

การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

Production of Freeze-Dried Ivy Gourd Juice Powder

เศรษฐการ นุชนิยม

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ในขั้นตอนแรกได้ศึกษาวิธีการเตรียมโดยการแปรระดับอุณหภูมิและเวลาในการลวกเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ผลการศึกษาพบว่าการลวกผักตำลึงที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ และเมื่อนำน้ำตำลึงไปทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยการแปรปริมาณมอลโตเด็คทรีนที่ใส่เป็น 3 ระดับคือ 4, 6 และ 8% ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการแปรปริมาณมอลโตเด็คทรีนที่ระดับ 8% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดและแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากนั้นได้แปรปริมาณน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 3 และ 5% ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใส่น้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 5% ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดแตกต่างจากที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือนพบว่าปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 1133 เรตินอลต่อ 100 กรัมไม่แตกต่างจากตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราพบว่ามีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ประเภทผงขงดื่ม (มพข. 168/2546)

คำสำคัญ: การทำแห้งแบบเยือกแข็ง เบต้าแคโรทีน การพัฒนา ตำลึง

Abstract

This research was conducted to produce freeze-dried Ivy Gourd juice powder. After cleaning, the Ivy Gourd leaves were blanched at various temperatures and times. The results showed that 95 °C for 2 min is adequate to inhibit enzymes as determined by peroxidase. The blanched leaves were crushed and juice pressed out. Maltodextrin was used as a stabilizer by adding to the extracted juice at the level of 4, 6 and 8g/100 ml. Sensory evaluation indicated that addition of maltodextrin significantly ($p \leq 0.05$) increased overall acceptance of the product with 8% maltodextrin had highest overall acceptance. Sucrose or fructose as a sweetener was

chosen to add to the juice to improve taste at the levels of 3 and 5%. The result showed that addition of fructose at 5% had highest overall acceptance and significantly ($p \leq 0.05$) The shelf life of the product was at least 3 months. The product provides 1133 retinol of β -carotene/100g juice powder with no significant ($p < 0.05$) differences from fresh Ivy Gourd leaves. The Microbiological quantity analysis of the product is within standard range of Thai community product standard.

Keyword: freeze-dried, beta-carotene, development, ivy gourd

1. บทนำ

ตำลึง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coccinia grandis* (L.) Voigt มีชื่อท้องถิ่นว่า *Coccinia indica* Wight & Arnott และมีชื่อสามัญว่า Ivy Gourd อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae เป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียเขตร้อน และแอฟริกาเขตร้อน ในประเทศไทยตำลึงสามารถพบได้ตามไร่หรือที่รกร้าง นิยมปลูกตามบ้านเรือนและสวนครัว โดยทางภาคเหนือเรียกว่า ผักแคบ ทางภาคอีสานเรียกว่า ผักตำนิน และคนกะเหรี่ยงและมอญจะเรียกตำลึงว่า แคเด้า [1] ตำลึงเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จากการวิเคราะห์ผักผลไม้ในประเทศ 196 ชนิด โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่าในใบและยอดตำลึง 100 กรัม มีโปรตีนสูงถึง 3.3 กรัม ซึ่งจัดอยู่ในอันดับที่ 25 ของพืชผักต่าง ๆ เช่น ถั่วฝักยาว ถั่วพู ถั่วแขก และถั่วลันเตา ซึ่งผักเหล่านี้มีโปรตีนน้อยกว่าตำลึง นอกจากนี้ตำลึงยังมีแคลเซียมสูงถึง 126 มิลลิกรัมใน 100 กรัม ซึ่งสูงกว่ากุ่มกูด้าหลายเท่า แคลเซียมช่วยบำรุงกระดูกและฟัน ตำลึงมีธาตุเหล็กสูงถึง 4.6 มิลลิกรัมใน 100 กรัม ช่วยบำรุงเลือดและแก้โลหิตจาง [2] ผักตำลึงยังเป็นแหล่งของวิตามินตามธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินเอ 18,608 หน่วยสากลต่อตำลึงสด 100 กรัม ช่วยบำรุงสายตา มีวิตามินซี 34 มิลลิกรัมใน 100 กรัม ช่วยป้องกันและรักษาโรค

เลือดออกตามไรฟัน นอกจากนี้วิตามินทั้งสองเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและโรคหัวใจขาดเลือด อุดมไปด้วยวิตามินบี 1 บี 2 และบี 3 ช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ปากนกกระจอก บำรุงผิวหนังและช่วยให้ร่างกายใช้ประโยชน์จากอาหารอื่นได้เต็มที่ และมีเส้นใยเป็นกากช่วยให้การขับถ่ายสะดวก [3] วิตามินเอพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น อยู่ในรูปของเรตินอล เรตินอลเอสเทอร์ เรตินาล และกรดเรติโนอิก อาหารที่ได้จากพืชไม่มีวิตามินเอ แต่มีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน สารประกอบแคโรทีนอยด์สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ที่ผนังลำไส้เล็ก ตับ และไต จึงเรียกแคโรทีนอยด์ว่า provitamin A แคโรทีนอยด์พบมากในพืชผักที่มีสีเขียวและสีเหลือง น้ำผลไม้ที่มีสีเหลืองหรือส้มแดง เช่น แครอท ฟักทอง มะละกอสุก มะเขือเทศ ใบคะน้า ใบยอ และใบตำลึง ดังนั้นการบริโภคผักใบเขียว แครอท หรือฟักทองควรผัดด้วยน้ำมันเพื่อให้ร่างกายได้รับแคโรทีนอยด์ดีขึ้น แคโรทีนอยด์ที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด ได้แก่ แอลฟา-แคโรทีน เบต้า-แคโรทีน และแกมมา-แคโรทีน แต่แคโรทีนที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุด คือ เบต้า-แคโรทีน [4]

การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงเอาโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยการระเหิดของน้ำจากสภาพของแข็งกลายเป็นไอ อาหารที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง การระเหิดของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งที่อยู่ต่ำกว่าจุดวิกฤตของก๊าซของเหลว และของแข็ง หรือจุด Triple point ของน้ำ หรือสารละลายในอาหาร [5] ซึ่งการทำแห้งวิธีนี้สามารถรักษาค่าทางอาหารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าการทำแห้งแบบทั่วไป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมการผลิตน้ำคำดอง โดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลวก ปริมาณมอลโตเดกทรีน ชนิด และปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสม ศึกษาอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำคำดอง

2. วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุประสงค์

ผักคำดอง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลฟรุกโตส มอลโตเดกทรีน

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze Dryer) ยี่ห้อ FTS SYSTEMS รุ่น 5000FD2055D เครื่องบดผสมอาหาร เครื่องชั่งน้ำหนัก พีเอชมิเตอร์ เครื่องหาปริมาณน้ำอิสระ เครื่องวัดสี เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก อุปกรณ์เครื่องครัวต่าง ๆ เช่น หม้อ ทัพพี จาน ช้อน ถ้วยชิม เป็นต้น

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 ศึกษาวิธีการเตรียมคำดองและสภาวะที่เหมาะสมในการลวก (Blanching)

การเตรียมวัตถุดิบ โดยนำผักคำดองมาคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนใบที่มีสีเขียวไม่มีตำหนิ เช่น รอยด่าง หรือรอยไหม้ นำไปล้างน้ำให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรง หั่นขนาดความยาว 0.5 เซนติเมตร นำมาลวกโดยการแปรอุณหภูมิการลวกเป็น 3 ระดับ คือ 85, 90 และ 95 องศาเซลเซียส อัตราส่วนน้ำ 1 ลิตร ต่อปริมาณผักคำดอง 500 กรัม และแปรเวลาในการลวกเป็น 5 ระดับคือ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที หลังจากลวกเสร็จนำไปแช่ในน้ำเย็นทันที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่า Peroxidase test เพื่อเลือกเวลาที่เหมาะสมในการยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ในการลวกการทดสอบค่า Peroxidase test ทำได้โดยนำแก้วอะคอล (Guaiacol) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสีมาทำปฏิกิริยากันโดยใช้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสจากผักเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถ้าเอนไซม์จากผักยังเหลืออยู่ (active) ก็จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลแดงขึ้นซึ่งสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน

การประเมินผล :ทดสอบค่า Peroxidase test

2.3.2 ศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกทรีนที่เติมต่อค่าทางกายภาพ

นำผักคำดองที่ผ่านการลวกด้วยสภาวะที่เหมาะสมไปตีปั่นด้วยเครื่องบดผสมอาหารด้วยอัตราส่วนน้ำ 500 มิลลิลิตรต่อคำดอง 250 กรัมปั่นนาน 2 นาทีโดยใช้ความเร็วระดับ 2 คั่นแยกกากออกนำน้ำใบคำดองที่ได้มา เติมมอลโตเดกทรีนโดยแปรปริมาณมอลโตเดกทรีนเป็น 3 ระดับคือ 6, 4 และ 8% (w/v) นำน้ำคำดองมาใส่ในภาชนะสำหรับทำแห้งแบบเยือกแข็ง เปิดสวิทช์เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze Dryer) ใช้โปรแกรมทำแห้งแบบ Manual โดยตั้งอุณหภูมิแช่

เยือกแข็งไว้ที่ -30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงเมื่อครบตามเวลาที่กำหนดจึงทำการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นครั้งละ 5 องศาเซลเซียสทุก ๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 25 องศาเซลเซียสจึงปิดเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งนำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งแล้วออกมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh ใส่ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดผนึก นำไปดำเนินการขั้นต่อไป

การประเมินผล : วัดค่าพีเอช การละลาย ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น

2.3.3 ศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานต่อผลิตภัณฑ์น้ำตาลผง

คัดเลือกน้ำตาลผงจากการทดลองข้อ 2.3.2 ที่ได้รับการยอมรับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาละลายน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสโดยใช้อัตราส่วนผงน้ำตาล 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร แล้วนำมาผสมสารให้ความหวาน โดยแปรชนิดของสารให้ความหวาน 2 ชนิดคือน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตสและแปรปริมาณสารให้ความหวานเป็น 2 ระดับคือ 3 และ 5 % (w/v)

การประเมินผล : โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-Points hedonic scales

2.3.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำตาลผง

นำน้ำตาลผงสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการทดลองข้อ 2.3.3 มาใช้ในการเตรียมน้ำตาลผง โดยนำมาทำแห้งแบบเยือกแข็งตามขั้นตอนข้อ 2.3.2 หลังจากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน (PE) และถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นสุ่มตรวจตัวอย่างทุก 1 เดือนเป็นเวลา 3 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบ

Randomized complete block design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

การประเมินผล : วัดค่าสี (L a b) การละลาย ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้นและการทดสอบทางประสาทสัมผัสประเมินคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รส ลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-Points Hedonic Scales ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน

2.3.5 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในด้านปริมาณเบต้าแคโรทีน

นำน้ำตาลผงที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ 3 เดือนส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยวิธี HPLC Method (Department of Medical science and department Medical Science Foundation National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2003)

2.3.6 สถิติที่ใช้ในการประเมิน

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design สำหรับด้านเคมีและกายภาพ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาวิธีการเตรียมน้ำตาลและสภาวะที่เหมาะสมในการลวก(Blanching)

การแปรรูปอุณหภูมิการลวกผักตำลึงเป็น 3 ระดับ คือ 85, 90 และ 95 องศาเซลเซียสและแปรรูปเวลา

ในการลวกเป็น 5 ระดับคือ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาทีผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกตำลึง กับการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	85	90	95
1	+++++	++++	+
2	++++	+++	-
3	+++	++	-
4	++	+	-
5	+	-	-

หมายเหตุ + หมายถึง เกิดสีน้ำตาลแดงในการทดสอบแสดงว่ามีการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส จำนวนเครื่องหมายที่มากขึ้น แสดงความเข้มของสี

- หมายถึง ไม่เกิดสีน้ำตาลแดงแสดงว่าไม่มีการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกผักตำลึงมีผลต่อการทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการลวก จะทำให้ความเข้มของสีน้ำตาลแดงในการทดสอบลดลง (จำนวนเครื่องหมายบวกลดลง) ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาในการลวกที่นานขึ้นจะสามารถทำลายเอนไซม์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มอุณหภูมิจาก 90 เป็น 95 องศาเซลเซียสจะเพิ่มประสิทธิภาพการลวกได้ดีกว่าการเพิ่มอุณหภูมิจาก 85 เป็น 90 องศาเซลเซียส การลวกที่ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานถึง 5 นาที ยังไม่เพียงพอต่อการทำลายเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ถึงแม้ว่าการลวกที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จะเพียงพอต่อการทำลายเอนไซม์ แต่การเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95 องศาเซลเซียสสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการลวกได้ดีขึ้นมาก คือ ใช้เวลาในการลวกเพียง 2 นาทีก็เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ และจากการสังเกต

ลักษณะของผักตำลึงที่ได้ พบว่าทำให้มีสีเขียวเข้ม สวยงามกว่าการใช้เวลานาน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการลวกผักบรอกโคลี [6] ซึ่งพบว่าการลวกโดยใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นดีกว่าอุณหภูมิต่ำระยะเวลาสั้นทั้งในแง่คุณภาพของผักและการทำลายเอนไซม์ ส่วนการลวกผักตำลึงที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที [7] ก็พบว่าเพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้การลวกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ก่อนนำผักตำลึงไปใช้ในการสกัดน้ำ การให้ความร้อนในการลวก ถึงแม้ว่าจะมีการทำลายสารอาหารก็ตาม แต่ก็มิใช่ข้อดีมากมาย เช่น ช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ติดมากับพื้นผิวของอาหาร การลวกผักก่อนการอบหรือสับจะช่วยรักษาวิตามินซีไว้ได้ [8] แต่มีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการลวก เช่น ชนิดของผักและผลไม้ รวมทั้งความแก่-อ่อน ขนาดชิ้นของอาหาร

อุณหภูมิในการลวก วิธีการให้ความร้อน เป็นต้น [5] ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบว่าสถานะที่ใช้ในการลวกเพียงพอหรือไม่โดยการทดสอบเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ง่ายและทนความร้อนมากกว่าเอนไซม์ตัวอื่น ๆ จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การลวกได้ วัตถุประสงค์ประเภทผัก และผลไม้ที่จะนำไปแปรรูปด้วยวิธีการทำแห้ง หรือแช่เยือกแข็ง จำเป็นต้องผ่านกระบวนการลวกก่อน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ใน

กระบวนการอบแห้ง และแช่เยือกแข็งไม่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น กลิ่น สี และรสชาติในระหว่างการเก็บรักษาได้ [9]

3.2 ผลการศึกษาปริมาณมอลโตเดกทรินที่เติมต่อค่าทางกายภาพ

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณมอลโตเดกทรินที่เติมในน้ำคำลึงต่อปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น พีเอชและการละลายของน้ำคำลึงหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็ง

	ปริมาณมอลโตเดกทริน (%)		
	4	6	8
ปริมาณน้ำอิสระ	0.371 ^a ±0.01	0.302 ^b ±0.00	0.165 ^c ±0.00
ความชื้น (%)	6.38 ^a ±0.20	5.37 ^b ±0.20	3.49 ^c ±0.20
พีเอช	7.90 ^a ±0.00	7.82 ^b ±0.02	7.72 ^c ±0.01
การละลาย (วินาที)	44.5 ^a ±6.36	36.00 ^b ±2.82	25.50 ^c ±2.12

หมายเหตุ a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองใช้มอลโตเดกทรินที่มีค่า DE 10 เป็นสารช่วยในการทำแห้ง (Drying aid) น้ำคำลึงผง พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกทรินจาก 4% เป็น 6 และ 8% มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น พีเอช และการละลายของน้ำคำลึงผงหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 การเพิ่มมอลโตเดกทรินหรือสารช่วยในการทำแห้งมีผลให้น้ำคำลึงหรือผลไม้ผงมีค่า Glass transition temperature (T_g) ที่สูงขึ้น [10] สามารถทำแห้งได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าความชื้นของน้ำคำลึงผงที่ลดลงมากขึ้นจาก 6.38 เป็น 5.37 และ 3.49% ตามลำดับ การลดลงของความชื้นหรือปริมาณน้ำใน

น้ำคำลึงผงส่งผลโดยตรงให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยลดลงจาก 0.37 เป็น 0.30 และ 0.16 ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับการเติมมอลโตเดกทริน 8% มีผลให้ปริมาณน้ำอิสระในน้ำคำลึงผงลดลงอย่างมากเหลือเพียง 0.16 การที่ตัวอย่างอาหารมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำลงจากการทำแห้ง จะช่วยให้สามารถเก็บอาหารได้นานโดยไม่เน่าเสียจากจุลินทรีย์ [5] การใช้มอลโตเดกทรินเป็นสารช่วยในการทำแห้งยังมีผลต่อค่าพีเอชของน้ำคำลึงผง โดยการเติมมอลโตเดกทรินมากขึ้นในระดับ 4, 6 และ 8% มีผลให้น้ำคำลึงมีค่าพีเอชลดลงเป็น 7.90, 7.82 และ 7.72 ตามลำดับ การใช้มอลโตเดกทรินเป็นสารช่วยในการทำแห้งมีผลให้ T_g

ของระบบเพิ่มขึ้น [11] การที่น้ำค้ำลิ้งผงมีค่า T_g ที่สูงขึ้นทำให้ดูดความชื้นได้น้อยลง (Hygroscopicity) จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ไหลได้ง่าย (Flowability) นอกจากนี้ยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์ผงละลายได้ง่ายขึ้น

(Solubility) ดังนั้นจึงเลือกน้ำค้ำลิ้งที่แปรปริมาณมอลโตเดกทรีนเท่ากับ 8% ใช้ในการทดลองต่อไป

3.3 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานต่อผลิตภัณฑ์ผงค้ำลิ้ง

ตารางที่ 3 ผลของชนิดและปริมาณสารให้ความหวานที่เติมในน้ำค้ำลิ้งผงที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point hedonic scale

คุณลักษณะ	ชนิด และปริมาณสารให้ความหวาน			
	ซูโครส 3%	ซูโครส 5%	ฟรุกโตส 3%	ฟรุกโตส 5%
ลักษณะปรากฏ	5.83 ^a ±1.46	5.86 ^a ±1.77	5.83 ^a ±1.64	6.06 ^b ±1.25
สี	6.06 ^b ±1.52	5.73 ^a ±1.87	5.73 ^a ±1.59	6.16 ^b ±1.39
กลิ่น	5.10 ^a ±2.00	4.90 ^a ±1.90	5.13 ^a ±1.88	5.63 ^b ±1.77
รสชาติ	5.53 ^a ±1.85	5.83 ^a ±1.83	5.40 ^a ±1.88	6.20 ^b ±1.49
ความหวาน	5.36 ^a ±1.75	5.83 ^a ±1.74	5.83 ^a ±1.87	6.73 ^b ±1.48
ความชอบโดยรวม	5.93 ^a ±1.63	6.20 ^a ±1.34	5.86 ^a ±1.67	6.80 ^b ±1.24

หมายเหตุ a, b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า การเติมน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตสในน้ำค้ำลิ้งผงที่ระดับ 3% ให้ระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความหวานและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยระดับคะแนนอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย (คะแนน 5 ถึง 6) การที่ระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความหวานของน้ำค้ำลิ้งในตัวอย่างทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอาจเกิดจากปริมาณการเติมน้ำตาลค่อนข้างต่ำคือเพียง 3% เท่านั้น ทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบในระดับความหวานที่ไม่แตกต่างกัน อีกสาเหตุหนึ่งก็คือผู้ทดสอบแต่ละคนให้ระดับคะแนนความชอบที่แตกต่างกันมากดังจะเห็นได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างสูง (1.87 และ 2.00) ทำให้เมื่อ

วิเคราะห์ค่าทางสถิติแล้วความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ การเพิ่มปริมาณน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตสจาก 3% เป็น 5% มีแนวโน้มให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีระดับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความหวาน ทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกชอบมากขึ้นส่งผลให้ระดับคะแนนในด้านอื่น ๆ เช่น ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงขึ้นไปด้วย แต่การเพิ่มระดับน้ำตาลซูโครสจาก 3% เป็น 5% มีผลให้ระดับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่การเพิ่มระดับน้ำตาลฟรุกโตสจาก 3% เป็น 5% มีผลให้ระดับคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ สูงขึ้นอย่างมีนัยทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจอธิบายได้จากระดับความหวานของน้ำตาลฟรุกโตสที่สูงมากกว่าน้ำตาลซูโครสทำให้การเพิ่มในระดับที่เท่ากัน ส่งผล

ให้ตัวอย่างที่ใส่น้ำตาลฟรุกโตสหวานมากขึ้นมากกว่า น้ำตาลซูโครส และผู้ทดสอบมีแนวโน้มที่จะชอบ ตัวอย่างที่หวานมากขึ้นจึงให้ระดับคะแนนความชอบ ในตัวอย่างที่เติมน้ำตาลฟรุกโตส 5% มากที่สุด ดังนั้น จึงเลือกน้ำตาลฟรุกโตสในระดับ 5% ไปใช้ในการศึกษาขั้นถัดไป

3.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ คำลึงผง

จากการนำน้ำคำลึงผงที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยใช้หมอลโตะเดททรินเท่ากับ 8% เป็นสารช่วยในการทำแห้ง จากนั้นเติมน้ำตาลฟรุกโตส 5% มาบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) และถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสทุก 1 เดือนเป็นเวลา 3 เดือนได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลของระยะเวลาการเก็บคำลึงผงในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ (ALU) และถุงโพลีเอทิลีน (PE) ที่อุณหภูมิห้องต่อพีเอช ปริมาณน้ำอิสระและความชื้น

เดือนที่	ค่าพีเอช		ค่าปริมาณน้ำอิสระ		ความชื้น (%)	
	ALU	PE	ALU	PE	ALU	PE
0	7.70 ^c ±0.00	7.70 ^c ±0.00	0.227 ^a ±0.00	0.227 ^a ±0.00	3.013 ^a ±0.00	3.013 ^a ±0.00
1	7.74 ^d ±0.00	7.77 ^d ±0.01	0.240 ^b ±0.01	0.243 ^b ±0.01	3.039 ^b ±0.02	4.093 ^b ±0.00
2	7.54 ^b ±0.01	7.41 ^b ±0.01	0.278 ^c ±0.00	0.281 ^c ±0.01	3.068 ^b ±0.00	4.954 ^c ±0.00
3	7.40 ^a ±0.02	7.27 ^a ±0.02	0.287 ^d ±0.00	0.339 ^d ±0.00	3.032 ^b ±0.02	5.151 ^d ±0.03

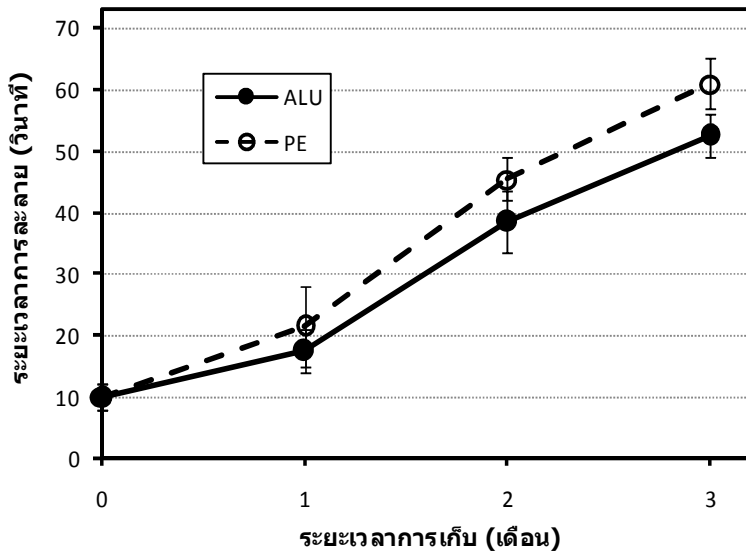
หมายเหตุ a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของน้ำคำลึงผงที่เก็บในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน (ตารางที่ 4) พบว่าค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลง แต่ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระและค่าการละลาย (รูปที่ 1) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด แต่ตัวอย่างที่บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงรวดเร็วกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ป้องกันการซึมผ่านของน้ำและก๊าซต่าง ๆ ได้ดีกว่าถุงโพลีเอทิลีนรวมทั้งสามารถป้องกันแสงได้ด้วย [12] ทำให้ปกป้องผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า การที่น้ำและก๊าซสามารถผ่านเข้าออกในถุงโพลีเอทิลีนได้ ถึงแม้ว่าจะ

เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่จะมีผลให้น้ำคำลึงผงมีความชื้นสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากเมื่อเริ่มต้น น้ำคำลึงผงมีความชื้นประมาณ 3.01% แต่เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน น้ำคำลึงผงที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 5.15% ในขณะที่น้ำคำลึงผงที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์มีความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 3.03% เท่านั้น การที่ตัวอย่างดูดซับความชื้นไว้จะมีผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าสูงขึ้น [13] ดังจะเห็นได้จากน้ำคำลึงผงที่เก็บใน ถุงโพลีเอทิลีนมีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นจาก 0.227 เป็น 0.339 ในขณะที่น้ำคำลึงผงที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นจาก 0.227 เป็น 0.287 เท่านั้น ปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อเสถียรภาพ

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ทั้งทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัส [13] การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระทำให้ความสามารถในการละลายของน้ำตาลลดลง กล่าวคือเมื่อเก็บน้ำตาลไว้นานขึ้นจะทำให้ใช้เวลาใน

การละลายเพิ่มมากขึ้นตามลำดับโดยแนวโน้มน้ำตาลที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนจะใช้เวลาในการละลายนานกว่าน้ำตาลที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมพอยล์เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาที่เท่ากันดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลของระยะเวลาการเก็บน้ำตาลในถุงลามิเนทอลูมิเนียมพอยล์ (ALU) และถุงโพลีเอทิลีน (PE) ที่อุณหภูมิห้องต่อการละลาย

ตารางที่ 5 ผลของระยะเวลาการเก็บน้ำตาลในถุงลามิเนทอลูมิเนียมพอยล์ (ALU) และถุงโพลีเอทิลีน (PE) ที่อุณหภูมิห้องต่อค่าสี

เดือน ที่	L		a		b	
	ALU	PE	ALU	PE	ALU	PE
0	59.50 ^a ±0.01	59.50 ^a ±0.01	-15.64 ^a ±0.05	-15.64 ^a ±0.05	20.77 ^d ±0.08	20.77 ^c ±0.08
1	61.71 ^b ±0.07	60.38 ^b ±0.05	-14.53 ^b ±0.04	-14.37 ^b ±0.08	19.85 ^b ±0.04	20.15 ^b ±0.04
2	61.76 ^b ±0.18	62.95 ^c ±0.02	-13.15 ^c ±0.03	-11.71 ^c ±0.09	19.50 ^a ±0.05	16.93 ^a ±0.08
3	62.95 ^c ±0.06	63.18 ^d ±0.05	-13.10 ^c ±0.05	-11.70 ^c ±0.05	20.03 ^c ±0.04	16.97 ^a ±0.02

หมายเหตุ a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (L a และ b) ในตัวอย่างที่เก็บ

ในถุงโพลีเอทิลีนมีมากกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมพอยล์ เมื่อเก็บน้ำตาลไว้นานขึ้นจะพบว่า

ตัวอย่างจะมีค่าความสว่างมากขึ้น (ค่า L สูงขึ้น) มีสีเขียวน้อยลง (ค่า a ต่ำลง แต่ค่าเป็นลบ ดังนั้นหมายถึงสีเขียวซีดจางลงเมื่อเก็บนานขึ้น) และมีสีเหลืองน้อยลง (ค่า b ต่ำลง ดังนั้นหมายถึงสีเหลืองซีดจางลงเมื่อเก็บนานขึ้น) ซึ่งอาจเกิดจากการOxidationจากอากาศหรือแสงที่แทรกผ่านภาชนะบรรจุที่ต่างกันจึงทำให้มีการสลายตัวของสารสีเขียว ได้แก่ คลอโรฟิลล์ และสารสีเหลือง ได้แก่ แคโรทีน ในตำลึงผง ทำให้

เกิดความซีดจางลงของสีและตัวอย่างมีความสว่างมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจใช้ทฤษฎีของค่า T_g อธิบายได้ [10] คือ T_g ของตัวอย่างที่เก็บในถุงโพลีเอทิลีนมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงสูงกว่าหรือเสถียรภาพทางกายภาพจึงต่ำกว่าตัวอย่างที่เก็บในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์

ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาการเก็บตำลึงผงในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ (ALU) ที่อุณหภูมิห้องต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-Point hedonic scale

คุณลักษณะ	คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ			
	เดือนที่ 0	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.07 ^b ±1.48	6.00 ^a ±1.20	6.40 ^d ±1.13	6.37 ^c ±1.40
สี	6.10 ^b ±1.54	5.90 ^a ±1.40	6.43 ^d ±1.45	6.27 ^c ±1.36
กลิ่น	5.43 ^c ±1.63	5.23 ^a ±1.99	5.36 ^b ±1.37	5.46 ^d ±1.52
รส	5.76 ^a ±1.79	6.16 ^c ±1.46	6.13 ^b ±1.50	5.76 ^a ±1.90
ความหวาน	5.73 ^c ±1.59	6.23 ^d ±1.67	5.60 ^a ±1.97	5.63 ^b ±1.90
ความชอบโดยรวม	6.26 ^b ±1.25	6.36 ^d ±1.35	6.33 ^c ±1.09	6.20 ^a ±1.21

หมายเหตุ a, b, c, d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวบนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่า การเก็บตำลึงผงในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์เป็นเวลา 3 เดือน ผลิตภัณฑ์ยังได้รับระดับคะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนน 6.2) โดยที่

ระดับความชอบในด้านลักษณะปรากฏและสีอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนระดับความชอบในด้านกลิ่น รส และความหวานอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย

ตารางที่ 7 จำนวนจุลินทรีย์ ยีสต์และรา ในผลิตภัณฑ์ตำลึงผงที่บรรจุในถุงลามิเนทอลูมิเนียมฟอยล์ (ALU) และถุงโพลีเอทิลีน (PE) เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน

ประเภทของจุลินทรีย์	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)		
	ALU	PE	ข้อกำหนดในมาตรฐาน*
จุลินทรีย์ทั้งหมด	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่เกิน 1×10^3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
ยีสต์	ไม่พบ	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 โคลโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
รา	ไม่พบ	ไม่พบ	น้อยกว่า 10 โคลโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

หมายเหตุ *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.168/2546)

ตารางที่ 8 ปริมาณเบต้าแคโรทีนในตำลึงสดและผลิตภัณฑ์น้ำตำลึงผงหลังจากเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิเนยพอยล์เป็นเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (dry basis)

ตัวอย่าง	ปริมาณเบต้าแคโรทีนไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินอลต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ^{ns}
ตำลึงสด	1213±26
ตำลึงผง	1133±50

หมายเหตุ ns ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เนื่องจากน้ำตำลึงผงที่ผลิตได้เป็นอาหารแห่งที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.5 จึงไม่น่าที่จะมีปัญหาการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ และรา เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิห้องในอุณหภูมิเนยพอยล์และถุงโพลีเอทิลีน (ตารางที่ 7) ก็ยังคงตรวจไม่พบจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในตัวอย่าง 1 กรัม ดังนั้นน้ำตำลึงผงที่ผลิตได้มีความปลอดภัยในการบริโภคจากเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถเก็บไว้ได้นาน 3 เดือน โดยที่ยังมีความปลอดภัยในการบริโภคจากเชื้อจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [14] นอกจากนี้แล้วในการศึกษาครั้งนี้ยังได้วิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนของตำลึงสดและผลิตภัณฑ์ตำลึงผงซึ่งพบว่าไม่มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ประมาณ 1133 เรตินอลต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 8

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปัจจัยด้านต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำให้แบบเยือกแข็ง ได้ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาวิธีการเตรียมและสภาวะที่เหมาะสมในการลวก (Blanching) พบว่า การลวกผักตำลึงที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาทีเพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออก-

ซิเดสได้ โดยพิจารณาจากสีน้ำตาลแดงที่เกิดขึ้นในการทดสอบ จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกัวอะคอล (Guaiacol) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี โดยมีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นเตตราอะคอล (Tetraguaiacol) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง

ส่วนผลการนำน้ำตำลึงที่เตรียมได้ไปเติมมอลโตเดกทริน โดยแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ คือระดับ 4, 6 และ 8% จากนั้นนำไปทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่าตำลึงผงที่ได้มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) เท่ากับ 0.371, 0.302 และ 0.165 ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 6.386, 5.379 และ 3.494 มีค่าพีเอชเท่ากับ 7.90, 7.82 และ 7.72 และมีค่าการละลายเท่ากับ 44.5, 36.0 และ 25.50 วินาที ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมตัวอย่างที่ได้มอลโตเดกทริน 8% สูงที่สุด โดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.66 คะแนน)

2. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความหวานต่อผลิตภัณฑ์ตำลึงผงเมื่อแปรชนิดสารให้ความหวาน 2 ชนิดคือน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลฟรุกโตสและแปรปริมาณสารให้ความหวาน 2 ระดับคือ 3 และ 5 % เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในตัวอย่างที่

เติมน้ำตาลฟรุกโตสที่ระดับ 5% สูงที่สุด โดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.80 คะแนน) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่มีการใส่มอลโตเดทรีน 8% น้ำตาลฟรุกโตส 5% ไปใช้ในการผลิตน้ำตาลถึงผงต่อไป

3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำตาลถึงผงและคุณค่าทางโภชนาการในด้านเบต้าแคโรทีน พบว่าน้ำตาลถึงผงที่เก็บไว้ในถุงชนิดลามิเนตออลูมิเนียมฟอยล์ มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าน้ำตาลถึงผงที่เก็บไว้ในถุงชนิดโพลีเอทิลีน และเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ตัวอย่างที่เก็บไว้เป็นเวลา 3 เดือน มีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 1133 เรตินอลต่อ 100 กรัม ไม่แตกต่างจากน้ำตาลถึงผงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนความปลอดภัยในการบริโภคด้านจุลินทรีย์ พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 168/2546)

5. ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองนี้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นค่อนข้างต่ำเนื่องจากน้ำตาลถึงผงมีกลิ่นเฉพาะที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับคือกลิ่นเหม็นเขียวการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาจจำเป็นต้องลดกลิ่นลงโดยการใส่กลิ่นหอมจากผักผลไม้ชนิดอื่นเสริม เช่น ใบเตย หรือส้มเป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัยของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่กรุณาเปิดโอกาสให้ทำวิจัยและจัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ อ.ดร. วิไลลักษณ์ ชัยสิทธิ์ ที่กรุณา

เป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัยและช่วยแก้ไขรูปเล่มเนื้อหาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ และขอขอบคุณ รศ.ดร. วราภรณ์ สมพงษ์ที่ให้คำแนะนำในการเพิ่มเติมและแก้ไขเนื้อหาในเล่ม ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กรุณาให้ใช้สถานที่ เครื่องมือในการทดลองตลอดจนเพื่อนร่วมงานทุก ๆ คนที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] โชติอนันต์ อินทุไสตระกุล, สมุนไพรรไทย, ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ, 2551.
- [2] สุทธิชัย ปทุมล่องทอง, เค็ลล์คลับสมุนไพรรไทย, ธารบัวแก้ว, นนทบุรี, 2543.
- [3] ศรีนรา แม่เริาะ, บทความวิทยุรายการสาระความรู้ทางการเกษตร ประจำวันจันทร์ที่ 27 พฤษภาคม 2545 “เรื่อง น้ำตาลเป็นโรค” [ออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio44-45/4445_0033.htm, [4 พฤษภาคม 2552], 2545.
- [4] นิธิยา รัตนาปนนท์, เคมีอาหาร, โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ, 2545.
- [5] Fellows, P., Food Processing Technology, Principles and Practice. 2nd ed, Woodhead, Cambridge, 2000.
- [6] Munyaka, A.W., Oey, I., Loey, A.V., and Hendrickx, M., Application of Thermal Inactivation of Enzymes During Vitamin C Analysis to Study the Influence of Acidification, Crushing and Blanching on Vitamin

- C Stability in Broccoli (*Brassica oleracea* L var. *italica*), Food Chemistry, Vol. 120, pp.591-598, 2010.
- [7] ปิยนุช ชีราชเกื้อกูล, การผลิตและคุณภาพของผงพืชสกัดจากใบตำลึง, วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า คุนทหารลาดกระบัง, 2545.
- [8] Yamaguchi, T., Katsuda, M., Oda, Y., Terao, J., Kanazawa, K., Oshima, S., Inakuma, T., Ishiguro, Y., and Matoba, T., Influence of Polyphenol and Ascorbate Oxidases During Cooking Process on the Radical-Scavenging Activity of Vegetables, Food Science and Technology Research, Vol. 9(1), pp. 79-83, 2003.
- [9] วิไล รังสาดทอง, เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร, พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัทเท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2545.
- [10] Roos, Y.H., Glass Transition-Related Physicochemical Changes in Foods, Food Technology, Vol. 49, pp. 97-102, 1995.
- [11] De Oliveira, M.A., Maia, G.A., de Figueiredo, R.W., de Souza, A.C.R., de Brito, E.S., and de Azeredo, H.M.C., Additional of Cashew Tree Gum to Maltodextrin-based Carriers for Spray Drying of Cashew Apple Juice, International Journal of Food Science and Technology, Vol. 44, pp. 641-645, 2009.
- [12] Emblem, A., Predicting Packaging Characteristics to Improve Shelf-life, In *The Stability and Shelf-life of Food*; Kilcast, D. and Subramaniam, P., Eds; CRC, Boca Raton, FL, 2000.
- [13] Kilcast, D., and Subramaniam, P., Introduction. In *The Stability and Shelf-life of Food*; Kilcast, D. and Subramaniam, P., Eds; CRC, Boca Raton, FL. 2000.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, ระเบียบพวงธงดื่ม มผช, 168, 2546.