

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มผสมธัญญาหาร โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

สุนัน ปานเจริญ*, ผกาพันธ์ บัวพันธ์**, สุกัญญา หินใหม่**, เพ็ญศิริ คงสิทธิ์*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตกล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดย 1) ศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส) และปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน (ร้อยละ 100, 150 และ 200 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด) ต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผงด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) จากนั้นนำกล้วยหอมคาเวนดิชผงมาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส 2) ศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการผลิตการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มผสมธัญญาหาร จากการศึกษา พบว่า เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความชื้น ค่าสี a^* ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสี L^* , b^* ค่าดัชนีการละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้น ค่าสี a^* , b^* และค่าดัชนีการดูดซับน้ำ มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสี L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตกล้วยหอมคาเวนดิชผง ได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ 140 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด และศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มผสมธัญญาหาร พบว่า ปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผง 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุด โดยมีส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ข้าวโอ๊ต จมูกข้าวสาลี งาดำ ถั่วเหลือง นมผง เวย์โปรตีน อินูลิน และน้ำตาลทรายแดง 10, 16, 5, 7, 20, 18, 13 และ 11 ส่วน ตามลำดับ ซึ่งเป็นการนำกล้วยหอมคาเวนดิชมาแปรรูปเป็นกล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มเพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมอาหาร ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา พกพาสะดวก และตอบสนองความต้องการในเรื่องการดูแลสุขภาพ

คำสำคัญ : กล้วยหอมคาเวนดิช, เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง, ธัญญาหาร

* อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

** นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Corresponding author, email: Phensiri.k@lawasri.tru.ac.th, Tel. 0809870809

Received : August 26, 2024; Revised : October 21, 2024; Accepted : October 30, 2024

Product Development of Cavendish Banana Powder with Mixed Cereal by Double Drum Drying

Suworanee Pancharoen*, Phakaphan Buaphanat**, Sukanya Hinmai**, Phensiri Khongsit*

Abstract

The purposes of this research aimed to study the production of Cavendish banana powder with mixed cereal using a drum dryer. The study consisted of the followings: 1) to study the effect of drum surface temperature (120, 130 and 140 °C) and maltodextrin concentration (100, 150 and 200% by weight of fresh banana solid) on the product qualities, based on 3² factorial in completely randomized design (CRD). Physico-chemical qualities and sensory evaluation were analyzed. 2) To study the optimum content of Cavendish banana powder in the product. The results showed that increasing surface temperature provided a decrease in water activity, moisture content, a* and water absorption index, while the values of L*, b and water solubility index increase. Additionally, as the addition of maltodextrin resulted in a decrease in moisture content, a*, b* and water absorption index, while the L* color value increases. Results found that the optimal conditions were drum surface temperature at 140 °C and maltodextrin concentration at 150% by weight of fresh banana solid. Afterword, the optimum content of Cavendish banana powder for producing Cavendish banana powder mixed with cereals was studied. It was found that Cavendish banana powder at 50 parts per weight of the mixture to 100 parts of other ingredients was the most accepted by consumers. Whereas, the main ingredients of the product consisted of oats, wheat germ, black sesame, soybeans, milk powder, whey protein, inulin, and brown sugar at 10, 16, 5, 7, 20, 18, 13, and 11 %, respectively, which involves processing Cavendish bananas into powdered drink to enhance value in the food industry, extend shelf life, provide convenience for portability, and meet health care needs.

Keywords : Cavendish banana, Drum dryer, Cereal

* Instructor, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University

** Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University

Corresponding author, email: Phensiri.k@lawasri.tru.ac.th, Tel. 0809870809

Received : August 26, 2024; **Revised :** October 21, 2024; **Accepted :** October 30, 2024

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

กล้วยหอมคาเวนดิชมีถิ่นกำเนิดมาจากแถบประเทศมาเลเซีย ลักษณะเครือและผลอยู่สูงและบางชนิดอยู่เตี้ย ไม่ค่อยเป็นที่นิยมปลูกในประเทศไทยเนื่องจากมีลักษณะเฉพาะคือ เมื่อผลอ่อนจะมีสีเขียวจนเมื่อผลสุกจึงจะกลายเป็นสีเหลืองแต่จะไม่เหลืองนวลทั้งหมด จากการศึกษาข้อมูลประโยชน์ของกล้วยหอมคาเวนดิชจากนักกีฬาทั่วโลกและคนรักสุขภาพมักนิยมรับประทานกล้วยหอมคาเวนดิชกันเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีสรรพคุณที่มีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมาก ผลกล้วยหอมคาเวนดิชจะมีรสชาติฝาดจะช่วยในเรื่องอาการท้องเสียเรื้อรังและรักษาแผลในกระเพาะอาหารได้ ส่วนผลสุกของกล้วยหอมคาเวนดิชจะช่วยบำรุงร่างกายให้แข็งแรงและช่วยในเรื่องของการขับถ่าย ส่วนใหญ่นิยมใช้รับประทานแทนอาหารเช้าเพื่อลดน้ำหนัก (อภิชาติ ศรีสะอาด และคณะ, 2560) ในกล้วยหอมคาเวนดิชมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ ซูโครส (Sucrose) ฟรุคโทส (Fructose) และกลูโคส (Glucose) ให้พลังงานแก่ร่างกายพร้อมนำไปใช้ทันที มีสารทริปโตเฟน (Tryptophan) เป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง ซึ่งร่างกายสามารถเปลี่ยนให้เป็นสารเซโรโทนิน (Serotonin) ทำให้ผ่อนคลาย ในกล้วยหอมคาเวนดิชยังถือเป็นแหล่งรวมวิตามินบีช่วยการทำงานของระบบประสาทและมีโพแทสเซียมช่วยป้องกันตะคริว และกากใยของกล้วยหอมคาเวนดิชยังช่วยลดอาการท้องผูกได้อีกด้วย โยอาหารที่ได้จากกล้วยหอมคาเวนดิชจะมีคุณสมบัติดีกว่าโยอาหารจากอาหารชนิดอื่นเนื่องจากมีปริมาณโยอาหารทั้งหมดและโยอาหารที่ละลายน้ำได้สูง (Figuerola et al., 2005) เนื่องจากผลสดของกล้วยหอมคาเวนดิชมีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษา วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการแปรรูปจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพ ลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและเป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วยหอมคาเวนดิชเนื่องจากแนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาสนใจในเรื่องของสุขภาพส่งผลต่อการเลือกรับประทานอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ และต้องพกพาง่ายและสะดวกในการรับประทาน ทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของเครื่องดื่มตามกระแสของการบริโภค จากกระแสนิยมในการดื่มน้ำผลไม้ เพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีปริมาณน้ำตาลที่น้อย โดยการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการทำให้แห้งเป็นผง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสามารถเก็บรักษาได้นานและง่ายต่อการคืนรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพียงชงในน้ำร้อน สำหรับกรรมวิธีการในการทำแห้งอาหารเหลวที่มีความหนืดสูงจากผลไม้ นั้น นิยมใช้การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) โดยอาหารที่จะนำมาทำแห้งต้องอยู่ในสภาพของเหลวข้นมีความหนืดพอที่จะจับเป็นฟิล์มบางๆ รอบลูกกลิ้งร้อนในขณะที่ทำแห้งได้อาหารที่นิยมใช้การทำแห้งวิธีนี้ได้แก่ กล้วยผง มะเขือเทศผง โจ๊กผง เป็นต้น ัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และคณะ (2561) ได้ศึกษากรรมวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายครีมเทียมผงจากแป้งข้าวด้วยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้งได้รายงานข้อดีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเอาไว้ว่า ครีมเทียมจากแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะให้ลักษณะโครงสร้างของครีมเทียมแป้งข้าวผงมีลักษณะสัณฐานวิทยาไม่แน่นอน ยึดเกาะกันเป็นก้อน มีขอบคม และรูปทรงค่อนข้างมาก ซึ่งส่งผลต่อการละลายที่สูงขึ้น ตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้งประกอบด้วย ลักษณะและส่วนประกอบของวัตถุดิบ เช่น อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของวัตถุดิบ (Glass transition temperature) และความชื้นของวัตถุดิบ รวมทั้งสถานะในการทำแห้ง เช่น อุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งและอุปกรณ์การทำแห้งที่ใช้ (พรทิพย์ สุริยะจันทร์หอม และมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, 2560) และ Gabas et al. (2007) ได้ศึกษาสารช่วยทำแห้ง ได้แก่ มอลโตเดกตรินซ์ และกัมอาระบิกต่อคุณภาพของเปลือกสับปะรดผง พบว่าสารช่วยทำแห้งช่วยเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยน

สถานะคล้ายแก้ว โดยเฉพาะกับอาหารที่มีน้ำตาลสูง ช่วยลดปัญหาการจับตัวเป็นก้อนในผลิตภัณฑ์แห้ง ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟลายเออร์ช่วยในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและรักษากลิ่นของอาหาร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำกล้วยหอมคาเวนดิชมาแปรรูปเป็นกล้วยหอมคาเวนดิชผงซึ่งดีมีผสมธัญญาหารเพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมอาหาร โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผง ได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรีนต่อคุณภาพกล้วยหอมคาเวนดิชผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงซึ่งดีมีผสมธัญญาหาร เพื่อตอบสนองความต้องการในเรื่องการดูแลสุขภาพที่พร้อมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง
2. เพื่อศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงซึ่งดีมีผสมธัญญาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรีนต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

กล้วยหอมคาเวนดิช จากวิสาหกิจชุมชนกล้วยหอมลพบุรี จังหวัดลพบุรี ที่ระยะความสุกที่ 5 (ที่เปลือกมีสีเหลืองทั้งผล) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 18-20 องศาบริกซ์ และมีความชื้นร้อยละ 65.02 ± 0.45 นำมาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาดและนำมาปั่นผสมให้เข้ากับสารโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Potassium metabisulfite, KMS) ร้อยละ 0.3 นำวัตถุดิบผสมที่เตรียมไว้ป้อนเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกกลิ้งเท่ากับ 30 เซนติเมตร ความยาวของลูกกลิ้งเท่ากับ 40 เซนติเมตร โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อน กำหนดระยะห่างของลูกกลิ้ง 0.5 มิลลิเมตร ความเร็วในการหมุนรอบลูกกลิ้ง 0.5 รอบต่อนาที โดยปรับค่าตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส) 3 ระดับ คือ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดกซ์ตรีน (ร้อยละ) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 100, 150 และ 200 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด โดยวางแผนการทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) ได้สภาวะการอบแห้งจำนวน 9 สภาวะ จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของกล้วยหอมคาเวนดิชผง และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

1) วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter (ยี่ห้อ Hunter lab, รุ่น color Flex EZ, USA) แสดงค่าสีในระบบ CIE L*, a*, b* ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง (0 คือ มีด และ 100 คือสว่าง) ค่า a* แสดงถึงค่าสีแดง (a* ค่าบวก เป็นสีแดง และ a* ค่าลบ เป็นสีเขียว) และค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง (b* ค่าบวก เป็นสีเหลือง และ b* ค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน)

2) วัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้ Water activity meter (ยี่ห้อ Aqua lab, รุ่น 4 TE, USA) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างบรรจุลงในตลับตัวอย่างให้มีขนาดหรือปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรตลับจากนั้นนำตลับตัวอย่างไปใส่ในเครื่องวิเคราะห์ซึ่งจะแสดงค่า a_w ที่วัดได้

3) ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water absorption index; WAI) ตามวิธีของ Yousf et al. (2017) โดยทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.5 กรัมใส่ลงในหลอดเซนติพิวีกที่ทราบน้ำหนักแล้ว เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เป็นเวลา 30 วินาที และนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 4,500 รอบต่อนาที นาน 35 นาที เทแยกสารละลายส่วนใสและเจลอออกจากกัน นำหลอดเซนติพิวีกและส่วนที่เป็นเจลที่ได้ไปชั่งน้ำหนักนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดังสมการที่ (1)

$$\text{ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)} = \frac{\text{น้ำหนักเจรวมหลอดเซนติพิวีก} - \text{น้ำหนักหลอดเซนติพิวีก}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง}} \quad (1)$$

4) ดัชนีการละลายน้ำ (Water Solubility Index; WSI) ตามวิธีของ Yousf et al. (2017) นำสารละลายส่วนใสที่ได้จากขั้นตอนดัชนีดูดซับน้ำ ไประเหยโดยนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีการละลายน้ำ ดังสมการที่ (2)

$$\text{ดัชนีการละลายน้ำ (WSI)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่ได้จากส่วนใส} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง}} \quad (2)$$

1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่

1) ความชื้น ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) โดยนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักประมาณ 3 กรัม มาแยกใส่ลงในกระป๋องอะลูมิเนียมที่ทำการไล่ความชื้นแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักของกระป๋องและตัวอย่างก่อนการอบแห้งทุกกระป๋อง จดบันทึกค่า จากนั้นนำกระป๋องที่มีตัวอย่างเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังการอบแห้งทุกกระป๋อง อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม จดบันทึกค่า โดยความชื้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \quad (3)$$

เมื่อ M_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง

M_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง

1.3 การประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

โดยทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- point hedonic Scale) (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ที่เป็นนักศึกษาและประชาชนทั่วไป โดยชงกล้วยหอมคาเวนดิชผง ในปริมาณ 28 กรัมต่อน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสดำเนินการทดสอบภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

2. การศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งผสมธัญญาหาร

ศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งผสมธัญญาหาร โดยมีส่วนผสม ได้แก่ ข้าวโอ๊ต จมูกข้าวสาลี งาดำ ถั่วเหลือง นมผง เวย์โปรตีน อินูลิน และน้ำตาลทรายแดง เท่ากับ 10, 16, 5, 7, 20, 18, 13 และ 11 ส่วนตามลำดับ และทำการศึกษ ปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิช 3 ระดับ ได้แก่ 30, 40 และ 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และเติมสารซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด เพื่อลดการจับตัวเป็นก้อนและนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- point hedonic Scale) จากผู้ทดสอบชิมที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภค จำนวน 30 คน ที่เป็นนักศึกษาและประชาชนทั่วไป โดยชงผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งผสมธัญญาหารในปริมาณ 28 กรัมต่อน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผงโดยใช้เครื่องทำแท่งแบบลูกกลิ้ง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผง โดยใช้เครื่องทำแท่งแบบลูกกลิ้ง โดยเลือกระดับความสุกระยะที่ 5 (ที่มีเปลือกสีเหลืองทั้งผล) ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยนำกล้วยหอมคาเวนดิชนำมาศึกษาอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ ได้แก่ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 100, 150, และ 200 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด นำมาทำแท่งด้วยเครื่องทำแท่งแบบลูกกลิ้งและนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยหอมคาเวนดิชผง

อุณหภูมิ (°C)	มอลโต เดกซ์ตริน (%)	ปริมาณน้ำ อิสระ	ความชื้น (%)	L*	ค่าสี a*	b*
120	100	0.39 ± 0.01 ^b	5.57 ± 0.24 ^a	74.94 ± 0.42 ^f	7.29 ± 0.49 ^a	18.88 ± 0.60 ^c
	150	0.42 ± 0.01 ^a	5.75 ± 0.13 ^a	76.36 ± 0.34 ^e	6.24 ± 0.19 ^b	17.50 ± 0.53 ^d
	200	0.40 ± 0.01 ^b	4.97 ± 0.11 ^b	80.36 ± 0.43 ^{bcd}	3.95 ± 0.01 ^c	14.84 ± 0.15 ^e
130	100	0.31 ± 0.01 ^d	4.83 ± 0.22 ^b	76.11 ± 0.60 ^e	3.21 ± 0.25 ^{de}	23.98 ± 0.48 ^a
	150	0.32 ± 0.01 ^{cd}	4.77 ± 0.02 ^b	79.55 ± 0.71 ^d	2.14 ± 0.04 ^f	20.66 ± 0.94 ^b
	200	0.33 ± 0.01 ^c	4.46 ± 0.05 ^c	83.05 ± 0.25 ^a	0.91 ± 0.33 ^g	16.97 ± 0.23 ^d
140	100	0.28 ± 0.01 ^e	3.63 ± 0.02 ^d	79.81 ± 0.62 ^{cd}	3.36 ± 0.35 ^{de}	21.24 ± 0.95 ^b
	150	0.27 ± 0.01 ^e	3.00 ± 0.14 ^e	80.81 ± 0.45 ^b	3.07 ± 0.30 ^e	20.18 ± 0.45 ^b
	200	0.28 ± 0.01 ^e	3.16 ± 0.25 ^e	80.63 ± 0.23 ^{bc}	3.61 ± 0.16 ^{cd}	20.49 ± 0.64 ^b

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-e} หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.42 ซึ่งที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 100, 150 และ 200 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 3.00-5.75 ซึ่งอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 200 และที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 100 และ 150 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) พบว่าเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง โดยเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 140 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน เท่ากับร้อยละ 150 และ 200 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด ทำให้กล้วยหอมคาเวนดิชผงมีความชื้นต่ำที่สุด ค่าสี L* a* และ b* ของสิ่งทดลอง พบว่าค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 74.94-83.05 ค่า a* มีค่าไปทิศทางสีแดงมีค่า a* อยู่ในช่วง 0.91-7.29 ค่า b* มีค่าไปทิศทางสีเหลือง มีค่าอยู่ในช่วง 14.84-23.98 จากการศึกษาพบว่าค่า a* มีแนวโน้มไปในทิศทางสีแดงลดลง และค่า L* มีแนวโน้มค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น

ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ และค่าดัชนีการละลายน้ำ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 1.37- 4.24 พบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าต่ำที่สุด เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด และพบว่าเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง ดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.83-79.37 พบว่าเมื่อดัชนีการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น โดยเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเท่ากับ 140 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าดัชนีการละลายน้ำมีแนวโน้มค่ามากที่สุด

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของกล้วยหอมคาเวนดิชผง

อุณหภูมิ (°C)	มอลโตเดกซ์ตริน (%)	ดัชนีการดูดซับน้ำ	ดัชนีการละลายน้ำ (ร้อยละ)
120	100	4.24 ± 0.30 ^a	67.83 ± 2.70 ^d
	150	3.23 ± 0.30 ^b	68.59 ± 2.50 ^{cd}
	200	2.53 ± 0.11 ^{cd}	70.78 ± 2.58 ^{bcd}
130	100	2.08 ± 0.21 ^d	75.39 ± 1.43 ^{abc}
	150	1.24 ± 0.06 ^e	79.37 ± 8.10 ^a
	200	2.87 ± 0.26 ^{bc}	73.58 ± 2.30 ^{abcd}
140	100	3.11 ± 0.10 ^b	76.52 ± 4.32 ^{ab}
	150	2.42 ± 0.54 ^{cd}	76.45 ± 1.11 ^{ab}
	200	1.37 ± 0.23 ^e	78.31 ± 5.00 ^a

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-e} หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้วยหอมคาเวนดิชผง

อุณหภูมิ (°C)	มอลโต เดกซ์ตริน (%)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบ โดยรวม
120	100	4.83 ± 0.83 ^d	5.86 ± 0.90 ^{de}	5.40 ± 0.90 ^e	5.26 ± 1.00 ^e	5.33 ± 0.90 ^c
	150	4.90 ± 0.75 ^d	5.93 ± 1.00 ^{de}	5.83 ± 0.64 ^d	5.76 ± 1.00 ^{cd}	5.46 ± 1.00 ^{bc}
	200	5.03 ± 0.66 ^d	5.63 ± 1.00 ^e	5.96 ± 0.80 ^{cd}	5.56 ± 0.70 ^{de}	5.60 ± 0.81 ^{bc}
130	100	5.53 ± 0.81 ^c	6.10 ± 1.00 ^{de}	6.20 ± 0.80 ^{bcd}	5.83 ± 0.83 ^{cd}	5.86 ± 0.81 ^b
	150	5.60 ± 0.90 ^c	6.26 ± 0.80 ^{cd}	6.30 ± 0.70 ^{bc}	5.76 ± 1.04 ^{cd}	5.80 ± 0.71 ^b
	200	5.83 ± 1.23 ^c	6.06 ± 1.11 ^{de}	6.16 ± 0.74 ^{bcd}	5.66 ± 0.80 ^{cde}	5.16 ± 0.53 ^c
140	100	7.26 ± 0.90 ^b	6.63 ± 0.90 ^c	6.50 ± 0.60 ^c	6.13 ± 0.93 ^{bc}	5.56 ± 0.70 ^{bc}
	150	8.03 ± 0.66 ^a	8.06 ± 0.80 ^a	7.66 ± 0.84 ^a	6.90 ± 0.80 ^a	6.66 ± 0.80 ^a
	200	7.50 ± 0.90 ^b	7.36 ± 1.00 ^b	7.36 ± 0.71 ^a	6.30 ± 0.60 ^b	5.80 ± 0.80 ^b

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-e} หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ที่เป็นนักศึกษาและประชาชนทั่วไปในการใช้ทดสอบ 9-point hedonic scale (หลักเกณฑ์การให้คะแนน คือ คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก คะแนน 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย คะแนน 5 หมายถึง เฉยๆ คะแนน 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง คะแนน 8 หมายถึง ชอบมาก และคะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) โดยชง

กล้วยหอมคาเวนดิชผงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผง 28 กรัมต่อปริมาณน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร ผลการทดลองแสดงดังตาราง 3 พบว่า อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส และปริมาณสารมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด เป็นสภาวะที่ผู้บริโภครับประทานยอมรับสูงที่สุด ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.03, 8.06, 7.66, 6.90 และ 6.66 ตามลำดับ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งขี้ผึ้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากผู้บริโภครับประทานยอมรับสูงที่สุด และผลจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าปริมาณน้ำอิสระมีค่าไม่เกิน 0.6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยผงขี้ผึ้ง มผช.1525/2562 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) และมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในระดับต่ำ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าต่ำ และดัชนีการละลายสูงซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดี

2. ผลการศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งขี้ผึ้ง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผง พบว่าอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากผู้บริโภครับประทานยอมรับสูง และคุณภาพทางกายภาพและเคมี เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด จึงได้นำมาศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งขี้ผึ้ง โดยมีส่วนผสมได้แก่ ข้าวโอ๊ต จมูกข้าวสาลี งาดำ ถั่วเหลือง นมผง เวย์โปรตีน อินูลิน น้ำตาลทรายแดง ได้ทำการศึกษารับประทานกล้วยหอมคาเวนดิชผง 30, 40 และ 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน และเติมสารซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด เพื่อขงในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณผลิตภัณฑ์กล้วยผงขี้ผึ้งขี้ผึ้ง 28 กรัมต่อปริมาณน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส จำนวน 30 คน

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขี้ผึ้งขี้ผึ้ง

ปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
30	7.26 ± 0.44 ^b	7.36 ± 0.50 ^b	7.40 ± 0.50 ^b	7.33 ± 0.47 ^b	7.36 ± 0.50 ^b
40	7.40 ± 0.62 ^b	7.43 ± 0.50 ^b	7.50 ± 0.70 ^b	7.23 ± 0.70 ^b	7.53 ± 0.50 ^b
50	8.00 ± 0.83 ^a	7.86 ± 0.81 ^a	8.33 ± 0.66 ^a	8.53 ± 0.50 ^a	8.66 ± 0.54 ^a

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-b} หมายถึง สิ่งทดลองที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการศึกษาการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขงดื่มผสมธัญญาหารจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส จำนวน 30 คน พบว่า ปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผง 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน เป็นปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.00, 7.86, 8.33, 8.53 และ 8.66 ตามลำดับ และพบว่าเมื่อมีการเติมกล้วยคาเวนดิชผงมากกว่า 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และผลิตภัณฑ์ละลายยาก

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินในการผลิตกล้วยหอมคาเวนดิชผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของกล้วยหอมคาเวนดิชผง แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษา พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Interaction effect) และอิทธิพลหลัก (Main effect) ของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระของกล้วยหอมคาเวนดิชผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร โดยเป็นตัวชี้วัดปริมาณน้ำในอาหารที่ต่ำที่สุดที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญได้ รวมไปถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มที่เกิดการเน่าเสียยาก อาทิเช่น อาหารแห้งชนิดต่างๆ จะมีค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่า 0.60 (วิลโลว์ รังสาทอง, 2547) ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดหรือลดปริมาณน้ำอิสระให้ต่ำสุด จึงเป็นวิธีการถนอมอาหารให้เก็บรักษาได้นาน (นิธิยา รัตนานนท์, 2549) จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินไม่มีผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pua et al., (2010) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งขนุน พบว่า ปริมาณอิสระของขนุนผงมีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งมีค่ามากขึ้น ซึ่งการใช้อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้นทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารเกิดการระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ (วิลโลว์ รังสาทอง, 2547) ซึ่งปริมาณน้ำอิสระของกล้วยหอมคาเวนดิชผง เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยผงขงดื่ม มผช.1525/2562 ที่กำหนดให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของกล้วยผงขงดื่มต้องไม่เกิน 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) ดังนั้น ในกระบวนการทำแห้งกล้วยคาเวนดิชผงโดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง สามารถลดค่าปริมาณน้ำอิสระของกล้วยหอมคาเวนดิชผงให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งจะส่งผลในเรื่องการชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนเป็น การช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ (อัจฉริยะกุล พวงเพ็ชร และคณะ, 2567)

ผลของอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย และอิทธิพลหลัก ได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน มีผลต่อปริมาณความชื้นของกล้วยหอมคาเวนดิชผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Quek et al., (2007) ได้ทำการศึกษาคุณภาพทาง

กายภาพของน้ำแต่งโมผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน (3–5%) และอุณหภูมิทำแห้ง (145, 155, 165 และ 175 องศาเซลเซียส) จะทำให้ปริมาณความชื้นของแต่งโมผงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และ Oberoi and Sogi (2015) ศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง ได้แก่ วิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งและการทำแห้งแบบพ่นฝอย ต่อคุณภาพของน้ำแต่งโมผง พบว่า การใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นทำให้เกิดมวลและความร้อนได้ดีขึ้นและการใช้ปริมาณสารช่วยทำแห้งที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบ ช่วยลดปริมาณน้ำที่ระเหย จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าลดลง

ผลของอิทธิพลหลักของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน และอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของกล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่ม เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากมอลโตเดกซ์ตรินเป็นผงสีขาวแต่หากละลายน้ำจะไม่มีสี เมื่อเติมมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณวิภา โคกครุฑ และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงหุงข้าวสอยเส้าให้สำเร็จรูปโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดการเจลาติไนซ์มากขึ้น การเจลาติไนซ์ทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน ยังส่งผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มมีค่าลดลงและค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของกฤติยา เชื้อนเพชรและคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองเพื่อสุขภาพ พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยอาจเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน นอกจากนี้เครื่องดื่มกล้วยหอมทองยังมีองค์ประกอบของโปรตีนและน้ำตาลรีดิวซ์จึงอาจเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการอบแห้ง เนื่องจากในการทดลองใช้อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งในการอบแห้งสูงมาก (120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส) และได้เติม Potassium Metabisulfite (KMS) เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการกระทำของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเตรียมกล้วยบด ซึ่ง KMS มีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกระบวนการอบแห้ง แต่บทบาทในการยับยั้งปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันน้อยมาก ดังนั้น การเกิดสีน้ำตาลในงานวิจัยนี้จึงน่าจะเกิดจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน

อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน และอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย มีผลต่อค่าดัชนีการดูดซับน้ำ พบว่าเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Senka et al. (2014) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินที่เป็นสารช่วยทำแห้งต่อคุณสมบัติของมอนทานาผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าค่าดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าลดลงเมื่อปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินช่วยลดประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำของผลิตภัณฑ์ ในทางตรงกันข้ามกับค่าดัชนีการดูดซับน้ำ พบว่า อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีการละลายน้ำ และเมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น ทำให้ดัชนีการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) เป็นค่าที่แสดงถึงคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของผลิตภัณฑ์ผงที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งค่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าสูงเป็นคุณสมบัติที่ดีและเป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญผลิตภัณฑ์ที่เป็นผง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดารารัตน์

นาคลอ และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาไทไนซ์ โดยพบว่า เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งคู่ ส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย หมู่ไฮดรอกซิลภายในโครงสร้างของเม็ดแป้งจึงสามารถจับกับน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้แป้งสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ซึ่งค่าดัชนีการละลายน้ำที่สูงและดัชนีการดูดซับน้ำต่ำ เป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องเปียกอย่างรวดเร็วและมีการละลายโดยไม่จับตัวเป็นก้อน (Hogekamp & Schubert, 2003)

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีแนวโน้มคะแนนความชอบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีค่ามากขึ้น โดยจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสี อยู่ในระดับชอบมาก คะแนนความชอบด้านกลิ่น อยู่ในระดับชอบปานกลาง และคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุดและจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

2. การศึกษาปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขงดื่มผสมธัญญาหาร

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ที่เป็นนักศึกษาและประชาชนทั่วไปในการใช้ทดสอบ 9-point hedonic scale ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าสูตรที่มีกล้วยหอมคาเวนดิชผง 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน และส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ข้าวโอ๊ต 10 ส่วน จมูกข้าวสาลี 16 ส่วน งาดำ 5 ส่วน ถั่วเหลือง 7 ส่วน นมผง 20 ส่วน เวย์โปรตีน 18 ส่วน อินูลิน 13 ส่วน น้ำตาลทรายแดง 11 ส่วน และสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.00, 7.86, 8.33, 8.53 และ 8.66 ตามลำดับ อยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนมากที่สุด

สรุปผล

อิทธิพลระหว่าง 2 ปัจจัย (อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน) และอิทธิพลหลักมีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของกล้วยหอมคาเวนดิชผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยภายใต้เงื่อนไขการทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส ร่วมกับปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินร้อยละ 150 น้ำหนักแห้งของกล้วยสด ส่งผลให้คุณภาพทางกายภาพและเคมี มีความเหมาะสมที่สุด ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุด และปริมาณกล้วยหอมคาเวนดิชผงที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงขงดื่มผสมธัญญาหาร คือ กล้วยหอมคาเวนดิชผง 50 ส่วนต่อน้ำหนักของส่วนผสมอื่นๆ 100 ส่วน และส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ ข้าวโอ๊ต 10 ส่วน จมูกข้าวสาลี 16 ส่วน งาดำ 5 ส่วน ถั่วเหลือง 7 ส่วน นมผง 20 ส่วน เวย์โปรตีน 18 ส่วน อินูลิน 13 ส่วน น้ำตาลทรายแดง 11 ส่วน และสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มผสมธัญญาหารนั้น เป็นการแปรรูปเป็นผง ทำให้ผลิตภัณฑ์พกพาง่าย และสะดวกต่อการรับประทานในรูปแบบของเครื่องดื่มตามกระแสการบริโภคกล้วยหอมคาเวนดิชเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาพัฒนา เนื่องจากแนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากขึ้น เลือกรับประทานอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ จึงสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการนำกล้วยหอมคาเวนดิชผงไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และเครื่องดื่มชงดื่มรสชาติอื่นๆ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยหอมคาเวนดิชผงชงดื่มผสมธัญญาหาร
2. ควรศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์รสชาติอื่น

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา เชื้อนเพชร, เปี่ยมสุข สุวรรณ, รวิพร พลพีช, และรวิภา จารุอารยนันท์. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(6), 1030-1031.
- ดาร์รัตน์ นาคละอ, อาภัสรา แสงนาคม, และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2554). การปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาไทน์ซ์. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 16(1), 13-18.
- ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, ญัญจิรา ศิลาฉาย, และธนากรณ เชื้อวงศ์. (2561). กรรมวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายครีมเทียมผงจากแป้งข้าวด้วยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(1), 73-85.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2549). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โอเดียนไอสตร์.
- พรทิพย์ สุริยะจันทร์หอม และมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์. (2560, 7-8 กันยายน). ผลของอุณหภูมิการทำแห้งมอลโตเด็กตรินและกัมอะราบิกต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของฟักข้าวผงที่ผลิตโดยวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ [Paper presentation]. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.
- วิไล รังสาดทอง. (2547). *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรรณวิภา โคกครุฑ, อรวัลย์ อุปถัมภานนท์, และสุนัน ปานสาคร. (2559, 25 พฤศจิกายน). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งผงหุงข้าวสาลีให้สำเร็จรูปโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง [Poster presentation]. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช ครั้งที่ 6, นนทบุรี, ประเทศไทย.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยผงขงดีม มผช 1525/2562*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.
- อภิชาติ ศรีสะอาด, กอบลาภ อารีศรีสม, และพัชรี สำโรงเย็น. (2560). *กล้วยหอมคาเวนดิช*. นาคาอินเตอร์มีเดีย.
- อัจฉริยะกุล พวงเพชร, พรอริยา นิรินัง, และศิริวรรณ ณะวงษ์. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเปลือกกล้วยหอมทอง. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 19(2), 107-121.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (17th ed). Association of official Analytical Chemists.
- Figuerola, F. M. L., Hurtado, A. M., Estevez, Chiffelle. I., & Asenjo, F. (2005). Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Food Chem*, 91(3), 389-582.
- Gabas, A.L., Telis, V.R.N, Sobrai, P.J. A., & Romeo-Telis, J. (2007). Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, 82, 246-252.
- Hogekamp, S., & Schubert, H. (2003). Rehydration of food powder. *Food Science Technology*, 9(3), 223-235.
- Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 172-178.
- Pua, C. K., Hamid, N. S. A., Tan, C. P., Mirhosseini, H., Rasman, R. B. A., & Rusul, G. (2010). Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 43(2), 343-349.
- Quek, A.Y., Chok, N.K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392.
- Senka, S. V., Jelena, Z. V., Zuzana, G. V., Zoran, P. Z., & Ljiljana, M. P. (2014). Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in satureja montana dry powder extract obtained by spary drying technique. *Powder Technology*, 258, 209-215.
- Yousf, N., Nazir, F., Salim, R., Ahsan, H., & Sirwal, A. (2017). Water solubility index and water absorption index of extruded product from rice and carrot blend. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 2165-2168.

