.9644
Flavor	$Y = 5.27X_1 + 5.08X_2 + 7.31X_3 - 0.92X_1X_2 + 3.90X_1X_3 + 2.95X_2X_3 - 21.43X_1X_2X_3$	0.9643
Crispness	$Y = 8.00X_1 + 6.32X_2 + 5.83X_3 + 2.22X_1X_2 + 2.56X_1X_3 + 3.04X_2X_3 - 11.23X_1X_2X_3$	0.9472
Taste	$Y = 6.26X_1 + 7.89X_2 + 5.56X_3 - 0.53X_1X_2 + 1.12X_1X_3 - 2.95X_2X_3 + 7.36X_1X_2X_3$	0.9528
Overall	$Y = 6.11X_1 + 4.20X_2 + 7.35X_3 + 1.56X_1X_2 + 0.95X_1X_3 - 0.59X_2X_3 + 14.66X_1X_2X_3$	0.9626

Note: X₁ (Channeled apple snail), X₂ (Binder), X₃ (Amaranth)

Table 4. Predicted and observed values for response variables of the suitable formula of vegetable leathers from amaranth fortified with protein from channeled apple snail

Response variable	Critical values of independent variables			Stationary point	Predicted value	Observed value ^a
	X ₁ (Channeled apple snail, %)	X ₂ (Binder, %)	X ₃ (Amaranth, %)			
Overall	30.40	20.00	49.60	Maximum	7.34	7.40±0.85

Note: ^aData is shown as mean values ± standard deviation and was obtained from one hundred panelists

2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุด

ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่จากสูตรที่ดีที่สุด คือ การใช้ปริมาณของหอยเชอรี่ร้อยละ 30.40 ปริมาณสารยัดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20.00 และปริมาณของผักโขมร้อยละ 49.60 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 37.21 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีค่อนข้างคล้ำ เนื่องจากสีของหอยเชอรี่ที่เติมเข้าไปและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในระหว่างกระบวนการผลิต (Yu et al., 2018) ค่า a* เท่ากับ -1.42 และค่า b* เท่ากับ 13.28 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเขียว-เหลือง ส่วนคุณค่าทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 56.36, 19.45, 7.58, 6.92, 5.07 และ 4.62 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (Table 5) ในขณะที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับ 58.78% ซึ่งสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่า 50% นับว่ามีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันทั้งในระบบของอาหาร (food system) และร่างกายมนุษย์ (human body) การเกิดออกซิเดชันในอาหารเป็นปัญหาที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากมีความยุ่งยากในการควบคุมและการจัดการ ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ มีผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาและลักษณะทางประสาทสัมผัส อีกทั้งยังทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์จากการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในระหว่างการเกิดออกซิเดชัน (Wildman, 2001) การยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่า 50% นั้นในระบบของอาหารจะช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารและลดหรือกำจัดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในชั้นหุติยภูมิ ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพของอาหารด้านต่างๆ เช่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการและสีของอาหารในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา สำหรับในร่างกายมนุษย์นั้นจะทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายของเซลล์ต่างๆ จากการเกิดออกซิเดชันโดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ และความแก่ชรา (Fang et al., 2002) ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องพื้นเมืองภาคใต้ที่มีฤทธิ์ในการต้าน

อนุมูลอิสระเท่ากับ 14.62-31.07% โดยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูงนี้เกิดจากสารประกอบฟีนอลิกในส่วน
ของผักโขม (Ogrodowska et al., 2012) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดมีปริมาณโปรตีน
ค่อนข้างสูง (19.45 กรัมต่อ 100 กรัม) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผักแผ่นชนิดอื่นๆ เช่น ใบบัวแผ่นอบกรอบ
มีปริมาณโปรตีน 2.41 กรัมต่อ 100 กรัม (Tunganurat et al., 2018) ผักหวานบ้านแผ่นอบกรอบมีปริมาณ
โปรตีน 14.70 กรัมต่อ 100 กรัม (Chucherd & Limtiyayothin, 2016) ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์
และราพบน้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แห้งที่กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์
ทั้งหมดพบได้ไม่เกิน 1×10^6 cfu/g ส่วนยีสต์และราพบได้ไม่เกิน 1×10^3 cfu/g (THAI Community Product
Standard, 2016) และจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่สามารถเจริญได้ในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระ
ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ต่ำ ($a_w < 0.6$)

สรุป

ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากผักโขมเสริมโปรตีนจากหอยเชอรี่สูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภครับประทาน
เมื่อใช้ปริมาณของหอยเชอรี่ร้อยละ 30.40 ปริมาณสารยึดเกาะหรือสารช่วยให้ความคงตัวร้อยละ 20.00 และ
ปริมาณของผักโขมร้อยละ 49.60 ตามลำดับ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 7.34 โดย
มีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 37.21 ค่า a^* เท่ากับ -1.42 และค่า b^* เท่ากับ 13.28 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
โปรตีน โยอาหาร ความชื้น ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 56.36, 19.45, 7.58, 6.92, 5.07 และ 4.62 กรัมต่อ
100 กรัม ตามลำดับ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับ 58.78%
ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบน้อยกว่า 10 cfu/g

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2002). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Maryland.
- Chucherd, C., & Limtiyayothin, N. (2016). The seasoned star gooseberry baked sheet product. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok. (In Thai) Department of disease control. (2016). *Strategies to reduce salt and sodium consumption in Thailand 2016 - 2025*. Office of printing works, Bangkok.
- Eliassan, A. (2000). *Starch in food, structure, functional and application*. CRC Press, New York.
- Fang, Y., Yang, S., & Wu, G. (2002). Free Radicals, antioxidants and nutrition. *Nutrition*, 18(10), 872 – 879.
- Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2017). Snail as mini-livestock: Nutritional potential of farmed *Pomacea canaliculata* (Ampullariidae). *Agriculture and Natural Resources*, 51, 504 – 511.
- Grubben, G. J. H. (1993). *Vegetables*. pudoc scientific publishers, Wageningen.
- Hendriksen, M. A., Boer, J. M., Du, H., Feskens, E. J., & Van der, A. D. L. (2011). No consistent association between consumption of energy-dense snack foods and annual weight and waist circumference changes in Dutch adults. *American Journal of Clinical Nutrition*, 94, 19 – 25.

- Huerta, M., Bibi, H., Haviv, J., Scharf, S., & Gdalevich, S. (2006). Parental smoking and education as determinants of overweight in Israeli children. *Preventing Chronic Disease*, 3(2), 1–9.
- Jantapimon, P., Chumthong, A., & Boonyapipat, P. (2016). Effect of plant extracts against golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck.). *The 6th SKRU conference: Focus on education and culture for community development*. 15-16 August 2016. Songkla Rajabhat University.
- Jangchud, A., Theesuwan, K., & Wongsawad, S. (2020). *Vegetable product development*. Kasetsart University. Bangkok.
- Jareankied, S., Songkun, K., Khaengkhan, P., & Wanna, R. (2015). Effect of plant extracted to kill golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck). *Khon Kaen Agriculture Journal*, 43 (Suppl 1), 643 – 649.
- Kragujevac, M. S. (2011). Total phenolic content, flavonoid concentration and antioxidant activity of *Marrubium peregrinum* L. extracts. *Kragujevac Journal of Science*, 33, 63 – 72.
- Ministry of Public Health. (2020). *NCDs situation report: Diabetes, high blood pressure and related risk factors 2019*. Graphic and design fonts, Bangkok. (In Thai)
- Mokbel, M.S., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Pee. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125 – 131
- Musa, A., Oladiran, J. A., Ezenwa, M. I. S., Akanya, H. O., & Ogbadoyi, E. O. (2011). Effect of heading on some micronutrients, anti-nutrients and toxic substances in *Amaranthus cruentus* grown in Minna, Niger State, Nigeria. *American Journal of Food and Nutrition*, 1, 147 – 154.
- Nicolas, L., Marquilly, C., & O'Mahony, M. (2010). *The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible? Food Quality and Preference*, 21, 1008 – 1015.
- Nimbalkar, M.S., Pai, S. R., Pawar, N. V., Oulkar, D., & Dixit, G. B. (2012). Free amino acid profiling in grain Amaranth using LC–MS/MS. *Food Chemistry*, 134, 2565 – 2569.
- Njike, V.Y., Smith, T. M., Shuval, O., Shuval, K., Edshteyn, I., Kalantari, V., & Yarocho, A. L. (2016). Snack food, satiety, and weight. *Advances in Nutrition*, 7, 866 – 878.
- Nurjanah, N., Nurhayati, T., Hidayat, T., & Ameliawati, M. A. (2019). Profile of macro-micro mineral and carotenoids in *Pomacea Canaliculata*. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 7, 287 – 294.
- Ogrodowska, D., Czaplicki, S., Zadernowski, R., Mattila, P., Hellstrom, J., & Naczki, M. (2012). Phenolic acids in seeds and products obtained from *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food and Nutrition Research*, 51, 96 – 101.

- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36 – 60.
- Stintzing, F. C., D. Kammerer, A. Schieber, H. Adama, O. G. Nacoulma., & R. Carle. (2004). Betacyanins and phenolic compounds from *Amaranthus spinosus* L. and *Boerhavia erecta* L. Z. *Zeitschrift für Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 59, 1 – 8.
- Sujak, A., & Dziwulska-Hunek, A. (2010). Minerals and fatty acids of amaranth seeds subjected to pre-sowing electromagnetical stimulation. *International Agrophysics*, 24, 375 – 379.
- THAI Community Product Standard. (2016). *Dried fruits and vegetables*. Thai Industrial Standards Institute, Bangkok. (In Thai)
- Tunganurat, P., Lichanporn, I., & Nanthachai, N. (2018). Development of crispy fried lotus leaf chip. *Agricultural Science Journal*, 49(2), 657 – 660.
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 381 – 412.
- Wangnun, N., Piaseu, N., & Maruo, S. J. (2017). Factors related to preschoolers' snack consumption behaviour. *Thai Journal of Nursing Council*, 32(4), 55 – 66.
- Wildman, R. E. C. (2001). *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. CRC Press, New York.
- Yinglertratanakul, P. (2005). *The study of energy content in snacks*. Nutrition Division, Bangkok. (In Thai)
- Yu, A., Li, Y., Yang, Y., & Yu, K. (2018). He browning kinetics of the non-enzymatic browning reaction in L-ascorbic acid/basic amino acid systems. *Journal of Food Technology*, 38(3), 537 – 542.