

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพ

Development of Healthy Hom-Thong Banana Powder

กฤติยา เชื้อนเพชร*, เปี่ยมสุข สุวรรณภูมิ,

รวีพร พลพีช และรวิภา จารุอารยนันท์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Krittiya Khuenpet*, Peamsuk Suvarnakuta,

Rawiporn Polpued and Rawipa Jaru-arayanun

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงเพื่อสุขภาพและกรรมวิธีในการทำแห้งที่เหมาะสม โดยการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงต้นแบบจาก 4 สูตร คือ สูตรนมสด สูตรกะทิธัญพืช สูตรน้ำนมข้าวโพด และสูตรนมถั่วเหลือง พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืชได้รับคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รส กลิ่นรส กลิ่นรสกล้วย ความเปรี้ยว สูงกว่าสูตรอื่น และได้รับการคัดเลือกเป็นลำดับที่หนึ่งจากการทดสอบความชอบด้วยวิธีเรียงลำดับ การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตติก และโยเกิร์ต พบว่าสูตรที่ประกอบด้วยกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตติก และโยเกิร์ต 11.5, 13 และ 1.5 กรัมต่อปริมาณส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม ตามลำดับ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ส่วนผลการศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งเครื่องดื่มกล้วยหอมทองด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่าการทำแห้งที่ 140 องศาเซลเซียส ได้เครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด และใช้ระยะเวลาในการคั่วตัวน้อยที่สุด การทำแห้งเครื่องดื่มกล้วยหอมทองด้วยวิธีโฟม-แมท โดยสารก่อโฟม 2 ชนิด คือ อัลบูมินจากไข่ขาว และโปรตีนเวย์เข้มข้น พบว่าการเติมอัลบูมินจากไข่ขาวร้อยละ 1-15 โดยน้ำหนักของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองไม่ก่อให้เกิดโฟม ส่วนโปรตีนเวย์เข้มข้นสามารถทำให้เกิดโฟมเมื่อเติมน้ำร้อยละ 11 โดยน้ำหนักของเครื่องดื่มกล้วยหอมทอง โดยเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงคั่วที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้งได้รับคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงกว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงคั่วที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม-แมท

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง; กะทิธัญพืช; การทำแห้งแบบโฟม-แมท; การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง; น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโตติก

*ผู้รับผิดชอบบทความ : krittiya23@tu.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to develop healthy Hom-Thong banana powder and to study the proper drying methods. Four formulas of Hom-Thong banana drink were produced with adding whole milk, cereal milk, corn milk and soy milk. The result showed that the addition of cereal milk into Hom-Thong banana drink had significantly higher in color, flavor and sourness scores than those other formulas. Moreover, the cereal milk formula obtained the first order liking score determined by ranking test method. The proportion of the major ingredients including cereal milk, prebiotic syrup and yoghurt was studied. It was found that the formula contained cereal milk, prebiotic syrup and yoghurt of 11.5, 13 and 1.5 g/100 g respectively exhibited the highest overall acceptability score. Thereafter, the respective Hom-Thong banana drink was dried by using a double drum drier. The result indicated that Hom-Thong banana dried at 140 °C had the highest lightness (L^*) value and the shortest rehydration time. Hom-Thong banana drink was also made foam by adding mat drying technique. The addition of egg albumin from 1-15 % (w/w) into Hom-Thong banana drink could not produce stable foam, whereas adding whey protein concentrate at 11 % (w/w) provided stable foam system. From the sensory test, rehydrated Hom-Thong banana powder prepared by drum dryer obtained higher overall acceptability score than prepared by foam-mat dryer.

Keywords: Hom-Thong banana; cereal milk; foam-mat drying; drum drying; prebiotic syrup

1. บทนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminata* AAA group ‘Gros Michel’) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยและให้ผลผลิตตลอดปี มีรสชาติหวาน และมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ มีสารอาหารประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง เป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี รวมถึงแคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก [1] เนื่องจากกล้วยหอมทองมีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษาของผลสด วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการแปรรูปจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาคุณภาพ ลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและเป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการส่งออก ปัจจุบันมีการ

แปรรูปกล้วยหอมทองเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม และผงขงจำหน่ายทางการค้า อาทิ น้ำกล้วยหอมพร้อมดื่ม และกล้วยหอมทองผง

แนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ส่งผลต่อการเลือกรับประทานอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ต้องพกพาง่าย และสะดวกต่อการรับประทาน ทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของเครื่องดื่มตามกระแสการบริโภค กล้วยหอมทองเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มและแปรรูปเป็นผง ตามกระแสนิยมการดื่มน้ำผลไม้เพื่อสุขภาพ ที่หอมหวาน มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยการยืดอายุการเก็บรักษาโดยการทำ

แห้งเป็นผง จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา สามารถเก็บรักษาได้นาน และง่ายต่อการคืนรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพียงชงในน้ำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความกังวลในการบริโภคน้ำตาล อุตสาหกรรมอาหารจึงมีการใช้ผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมฟรุคโตส ซึ่งคือน้ำเชื่อมที่ผลิตจากอ้อยคุณภาพ ประกอบด้วยฟรุคโทโอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide, FOS) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดกลาง (3-9 โมเลกุล) มีรสชาติออกหวานเล็กน้อย ละลายน้ำได้ดี ไม่เหนียว มีกลิ่นรสหอมหวาน และเป็นสารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ (1-1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม) [2] เหมาะสำหรับผู้ที่รักสุขภาพ ต้องการเสริมภูมิคุ้มกันในระบบทางเดินอาหาร ช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ ยับยั้งและลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อโรค นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มต่าง ๆ ในปัจจุบันได้เพิ่มประโยชน์ให้ผู้บริโภคด้วยการเติมใยอาหาร เช่น อินูลิน (inulin) ซึ่งเป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งในกลุ่มฟรุคแทน (fructan) เป็นเส้นใยอาหารที่มีรสชาติไม่หวานให้พลังงานต่ำเพียง 1.5 กิโลแคลอรี ทนต่อการย่อยสลายจากเอนไซม์ จึงไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก Chaito และคณะ [3] รายงานว่าจากการตรวจวิเคราะห์สินค้าประเภทอาหารควบคุมน้ำหนักชนิดผง เครื่องดื่มสำเร็จรูปชนิดผง อาหารเสริมชนิดผงสำหรับมารดา โยเกิร์ตชนิดครีม เครื่องดื่มรสต่าง ๆ และน้ำผลไม้ ที่จำหน่ายในประเทศไทย มีปริมาณอินูลิน 10-19 % Thai RDI

สำหรับกรรมวิธีการในการทำแห้งอาหารเหลวที่มีความหนืดสูงนิยมใช้การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum drying) โดยอาหารที่จะนำมาทำแห้งต้องอยู่ในสภาพของเหลวข้น มีความหนืดพอที่จะจับเป็นฟิล์มบาง ๆ รอบลูกกลิ้งร้อนในขณะทำแห้งได้ อาหารที่นิยมใช้การทำแห้งวิธีนี้ได้แก่ กล้วยผง มะเขือเทศผง แป้งผง

โจ๊กผง เป็นต้น [4] สำหรับการทำแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat drying) เป็นวิธีการทำแห้งอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับอาหารเหลว หลักการ คือ ตีให้ผลิตภัณฑ์เกิดโฟม และใช้ความร้อนจากลมร้อนเป็นตัวระเหยความชื้นที่แทรกอยู่บนโฟมออกไป ลักษณะที่เป็นโฟมจะช่วยระเหยความชื้นออกได้อย่างรวดเร็ว จึงใช้เวลาในการทำแห้งสั้น เป็นเหตุให้สารให้กลิ่นระเหยได้น้อย และสียังคงเหลืออยู่มาก [5]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีในการทำแห้งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง ซึ่งใช้กล้วยหอมทองเป็นวัตถุดิบหลัก เพิ่มใยอาหารจากอินูลิน และใช้น้ำเชื่อมฟรุคโตสเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมกล้วยหอมทองบด

นำกล้วยหอมทองจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ความสุกระยะ 5 (เปลือกเป็นสีเหลืองแต่ปลายยังเป็นสีเขียว) และความสุกระยะ 7 (เปลือกมีสีเหลือง สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม) ตามมาตรฐาน CSIRO [6] มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นนำผลกล้วยหอมทั้งเปลือกไปให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยไอน้ำเดือด จับเวลาเมื่อจุดกึ่งกลางของผลกล้วยหอมมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ปอกเปลือกและปั่นผสมกับกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.50 โดยน้ำหนัก ได้เป็นกล้วยหอมทองบด [7]

2.2 การศึกษาสูตรต้นแบบในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง

ศึกษาสูตรต้นแบบในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง โดยส่วนผสมที่มีปริมาณคงที่ประกอบด้วยกล้วยหอมทองบด (กล้วยหอมทองความ

สุรยะ 5 บดผสมกับกล้วยหอมทองความสุรยะ 7 ในอัตราส่วน 1 : 1) ร้อยละ 47 น้ำเชื่อมพรีไบโอติก ร้อยละ 13 แป้งข้าวโพดร้อยละ 12 อินูลินร้อยละ 5.5 น้ำเสาวรสร้อยละ 5.46 มอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 4 โยเกิร์ตร้อยละ 1.5 และสารแต่งกลิ่นสังเคราะห์ร้อยละ 0.04 จากนั้นเติมนมสด กะทิธัญพืช นำนมข้าวโพด หรือนมถั่วเหลืองชนิดใดชนิดหนึ่งร้อยละ 11.5 ปั่นส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ได้เป็นเครื่องดื่มกล้วยหอมทอง 4 สูตร คือ สูตรนมสด สูตรกะทิธัญพืช สูตร นำนมข้าวโพด และสูตรนมถั่วเหลือง นำไปทำแห้งด้วย เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (ยี่ห้อ OFM รุ่น DOFM 19/26 ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 20 ไมโครเมตร ความเร็วรอบ 0.5 รอบต่อนาที

นำเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงที่ผลิตได้มา วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ระยะเวลาในการคั่นตัว สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในข้อ 2.6) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลือง กลิ่นรสกล้วย ความเปรี้ยว ความหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการเรียงลำดับ (ranking test) ใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ได้ สูตรต้นแบบในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง

2.3 การศึกษาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง

ส่วนผสมเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงสูตรต้นแบบจากการทดลองที่ 2.2 คัดเลือกส่วนผสม 3 ชนิด มาศึกษาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงรสชาติของเครื่องดื่มกล้วยหอมทอง โดยวางแผนการทดลองแบบ mixture design โดยส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย (1) นมสด กะทิธัญพืช นำนมข้าวโพด หรือนมถั่วเหลือง (สูตรที่ดีที่สุดจากการศึกษา

สูตรต้นแบบ) ร้อยละ 45-70 (2) น้ำเชื่อมพรีไบโอติก ร้อยละ 25-50 และ (3) โยเกิร์ตร้อยละ 5-30 ซึ่งผลรวมของแต่ละส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด เท่ากับ 100 (คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26 ของส่วนผสมทั้งหมด) คัดเลือก 5 สูตร ที่เหมาะสมจากการวัดค่าความสว่าง (L^*) เพื่อนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในสีเหลือง กลิ่นรสกล้วย ความเปรี้ยว ความหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 30 คน คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อศึกษาวิธีในการทำแห้ง

2.4 การศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer)

นำเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.3 มาทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง แปรอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง 3 อุณหภูมิ คือ 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส ได้เป็นเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมี ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ระยะเวลาในการคั่นตัว ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ และทดสอบทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.2 ถ่ายภาพลักษณะพื้นผิวอนุภาคของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูง ชนิดฟิลด์อิมิชัน (field emission scanning electron microscope) (ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-7800F ประเทศญี่ปุ่น)

2.5 การศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อโฟมในการทำแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat drying)

นำเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.3 มาทำแห้งโดยวิธีโฟม-แมท เปรียบเทียบชนิดของสารก่อโฟมแบบผง 2 ชนิด คือ อัลบูมินจากไข่ขาวและโปรตีนเวย์เข้มข้น แปรปริมาณที่เติมเป็น 1.0-15.0 กรัม ต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักของ

เครื่องต้มกล้วยหอมทอง การเติมสารก่อโฟมจะค่อย ๆ เติมลงในเครื่องต้มกล้วยหอมทอง จากนั้นตีปั่นด้วย หัวตีแบบตะกร้อในเครื่องผสมอาหารที่ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 25 นาที สังเกตความสามารถในการเกิดโฟม และความคงตัวของโฟมที่ได้ (รายละเอียดการวิเคราะห์ แสดงในข้อ 2.6) จากนั้นนำตัวอย่างมาตรวจวัดสมบัติ ของโฟม ได้แก่ ร้อยละการขึ้นฟู ความหนาแน่น และความคงตัว นำโฟมที่ได้จากการตีปั่นที่มีความคงตัวใส่ ถูพลาสติกที่มีหัวบีบเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร บีบโฟมเป็นเส้นยาวลงบนผ้าขาวบาง นำไปอบด้วย เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง [8,9] ใช้ช้อนชูดโฟมที่ผ่านการ อบแห้งเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ระยะเวลาในการคืนตัว ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ แล้วทดสอบทาง ประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.2 และ ถ่ายภาพลักษณะพื้นผิวอนุภาคของเครื่องต้มกล้วยหอม ทองผง

2.6 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.6.1 การตรวจสอบทางกายภาพ ได้แก่

(1) ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) โดยใช้เครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น CX2687 ประเทศ สหรัฐอเมริกา

(2) ระยะเวลาในการคืนตัว (rehydration time) ตามวิธีการของ Goula และ Adamopoulos [10] โดยชั่งตัวอย่าง 20 กรัม นำมาคืนตัวในน้ำ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 200 มิลลิลิตร คนด้วย magnetic bar บันทึกเวลาจนกระทั่งเกิดการคืน ตัวอย่างสมบูรณ์ สังเกตได้คือผงละลายหมด

(3) ร้อยละการขึ้นฟูของโฟม (% overrun) ตามวิธีการของ กฤต [11] โดยชั่งน้ำหนัก ของตัวอย่างในถ้วยที่ทราบปริมาตรแน่นอน จากนั้นนำ

ตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปตีปั่นกับสารก่อโฟม และชั่ง น้ำหนักของโฟมในถ้วยเดิม โดยร้อยละการขึ้นฟู คำนวณจาก ร้อยละการขึ้นฟู = $[(\text{น้ำหนักต่อหน่วย ปริมาตรของส่วนผสม} - \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของ โฟม}) \div \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}] \times 100$

(4) ค่าความหนาแน่นของโฟม ตาม วิธีการของ กฤต [11] โดยชั่งน้ำหนักโฟมที่ได้จากการ ตีปั่นในถ้วยที่ทราบปริมาตรแน่นอน บรรจุให้เต็ม ระวัง ไม่ให้มีฟองอากาศในถ้วย และเกลี่ยโฟมที่ล้นบริเวณ ปากถ้วยด้วยพายยาง ความหนาแน่นของโฟม คำนวณ จาก ค่าความหนาแน่นของโฟม = $(\text{น้ำหนักของถ้วยเมื่อ บรรจุโฟม} - \text{น้ำหนักของถ้วย}) \div \text{ปริมาตรของถ้วย}$

(5) ค่าความคงตัวของโฟม ตามวิธีการ ของ กฤต [11] โดยนำโฟมที่ได้จากการตีปั่นใส่ในกรวย กรองซึ่งวางอยู่บนกระบอกตวงขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นบันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจาก โฟม เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราการแยกตัว ของของเหลวออกจากโฟม

2.6.2 การตรวจสอบทางเคมี ได้แก่

(1) ความชื้น ตามวิธี AOAC [12]
(2) ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่องวัดค่า ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร ยี่ห้อ AQUA LAB รุ่น CX2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

(3) องค์ประกอบทางเคมีในอาหาร (proximate analysis) ตามวิธี AOAC [12]

2.6.3 การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ตามวิธี AOAC [12]

2.7 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) สำหรับสมบัติ ทางกายภาพและเคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่ม

สมบูรณ์ ภายในบล็อก (randomized complete block design) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยทุกขั้นตอนจะทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows Version 23

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การพัฒนาสูตรต้นแบบเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง

การศึกษาสูตรต้นแบบในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง 4 สูตร คือ สูตรนมสด สูตรกะทิ ธัญพืช สูตรน้ำมันข้าวโพด และสูตรนมถั่วเหลือง พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงทั้ง 4 สูตร มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 2.70-3.11 และ 0.23-0.24 มาตรฐานเปียก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brekke และ Allen [13] ที่ศึกษาการทำแห้งกล้วยบดด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยแผ่นกล้วยแห้ง (banana flake) ที่ได้จากการทำแห้งมีความชื้นร้อยละ 2.5 และ 1.75 มาตรฐานเปียก เมื่อตัวอย่างอยู่บนผิวลูกกลิ้งร้อน 20 และ 30 วินาที ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษาของ Meadows

[14] พบว่ากล้วยสุกบดที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 145 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 2.6 มาตรฐานเปียก โดยเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงสูตรนมสดใช้ระยะเวลาในการคั่วตัวสูงสุด คือ 10.61 นาที ซึ่งแตกต่างจากสูตรกะทิธัญพืช สูตรน้ำมันข้าวโพด และสูตรนมถั่วเหลือง ที่มีระยะเวลาในการคั่วตัวอยู่ในช่วง 7.10-8.21 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องจากนมสดมีองค์ประกอบประเภทโปรตีน (ข้อมูลจากฉลากโภชนาการ) 4 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม มากกว่าโปรตีนในกะทิ ธัญพืช (0 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม) น้ำมันข้าวโพด (0.55 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม) และนมถั่วเหลือง (3.56 กรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม) ดังนั้นเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งที่ใช้ความร้อนสูง ทำให้ปริมาณโครงสร้างของโปรตีนเสียสภาพมากกว่า ส่งผลต่อสมบัติในการละลายที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองคั้นรูปโดยละลายในน้ำในอัตราส่วนผงต่อน้ำ 1:4 พบว่าสูตรนมสดและสูตรกะทิธัญพืชให้ค่าความสว่าง (L^*) สูง แต่ให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) ต่ำ ในขณะที่สูตรน้ำมันข้าวโพดและสูตรนมถั่วเหลืองจะให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงกว่า เนื่องจากน้ำมันข้าวโพดมีสีเหลือง

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง 4 สูตร

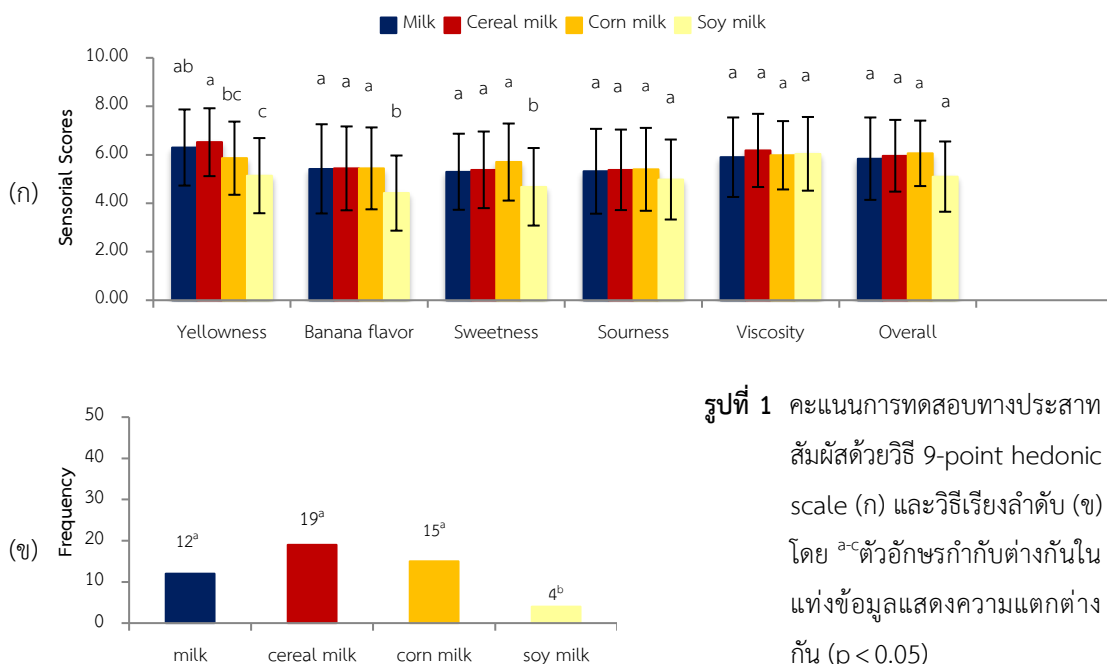
สูตร	ค่าสี			ระยะเวลาในการคั่วตัว (นาที)	ความชื้น (ร้อยละ มาตรฐานเปียก)	ปริมาณน้ำอิสระ
	L^*	a^*	b^*			
นมสด	63.13±1.58 ^a	7.24±0.96 ^{bc}	31.49±0.34 ^b	10.61±1.03 ^a	2.70±0.33 ^b	0.23±0.03 ^a
กะทิธัญพืช	61.53±4.63 ^a	6.40±1.38 ^c	31.23±0.34 ^b	8.21±1.86 ^b	3.11±0.42 ^a	0.24±0.03 ^a
น้ำมันข้าวโพด	58.71±3.49 ^{ab}	8.23±1.08 ^b	33.03±0.55 ^a	7.41±0.48 ^b	2.90±0.09 ^{ab}	0.23±0.03 ^a
นมถั่วเหลือง	56.00±4.64 ^b	9.63±0.25 ^a	33.00±0.89 ^a	7.10±0.83 ^b	2.86±0.33 ^{ab}	0.23±0.03 ^a

^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

อ่อนมีองค์ประกอบอนุภาคเม็ดสี (pigment) จำพวกแคโรทีนประมาณ 1 ใน 3 และมีแซนโทฟิลล์ประมาณ 2 ใน 3 จึงส่งผลให้เกิดสีเหลืองในผลิตภัณฑ์ [15] ส่วนนมถั่วเหลืองมีสีน้ำตาลออกเหลือง

ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงคืนรูป (รูปที่ 1) พบว่าคะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวและความหนืดของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนความชอบด้านสีเหลืองพบว่าสูตรกะทิธัญพืชได้คะแนนสูงที่สุดอยู่ในช่วงระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.52 ± 1.40) แต่มีคะแนนด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรนมสดและสูตรน้ำมันข้าวโพด การทดสอบความชอบโดยวิธีการเรียงลำดับพบว่าสูตรกะทิธัญพืชได้รับการคัดเลือกเป็นลำดับที่ 1 ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืชไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดลองต่อไป



รูปที่ 1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ก) และวิธีเรียงลำดับ (ข) โดย ^{a-c}ตัวอักษรกำกับต่างกันในแท่งข้อมูลแสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

3.2 ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง

สูตรต้นแบบ คือ เครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืช โดยศึกษาปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อปรับรสชาติของเครื่องดื่มกล้วยหอมทอง เนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านรสเปรี้ยวและรสหวานอยู่ในระดับไม่ชอบเล็กน้อยจนถึงระดับเฉย ๆ จึงวางแผนการทดลองแบบ mixture design เพื่อศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ กะทิธัญพืช น้ำเชื่อมฟรุ๊ตโอติก และ

โยเกิร์ต ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 14 สูตร (ตารางที่ 2) ผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของเครื่องดื่มกล้วยหอมทอง พบว่ามีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.06-3.54 มาตรฐานเปียก ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.22-0.26 ใช้ระยะเวลาในการคั้นตัว 7.29-10.25 นาที เนื่องจากลักษณะปรากฏด้านสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงควรมีสีหลังจากคั้นตัวใกล้เคียงกับสีของกล้วยหอมทอง คือ สีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อน หากผลิตภัณฑ์ผงมีสีเข้มอาจมีผลต่อ

การยอมรับในผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค จึงคัดเลือกสูตรจากค่าความสว่าง (L^*) ที่อยู่ในช่วง 75.69-72.32 ซึ่งมี 5 สูตร ที่ให้ค่าความสว่างมากที่สุด คือ สูตรที่ 3, 4, 7, 9 และ 13 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีเหลือง (b^*) ของ

เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง 5 สูตร (สูตรที่ 3, 4, 7, 9 และ 13) พบว่าเมื่อปริมาณของกะทิธัญพืชลดลง ส่งผลให้ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสูตรที่ 9 มีปริมาณกะทิธัญพืชต่ำ จึงมีค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำที่สุด

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมพรีไบโอติก และโยเกิร์ตในของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืช

สูตร	อัตราส่วนของวัตถุดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
	กะทิธัญพืช (45-70)	น้ำเชื่อมพรีไบโอติก (25-50)	โยเกิร์ต (5-30)			
1	57.60	37.40	5.00	69.34±0.26 ^s	9.18±0.16 ^c	36.86±0.31 ^b
2	45.00	31.56	23.44	69.80±0.04 ^s	8.66±0.19 ^d	34.86±0.57 ^c
3	45.21	37.53	17.26	75.69±0.32 ^a	5.69±0.09 ⁱ	30.57±0.35 ^f
4	53.55	33.29	13.16	72.32±0.21 ^d	7.11±0.23 ^s	33.10±0.36 ^{de}
5	57.50	25.00	17.50	71.19±0.36 ^f	7.59±0.15 ^{ef}	34.91±0.50 ^c
6	61.72	28.93	9.35	71.74±0.43 ^e	7.77±0.21 ^e	35.39±0.55 ^c
7	57.60	37.40	5.00	74.74±0.07 ^b	6.23±0.10 ^h	32.43±0.30 ^e
8	45.21	37.53	17.26	71.76±0.20 ^e	7.34±0.23 ^{fg}	33.45±0.58 ^d
9	45.00	50.00	5.00	74.40±0.11 ^b	6.09±0.28 ^h	30.48±0.82 ^f
10	57.50	25.00	17.50	66.73±0.19 ⁱ	10.00±0.20 ^b	37.69±0.56 ^b
11	45.00	25.00	30.00	68.47±0.35 ^h	9.29±0.12 ^c	36.82±0.29 ^b
12	51.30	25.00	23.70	65.82±0.62 ^j	10.47±0.31 ^a	38.65±0.71 ^a
13	49.37	41.88	8.75	72.85±0.28 ^c	7.11±0.14 ^s	33.46±0.59 ^d
14	70.00	25.00	5.00	66.27±0.21 ^{ij}	10.18±0.10 ^{ab}	38.69±0.46 ^a

^{a-j}ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองคีนรูป 5 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสกล้วยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และสูตรที่ 7, 9 และ 13 มีคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสูตรที่ 9 มีคะแนนความชอบด้านสีเหลือง ความเปรี้ยว และรสหวานสูง

ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบสูง คือ สูตรที่ 9 ประกอบด้วยกะทิธัญพืชร้อยละ 45 (คิดเป็น 11.5 กรัมต่อปริมาณส่วนผสม 100 กรัม) น้ำเชื่อมพรีไบโอติกร้อยละ 50 (คิดเป็น 13 กรัมต่อปริมาณส่วนผสม 100 กรัม) และโยเกิร์ตร้อยละ 5 (คิดเป็น 1.5 กรัมต่อปริมาณส่วนผสม 100 กรัม)

ตารางที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องต้มกล้วยหอมทองสูตรกะทิธัญพืชที่ผ่านการคัดเลือก 5 สูตร

สูตร	คุณลักษณะ					
	สี	กลิ่นรสกล้วย	ความหวาน	ความเปรี้ยว	ความหนืด	ความชอบโดยรวม
3	6.34±1.44 ^{ab}	5.64±1.61 ^a	5.72±1.63 ^{ab}	5.72±1.76 ^{ab}	5.90±1.43 ^{ab}	5.70±1.72 ^b
4	6.52±1.56 ^a	5.50±1.43 ^a	5.24±1.73 ^b	5.32±1.91 ^b	5.64±1.66 ^{ab}	5.70±1.73 ^b
7	5.66±1.59 ^c	5.78±1.60 ^a	5.92±1.91 ^a	5.64±1.52 ^{ab}	6.16±1.52 ^a	6.24±1.33 ^a
9	6.62±1.65 ^a	5.90±1.62 ^a	6.06±1.57 ^a	5.96±1.65 ^a	5.88±1.31 ^{ab}	6.50±1.59 ^a
13	5.90±1.42 ^{bc}	5.70±1.72 ^a	6.00±1.77 ^a	5.90±1.66 ^{ab}	6.41±1.29 ^a	6.44±1.89 ^a

^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

3.3 ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

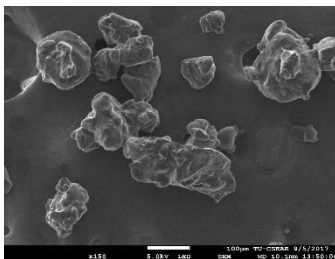
การแปรรูปของลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เครื่องต้มกล้วยหอมทองมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4) และใช้เวลาในการคั่วตัวน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มลดลงและค่าความเป็นสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นฤติ และคณะ [16] ที่ศึกษาการผลิตรสกล้วยหอมทองโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเมลเลชัน (caramelization) เนื่องจากในการทดลองใช้อุณหภูมิในการอบแห้งกล้วยสูง (120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้เครื่องต้มกล้วยหอมทองมีองค์ประกอบของโปรตีนและน้ำตาลรีดิวซ์จึงอาจเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ในระหว่างการอบแห้ง ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลในเครื่องต้มกล้วยหอมทองอาจเกิดจากปฏิกิริยาการเมลเลชันและปฏิกิริยาเมลลาร์ด เมื่อ

พิจารณาปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระพบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระลดลง โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เครื่องต้มกล้วยหอมทองมีความชื้นสูงที่สุด ($p < 0.05$) สอดคล้องกับภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 2) ที่อนุภาคจะมีการเกาะติดกัน เนื่องจากเมื่อมีความชื้นสูงอนุภาคจะเข้ามารวมตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำไปละลายน้ำทำให้ความสามารถในการละลายลดลง [17] ส่วนที่อุณหภูมิลูกกลิ้งในการทำแห้งที่ 150 องศาเซลเซียส เครื่องต้มกล้วยหอมทองใช้เวลาในการคั่วตัวมากที่สุด ($p < 0.05$) เนื่องจากโครงสร้างของอนุภาคจะมีขนาดเล็กและมีความชื้นต่ำ เมื่อนำไปคั่วในรูปในน้ำ ทำให้เกิดลักษณะการจับเป็นกลุ่ม (agglomeration) ของส่วนที่สัมผัสน้ำ แล้วเกิดการพองตัวหุ้มส่วนที่ไม่สัมผัสน้ำและเป็นผงแห้งอยู่ภายใน [18] ส่งผลให้การกระจายตัวของอนุภาคผงแห้งในน้ำไม่ดี ใช้เวลาในการคั่วตัวนาน ส่วนที่อุณหภูมิลูกกลิ้งในการทำแห้ง 140 องศาเซลเซียส อนุภาคจะมีขนาดเล็กและใหญ่รวมกัน จึงใช้เวลาในการคั่วตัวน้อยที่สุด ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ 140 องศาเซลเซียส

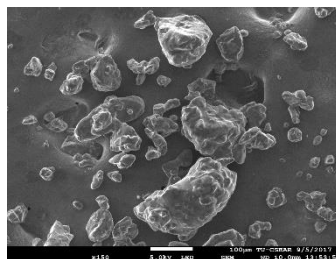
ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเครื่องต้มกล้วยหอมทองผงที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ค่าสี			ระยะเวลาใน การคั่วตัว (นาท)	ความชื้น (ร้อยละ มาตรฐานเปียก)	ปริมาณ น้ำอิสระ
	L*	a*	b*			
130	73.99±0.77 ^b	4.93±0.09 ^b	32.48±0.18 ^b	10.16±1.06 ^{ab}	5.00±0.15 ^a	0.32±0.01 ^a
140	76.56±0.93 ^a	5.17±0.23 ^b	31.45±0.50 ^c	8.61±0.49 ^b	1.44±0.04 ^b	0.24±0.01 ^b
150	67.84±0.25 ^c	8.86±0.26 ^a	35.46±0.90 ^a	11.41±0.89 ^a	1.35±0.07 ^c	0.21±0.02 ^c

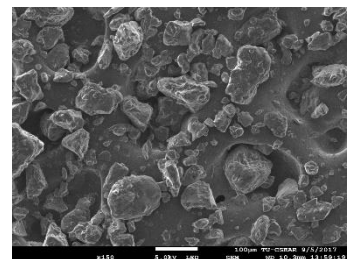
^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2 ภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องต้มกล้วยหอมทองผงที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิลูกกลิ้ง 130 (ก) 140 (ข) และ 150 (ค) องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูง ชนิดฟิลด์อิมิชชัน (FESEM) ที่กำลังขยาย 150x

3.4 ผลของชนิดและปริมาณของสารก่อโคมในการทำแห้งแบบโคม-แมท

นอกจากการทำแห้งอาหารเลวหนืดด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส แล้ว วิธีการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้น เพื่อยังคงรักษาสารให้กลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์ คือ การทำแห้งแบบโคม-แมท จึงศึกษาเปรียบเทียบกรรมวิธีในการทำแห้งเครื่องต้มกล้วยหอมทองผงด้วยการทำแห้งแบบโคม-แมท โดยศึกษาสารก่อโคม 2 ชนิด คือ อัลบูมินจากไข่ขาวและโปรตีนเวย์เข้มข้น ตั้งแต่ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จนกระทั่งเกิดโคม โดยปริมาณสารก่อโคม

สูงสุดที่แนะนำให้เติมในตัวอย่าง คือ ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก [19] ผลการศึกษาพบว่า การเติมอัลบูมินจากไข่ขาวไม่ก่อให้เกิดโคมกับเครื่องต้มกล้วยหอมทอง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการเกิดโคมของน้ำผลไม้ คือ สมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ สัดส่วนของเนื้อผลไม้ ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อโคมให้เกิดโคม [20,21] และจากงานวิจัยของ จันทรเฉิดฉาย [22] รายงานว่าการผลิตน้ำยำนางผงด้วยการทำแห้งแบบโคม-แมท การใช้ไข่ขาวร้อยละ 5 ไม่ทำให้เกิดโคม แต่เกิดโคมได้เมื่อใช้ไข่ขาวร้อยละ 10 และ 15 ดังนั้นจากส่วนผสมของเครื่องต้มกล้วยหอมทองที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ กล้วยหอม

ทอง โยเกิร์ต น้ำเชื่อมพรีไบโอติก และอินูลิน เป็นต้น อาจขัดขวางหรือเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิด โฟมเมื่อใช้อัลบูมินจากไข่ขาวเป็นสารก่อโฟม ส่วนการ เติมโปรตีนเวย์เข้มข้น สามารถทำให้เครื่องตีมกกล้วย หอมทองเกิดโฟม โดยปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดโฟม น้อยที่สุดที่ใช้ได้ คือ ร้อยละ 11 โดยน้ำหนักของ เครื่องตีมกกล้วยหอมทอง ซึ่งโฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัว 0.0025 ± 0.0008 มิลลิลิตรต่อนาที มีความหนาแน่น 0.29 ± 0.03 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีร้อยละการขึ้นฟู 40.39 ± 3.72 ซึ่งการเกิดโฟม ของโปรตีนเวย์เกิดจาก อันตรกิริยาระหว่างอากาศและน้ำโดยแรงกลจากการ ตีปั่นที่รุนแรง ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติ เกิดการคลายตัวของ โครงสร้างโปรตีนเป็นฟิล์มและจับกับน้ำที่อยู่รอบ ๆ ได้ โดยหันด้าน hydrophobic ที่อยู่ด้านในโครงสร้าง ออกมาด้านนอก ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของ โฟม โดยเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่สามารถกักเก็บ อากาศไว้ [23] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thuwapani-chayanan และคณะ [5] ที่ศึกษาลักษณะการทำแห้ง และคุณภาพของกล้วยโดยวิธีโฟม-แมท ซึ่งใช้โปรตีน เวย์เป็นสารก่อโฟม พบว่าโฟมกล้วยที่ใช้โปรตีนเวย์ 5 กรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ได้โฟมมีความเสถียรของ ฟองอากาศ และมีความเป็นรูพรุนของผลิตภัณฑ์สูงกว่าโฟมกล้วยที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองและไข่ขาว ค่าความ หนาแน่นของโฟม กล้วยหอมทองที่ได้ 0.30 ± 0.03 กรัม ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นที่อยู่ในช่วง 0.1-0.6 กรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้โฟมมีความแข็งแรง ไม่ ยุบตัวระหว่างการทำแห้ง ส่งผลให้แห้งเร็ว และ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเปราะ แตกหักง่าย สะดวกต่อ การชูดออกจากถาด

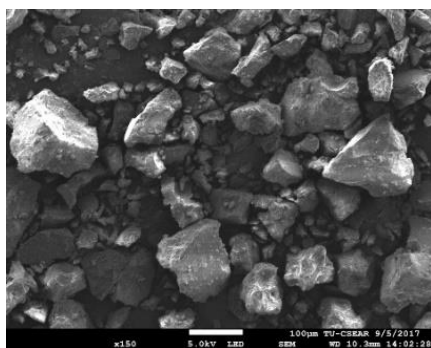
เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพและเคมี ของเครื่องตีมกกล้วยหอมทองที่ผ่านการทำแห้งแบบ โฟม-แมทจากงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 5) พบว่ามีค่าความ

สว่าง (L^*) สูง และมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และสี เหลือง (b^*) ต่ำ เนื่องจากโปรตีนเวย์เข้มข้นที่ใช้เป็นสาร ก่อโฟมมีลักษณะเป็นผงสีครีมอ่อน เมื่อนำไปตีปั่นกับ เครื่องตีมกกล้วยหอมทองในปริมาณสูงทำให้สีของ เครื่องตีมจางลง สำหรับเวลาที่ใช้เวลาในการคินตัว พบว่าน้อยกว่าการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เนื่องจากการทำ แห้งแบบโฟม-แมทเป็นกระบวนการซึ่งอาหารที่เป็น ของเหลวถูกทำให้เกิดเป็นโฟมที่คงตัวโดยการตีปั่น อากาศเข้าไปในอาหารร่วมกับการเติมสารที่ทำให้เกิด โฟม โดยอาหารที่มีลักษณะเป็นโฟมจะช่วยทำให้น้ำ ระเหยออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการ ทำแห้ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จึงมีโครงสร้างที่เป็น รูพรุนสามารถดูดน้ำกลับคืนเร็ว [5] โดยภาพถ่าย ลักษณะพื้นผิวตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องตีมกล้วยหอม ทองผงที่ทำแห้งแบบโฟม-แมท แสดงดังรูปที่ 3 มี ลักษณะเป็นอนุภาคเล็กใหญ่ผสมกัน ไม่เกาะกันเป็น ก้อน ทำให้ง่ายต่อการละลายและการคินรูป

เครื่องตีมกล้วยหอมทองที่ทำแห้งแบบโฟม-แมทมีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.98 มาตรฐานเปียก ซึ่ง

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเครื่องตีม กล้วยหอมทองผงที่ทำแห้งแบบโฟม-แมท ที่ใช้โปรตีนเวย์เข้มข้นเป็นสารก่อโฟม

สมบัติทางกายภาพและเคมี	ผลการทดลองที่ได้
ค่าสี	
L^*	81.69 ± 0.14
a^*	1.43 ± 0.42
b^*	23.77 ± 0.07
ระยะเวลาในการคินตัว (นาที)	3.93 ± 0.03
ความชื้น (ร้อยละมาตรฐานเปียก)	6.98 ± 1.76
ค่าปริมาณน้ำอิสระ	0.35 ± 0.00



รูปที่ 3 ภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงที่ทำแห้งแบบโฟม-แมทและใช้โปรตีนเวย์เข้มข้นเป็นสารก่อโฟมด้วย FESEM กำลังขยาย 150x

เกินจากข้อกำหนดความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท [24] ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดแห้งมีความชื้นอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 6 เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ขั้นตอนการทำแห้งแบบโฟม-แมท ใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) และอุณหภูมิในการอบแห้งไม่สูงมากนัก (60 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง) ซึ่งอ้างอิงอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งจากผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทอง [9] และใช้แก้ววากูมของกึ่งสำเร็จรูป [8] ที่ทำแห้งด้วยวิธีการโฟม-แมท ทำให้น้ำที่อยู่ในอาหารระเหยออกไปได้ไม่ดี ควรศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในงานวิจัยต่อไปในอนาคต ส่วนปริมาณน้ำอิสระพบว่าการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและแบบโฟม-แมท มีค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.21-0.35 สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลำไยผงขงดื่ม [25] ซึ่งระบุว่าจะต้องมีปริมาณน้ำอิสระไม่เกินร้อยละ 0.5

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงที่เตรียมจากสูตรที่ดีที่สุด แล้วนำไปทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 140

องศาเซลเซียส และทำแห้งแบบโฟม-แมทที่ใช้โปรตีนเวย์เข้มข้นเป็นสารก่อโฟม (ตารางที่ 6) พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่ทำแห้งแบบโฟม-แมท มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เนื่องจากมีการใช้โปรตีนเวย์เป็นสารก่อโฟม ส่งผลให้ปริมาณไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลง เนื่องจากส่วนผสมของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองถูกเจือจางด้วยโปรตีนเวย์ที่เติมเข้ามาในสูตร การทำแห้งแบบโฟม-แมททำให้เครื่องดื่มที่ได้มีความชื้นสูงกว่าการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เนื่องจากใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส จึงมีอัตราการระเหยของน้ำจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการอบแห้งต่ำ อย่างไรก็ตาม เครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่ทำแห้งทั้งสองวิธีมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) น้อยกว่า 3×10^2 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเทียบเคียงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง ลำไยผงขงดื่ม ซึ่งกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม [25]

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงที่ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง และแบบโฟม-แมท

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	วิธีการทำแห้ง	
	แบบลูกกลิ้ง	แบบโฟม-แมท
ความชื้น	1.44±0.04 ^b	6.98±1.76 ^a
โปรตีน	1.95±0.24 ^b	18.98±0.68 ^a
ไขมัน	3.42±1.55 ^a	1.19±0.05 ^b
เส้นใย	0.10±0.11 ^b	0.02±0.01 ^a
เถ้า	0.68±0.32 ^a	1.76±0.09 ^b
คาร์โบไฮเดรต	92.41±0.45 ^a	71.07±0.60 ^b

^{a-b} ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่าง (p < 0.05)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 2 วิธี (ตารางที่ 7) พบว่าเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผิวน้ำรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้งได้รับคะแนนด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.60 ± 0.23) สูงกว่าการทำแห้งแบบโฟม-แมทที่ได้รับคะแนนด้านความชอบโดยรวมอยู่ในระดับไม่ชอบปานกลาง (3.43 ± 0.22)

ตารางที่ 7 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองที่ผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและแบบโฟม-แมท

คุณลักษณะ	วิธีการทำแห้ง	
	แบบลูกกลิ้ง	แบบโฟม-แมท
สี	6.53 ± 0.32^a	4.93 ± 0.32^b
กลิ่นรสกล้วย	6.33 ± 0.23^a	3.37 ± 0.23^b
ความหวาน	6.23 ± 0.23^a	3.20 ± 0.23^b
ความเปรี้ยว	6.20 ± 0.29^a	3.23 ± 0.29^b
ความหนืด	5.67 ± 0.29^a	3.93 ± 0.29^b
ความชอบโดยรวม	6.60 ± 0.22^a	3.43 ± 0.22^b

^{a-b}ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวกัน แสดงความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

4. สรุป

การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีในการทำแห้งเครื่องดื่มกล้วยหอมทองเพื่อสุขภาพ สามารถคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผง โดยสูตรที่ดีที่สุดประกอบด้วยกะทิธัญพืช น้ำเชื่อมพรีไบโอติก และโยเกิร์ตร้อยละ 11.5, 13 และ 1.5 ต่อปริมาณส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม คือ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 140 องศา

เซลเซียส เนื่องจากได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงที่ได้มีความชื้นต่ำ มีสีเหลืองผสมน้ำตาลอ่อน ใช้เวลาในการคั้นตัวน้อยที่สุด และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

สำหรับการวิจัยต่อไปในอนาคต คือ การพัฒนารสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงให้ได้รับคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า 7 (คะแนน 7 หมายถึง ชอบปานกลาง จากการทดสอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale) และศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการทำแห้งเครื่องดื่มกล้วยหอมทองผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ท่านสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภายใต้ทุนวิจัยทั่วไป สัญญาเลขที่ 4/2560 และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อการวิจัยขั้นสูง สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับการอำนวยความสะดวกในการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูง ชนิดฟิลด์อิมิสชัน (FESEM)

6. รายการอ้างอิง

- [1] บุญญฤทธิ์ ดิษโสภณ, กล้วยหอม, แหล่งที่มา : <http://share.psu.ac.th/blog/storry457/635> 9, 11 พฤษภาคม 2560.
- [2] วรรณคล เข้มมงคล, 2556, ประโยชน์ของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารทางการแพทย์, ว.ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 8(3): 122-128.
- [3] Chaito, C., Judprasong, K. and Puwastien, P., 2016, Inulin content of fortified food product in Thailand, Food Chem. 193: 102-

- 105.
- [4] เชาวลิต อุปฐาก, 2552, การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 134 น.
- [5] Thuwapanichayanan, R. , Prachayawara korn, S. and Soponronnarit, S., 2008, Drying characteristics and quality of banana foam mat, J. Food Eng. 86: 573-583.
- [6] Cantwell, M. , Banana ripeness chart, Available Source: http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/222603, December 26, 2016.
- [7] สมฤดี ไทพาณิชย์ และปราณี อ่านเปรื่อง, 2556, การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปั่นพาสเจอร์ไรซ์, ว.เทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 9(1): 39-51.
- [8] ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา, 2554, ผลของสารก่อโพรที่มีต่อสมบัติของไอ้ก๋วยเตี๋ยวหลอดงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผสมด้วยโพร-แมท, ว.มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 17(1): 1-12.
- [9] สรศักดิ์ งามสง่า, ญัฎฐา เลหากุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2558, ผลของสารก่อโพรต่อคุณลักษณะของกล้วยหอมอบแห้งแบบโพร-แมท, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 46(3): 429-432.
- [10] Goula, A.M. and Adamopoulos, K.G., 2010, A new technique for spray drying orange juice concentrate, Innov. Food Sci. Emerg. 11: 342-351.
- [11] กฤต บุญยวรรธนะ, 2548, เครื่องตีผงจากผลย่อยผสมผลไม้โดยการทำให้แห้งแบบโพร-แมท, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 69 น.
- [12] AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Gaithersburg, Maryland.
- [13] Brekke, J.E. and Allen, Y., 1966, Banana dehydration, Technical progress report No. 153. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 16 p.
- [14] Meadows, A. B. , 2007, Drum drying of banana pulp on the sorption isotherm and flexible packaging requirement, Nigerian Food J. 25(2): 130-140.
- [15] นิธิยา รัตนานนท์, 2557, เคมีอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 5, หจก. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 น.
- [16] นฤดี พงศ์กิจวิฑูร, สุวิข ศิริวัฒนโยธิน, สายลม สัมพันธ์เวชโสภ และทิพาพร อยู่วิทยา, 2544, ปัจจัยการผลิตกล้วยหอมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน, ว.วิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 24(1): 69-84.
- [17] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และสุเทพ อภินันทจารุพงศ์, 2545, กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ, ว.วิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 25(3): 257-277.
- [18] นันทิยา ญาณสุภาพ, 2550, ผลของแซนแทนกัมและขมิ้นชันผงต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์แกงเขียวหวานไก่แช่แข็ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 80 น.
- [19] Thuwapanichayanan, R., Prachayawara korn, S. , and Soponronnarit, S. , 2012, Effect of foaming agent and foam density

- on drying characteristics and textural property of banana foam, J. Food Sci. Technol. 47: 348-357.
- [20] Bates, R.P., 1964, Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products, Food technol. 18: 93-96.
- [21] ชุตติกาญจน์ อินแก้ว, ธเนศ แก้วกำเนิด, ชนันท ภัทร์ ราชภูริณิยม และกรรพกา อรรถนิตย, 2558, ผลของอัตราส่วนของเนื้ออินทผลัมต่อน้ำและสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพการเกิดโฟมสำหรับการทำแห้งแบบโฟม-แมท, น. 231-241, รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2558, ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติมหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- [22] จันทรเฑธฉาย สังเกตกิจ, 2560, สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำย่านางผงด้วยการทำแห้งแบบโฟมแมท, น. 179-185, การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8, สระบุรี.
- [23] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์, โฟม, แหล่งที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/dehydration-โฟม>, 11 พฤษภาคม 2560.
- [24] กระทรวงสาธารณสุข, 2543, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 118, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ, 7 น.
- [25] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 272/2547) ลำไยผงขงดื่ม, 5 น.