

รายงานจำนวนผลงานวิชาการของอาจารย์ประจำหลักสูตร
หลักสูตรวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร ประจำปี 2563

ชื่อ-นามสกุล	ชื่อผลงาน	แหล่งเผยแพร่/ตีพิมพ์	ค่าน้ำหนัก
ผศ.อัญชลินทร์ สิงห์คำ	อินทรา ลิจันทรพร, นันทชนก นันทะไชย, ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, อัญชลินทร์ สิงห์คำและประดิษฐ์ คำหนองไผ่. ผลของเพคตินจากเปลือกแตงโมต่อคุณภาพของแยมกระเจี๊ยบแดง (HibiscussabdariffaL.).	Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Vol 19, Issue 1, 2020 Vol. 19, January - June ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online) (Page,64-73)	0.6
ผศ.ประดิษฐ์ คำหนองไผ่	อินทรา ลิจันทรพร, นันทชนก นันทะไชย, ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์, อัญชลินทร์ สิงห์คำและประดิษฐ์ คำหนองไผ่. ผลของเพคตินจากเปลือกแตงโมต่อคุณภาพของแยมกระเจี๊ยบแดง (HibiscussabdariffaL.).	Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Vol 19, Issue 1, 2020 Vol. 19, January - June ISSN: 1686-8420 (Print), 2651-2289 (Online) (Page,64-73)	0.6
	Nanthachai, N., Lichanporn, I., Tangnurat, P, and Khamnongphi, P., Development of Pumpkin Powder Incorporated Instant Noodles.	Current Research in Nutrition and Food Science. Vol 8, Issue 2, (2020)	1
	อินทรา ลิจันทรพร ประดิษฐ์ คำหนองไผ่ ธิวากร ลำเทียน และรัชตะ พิมพ์ทอง. 2564. ผลของสารเคลือบผิวอัลจิเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้า.	Proceedings การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 8 “วิทยาศาสตร์วิจัย นวัตกรรม น้อมนำศาสตร์พระราชา เพื่อพัฒนาประเทศ” 28 มีนาคม 2564(รูปแบบออนไลน์). ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. หน้า 470-477.	0.2
ผศ.วัฒนา วิรุฒนิกร	Wirivutthikorn, W. 2020. APPROPRIATE RATIOS OF OKRA JUICE AND PANDAN LEAF JUICE ON SPORT DRINK PROCESSING.	International Journal of GEOMATE. Aug., 2020, Vol.19, Issue 72pp. 20 – 27 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O)	1
	วัฒนา วิรุฒนิกร. 2563. อัตราส่วนที่เหมาะสมของผงเมือกเมล็ดแมงลักต่อผลิตภัณฑ์ขอสกัดไทยเสริมเศษปลาหมึก.	วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 51 : 1 (พิเศษ) : 528-533.	0.2
	วัฒนา วิรุฒนิกร. 2563. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว.	วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2563 : 38 (3) : หน้า 400 – 407.	0.6

	วัฒนา วิริวุฒิก. ผลของผงชาเขียวต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหม้อแกงนมสดเสริมผงชาเขียว.	Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Vol 19, Issue 2, 2020 July- December ISSN: 1 6 8 6 - 8420 (Print), 2651-2289 (Online) (หน้า164-173)	0.6
	วัฒนา วิริวุฒิก. 2564. ผลของชนิดและปริมาณนมแพะและนมวัวต่อคุณภาพเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จากนมแพะผสมนมวัว.	รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ นำเสนอวันที่ 7 มกราคม 2564 หน้า 1106-1115.	วัดผล 0.2
	วัฒนา วิริวุฒิก. 2563. อิทธิพลของปริมาณมอลโทเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิหมักร้อนชาเข้าที่มีต่อคุณภาพน้ำอินทผลัมทำแห้งแบบพ่นฝอย.	การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 8. 26 มีนาคม 2564	วัดผล 0.2
ดร.ศรีนญา สังข์สัญญา	รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์ และ ศรีนญา สังข์สัญญา. 2563. การประเมินสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารหอมระเหยในรกจันทน์จากผลจันทน์เทศในพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครศรีธรรมราช.	วารสารพืชศาสตร์สงขลา นครินทร์. ปีที่ 7 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม) : 283-289, 2563	รุ่งอรุณ 0.6
	ชอลดา เทียงพุท จันทรเพ็ญ แสงประกาย อภิญญา จุฑางกูร ศรีนญา สังข์สัญญา ภาวิณี นวมวิจิตร สุदारัตน์ เผ่าไทย และ กาญจน์สส์ วรรณปักษ์. 2563. การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มจัดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจัดพร้อมดื่ม.	วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. ปีที่ 43 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2563	ชอลดา 0.6
ดร.นวพร ลาภสงผล		ดร.นวพร ลาภสงผล	

ผลของชนิดและปริมาณนมแพะและนมวัวต่อคุณภาพเครื่องดื่มน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ จากนมแพะผสมนมวัว

Effects of Types and Quantities on Qualities of Riceberry Milk Beverage from Blended Goat Milk and Cow Milk

วัฒนา วิรุฒิกกร¹

¹อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

wattana@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาชนิดปริมาณนมแพะและนมวัวที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอก-ไรซ์เบอร์รี่ที่ผลิตจากนมแพะผสมนมวัว โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมวัวเป็นสูตรควบคุม 50: 100 อัตราส่วนของน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวเท่ากับ 25:75:25, 35:50:50 และ 45:25:75 และอัตราส่วนของน้ำข้าว-กล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะเท่ากับ 50:100 ตามลำดับ ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า ทุกสิ่งทดสอบมีความสว่าง (L*) ค่าสี (a* และ b*) มีความแตกต่างกันทางสถิติ คุณลักษณะทางเคมี พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นร้อยละกรดทั้งหมด คุณลักษณะทางจุลชีววิทยาพบว่า ทุกสิ่งทดสอบไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ วิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คนแบบ 9 point hedonic scale พบว่าด้านรสชาติพบว่า สิ่งทดสอบที่ 2 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.66

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่, นมแพะ, นมวัว, เครื่องดื่ม

Abstract

The purpose of this research was to study the types and quantities of goat milk and cow milk on quality of riceberry blended goat milk and cow milk products production from blended goat milk and cow milk. Blended riceberry juice and cow milk (a control), blended riceberry juice goat milk and cow milk in various ratios and blended riceberry juice and goat milk of 50:100, 25:75:25, 35:50:50, 45:25:75 and 50:100 were studied, respectively. The physical properties analysis showed that all treatments, i.e. lightness (L*), color (a* and b*) was statistically different. The chemical properties analysis indicated that pH value was statistically different. (p≤0.05), except for the percentage of acidity. The microbiological results revealed that there were not found microorganism growth in all treatments. In addition, type of sensory evaluation of each product acceptance's taste and sensory type by using 15 of untrained panelists was 9-points hedonic scale. The results demonstrated that panelists accepted on taste of Treatment 2 which obtained maximum values of 8.66.

Keywords : Riceberry, Goat Milk, Cow Milk, Beverage

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในด้านสุขภาพมากขึ้นเนื่องจากวิถีชีวิตปัจจุบันของคนเมืองมีความเร่งรีบทั้งเรื่องงาน การดำเนินชีวิตจนทำให้ไม่มีเวลาพักผ่อน หรือการรับประทานอาหารที่ไม่มีคุณค่าเนื่องจากไม่มีเวลาใส่ใจ ดังนั้นหากมีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสมกับการดำเนินชีวิตที่เร่งด่วนก็จะช่วยชดเชยสารอาหารที่ขาดหายไป (สุรพงษ์ พิณกลาง และ รัชนี้ ไสยประจง, 2561) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจึงได้ถูกพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะเครื่องดื่มที่ผลิตจากธัญพืชชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจและนิยมบริโภคในปัจจุบัน (วัฒนา วิรุฒิกกร, 2562) ดังนั้นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้รักสุขภาพด้วยคุณสมบัติ คือ เมล็ดเรียวยาว สีม่วงเข้ม ผิวมันวาว มีคุณค่าและประโยชน์มากก็คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ เบต้าแคโรทีนช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจ แก่นมะพร้าวช่วยเสริมสุขภาพของเซลล์ในร่างกาย และมีไฟเบอร์ซึ่งมีความสำคัญในการสังเคราะห์ฮอร์โมนที่สำคัญ คือ เอสโตรเจน มีสารอาหารสำคัญ คือ โอลิโกแซคคาไรด์ 3 เท่ากับ 25.51 มิลลิกรัมต่อกรัม กรดไขมันจำเป็นมี 3 เท่ากับ 31.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ช่วยสังเคราะห์โปรตีน สร้างคอลลาเจน รักษาผิว ป้องกันผดผื่น กระตุ้นการสร้างคอลลาเจน และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการไขออกซิเจนในร่างกาย และสมอง ช่วยควบคุมระดับไขมันในเส้นเลือด ธาตุสังกะสีช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย ธาตุเหล็กช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง รักษารูทินช่วยเสริมสร้างการมองเห็น โพลีฟีนอลช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ วิตามินบี 1 ช่วยรักษาโรคเหน็บชา และแอนโทไซยานินช่วยเสริมภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) โดยการข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่นำมาผสมกับนมแพะและนมวัวในผลิตภัณฑ์เนื่องจากนมทั้งสองชนิดนี้มีคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญดังนี้ นมแพะมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งของโปรตีนองค์ประกอบที่พิเศษเฉพาะ เช่น กรดไขมันขนาดเล็กที่ย่อยง่ายที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์นมสำหรับทารกและผู้สูงอายุ หรือสำหรับกลุ่มประชากรที่มีความต้องการสารอาหารพิเศษ นมแพะจึงมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อโภชนาการของมนุษย์มีแร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส คลอไรด์ และแมงกานีส มีคุณสมบัติในการย่อยง่ายกว่านมวัวและลี้จ่ค่อนข้างสูงกว่านมวัว (นิธิยา รัตนพานนท์, 2541; อุไรพร จิตแจ้ง, 2547) ส่วนนมวัวเป็นนมที่มีสารอาหารเป็นปริมาณมาก เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินและเกลือแร่มากกว่า 16 ชนิด มีวิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 5 วิตามินบี 12 วิตามินซี ฟอสฟอรัส ไอโอดีน แคลเซียม และเหล็กที่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโต และช่วยบำรุงระบบการดูดซึม แคลเซียมทำงานร่วมกับฟอสฟอรัสและวิตามินดีภายในร่างกาย (นิธิยา รัตนพานนท์, 2541; อุไรพร จิตแจ้ง, 2547)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์จากข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ นมแพะ และนมวัวในด้านสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการในวัตถุดิบหลักดังกล่าว หากมีการพัฒนาเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกซึ่งเป็นเครื่องดื่มจากธัญพืชจัดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผลิตจากข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่มีผู้บริโภคมีความสนใจและให้การยอมรับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายตัวแบบของผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันยังคงมีรูปแบบเดิมทำให้ไม่มีความน่าสนใจ จึงมีการนำเอานมแพะและนมวัวมาประกอบรวมกันเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีสีส้มที่สวยงามในผลิตภัณฑ์มากขึ้นซึ่งน่าจะสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์จากธัญพืชได้เป็นอย่างดีเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่ทำให้เกิด

ความหลากหลาย และมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวเป็นการนำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวเป็นส่วนประกอบหลักเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่เป็นเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวที่มีประโยชน์ต่อร่างกายทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ (อภิชาติ วรธนกิจธร, 2551) อยู่ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับกลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจด้านสุขภาพ ประกอบกับในผลิตภัณฑ์นี้จะมีสีกลิ่นที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ธัญชาติทั่วไป และมีสีและกลิ่นที่หอมจากข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อีกทั้งยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มได้อีกด้วย ผลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นการแปรรูปวัตถุดิบจากธัญชาติและนมเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติถูกผู้บริโภค เป็นการเพิ่มช่องทางเลือกแปรรูปผลิตภัณฑ์หลากหลายมากขึ้นนอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสู่การผลิตภาคอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมนำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัว
- 2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.1 การเตรียมน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ ชั่งข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 500 กรัมมาเพาะในถังออกเป็นคุ่มเล็ก ๆ โดยนำมาแช่น้ำนาน 24-28 ชั่วโมง และทำการล้างข้าว ทิ้งให้สะเด็ดน้ำใส่ในภาชนะปิดทิ้งไว้นาน 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาล้างข้าวอีกครั้ง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำใส่ในภาชนะปิดทิ้งไว้นาน 14 ชั่วโมงเมื่อครบเวลาจะได้เมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่สด (ดัดแปลงจาก ประวิทย์ ชลกลาง, 2560; Rapeesak, 2004)
- 3.2 การเตรียมนมแพะ นำนมแพะดิบที่ไม่มีการเติมวัตถุอื่นใดและไม่ได้ผ่านกรรมวิธีใด ๆ ยกเว้นการทำให้เย็นและต้องไม่มีน้ำเหลืองปลอมปนอยู่ในสภาพปกติ สะอาด มีสีขาวนวล เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6006-2551, 2551)
- 3.3 การผลิตนมวัว นำนมวัวดิบที่ไม่มีการเติมวัตถุอื่นใดและไม่ได้ผ่านกรรมวิธีใด ๆ ยกเว้นการทำให้เย็นและต้องปราศจากน้ำนมเหลือง อยู่ในสภาพปกติ สะอาด มีสีขาวนวล ไม่มีตะกอนของโปรตีน และปราศจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6003-2548, 2548)
- 3.4 การศึกษาคุณภาพของการผลิตข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัว นำเมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมกับนมแพะและนมวัวที่อัตราส่วนต่าง ๆ ดังสิ่งทดลองที่ 1 ถึง 5 ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปปั่นให้ละเอียด นำของผสมในแต่ละสิ่งทดลองที่ได้นำมากรองผ่านผ้าขาวบางโดยทำการกรอง 2 ครั้ง เพื่อกำจัดตะกอนที่เกิดขึ้นของข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ให้หมด ทำการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ ดำเนินการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที บรรจุในขวดพลาสติกขนาดปริมาตร 400 มิลลิลิตร และดำเนินการเก็บรักษาสังเกตทุกสิ่งทดลองที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ (ดัดแปลงจาก ประวิทย์ ชลกลาง, 2560; Rapeesak, 2004)

- สิ่งทดลองที่ 1 ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 50 กรัม ผสมนมวัว 100
 สิ่งทดลองที่ 2 ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 25 กรัม ผสมนมวัวคือนมแพะ 75:25
 สิ่งทดลองที่ 3 ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 35 กรัม ผสมนมวัวคือนมแพะ 50:50
 สิ่งทดลองที่ 4 ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 45 กรัม ผสมนมวัวคือนมแพะ 25:75
 สิ่งทดลองที่ 5 ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 50 กรัม ผสมนมแพะ 100

โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 สิ่งทดลอง

3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์ความสว่าง (L^*) และสี (a^* และ b^*) (ดัดแปลงจากวิธี AOAC, 2000) การตกตะกอนนมด้วยแอลกอฮอล์ (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6003-2548, 2548; มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6006-2551, 2551) และการวิเคราะห์ความชื้นของนม (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6003-2548, 2548; มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6006-2551, 2551)

3.6 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ความเป็นกรด - ด่าง (pH) และร้อยละกรดทั้งหมดคำนวณในรูปกรดแลคติก (AOAC, 2000)

3.7 การวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยา ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA/BAM, 2008)

3.8 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบทั่วไป 15 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด โดยให้พิจารณาการให้คะแนนด้านสี ด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ และด้านความชอบโดยรวม (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) วิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราส่วนน้ำข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวที่อัตราส่วนแตกต่างกัน และนำมาวิเคราะห์คุณภาพของนมดิบนมแพะและนมวัวเบื้องต้นก่อนที่จะดำเนินการศึกษาวิจัยและศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สิ่งทดลอง สามารถสรุปได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย (ตารางที่ 1, 2, 3 และ 4) ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพของนํานมดิบเบื้องต้นก่อนการผลิต

พารามิเตอร์	นํานมวัว	นํานมแพะ
สี	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น
กลิ่น	กลิ่นคาวนม	กลิ่นคาวนม
สิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	น้ำมันงา	น้ำมันมะพร้าว
การตกตะกอนน้ำมันดิบด้วยความร้อน	ไม่ตกตะกอน	มีตะกอนเล็กน้อย
การตกตะกอนน้ำมันดิบด้วยแอลกอฮอล์	+9	+3
ความเป็นกรด-ด่าง	6.78	6.47
กรดทั้งหมด (ร้อยละ)	0.32	0.29
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	12	10.5
เถ้า (ร้อยละ)	0.71	0.76

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ที่ใช้น้ำมันงาและน้ำมันมะพร้าว

สิ่งทดลอง	ค่าที่วิเคราะห์ได้*			สิ่งทดลอง	L
	L*	a*	b*		
1	58.28 ^a	4.72 ^a	1.24 ^b	1	58.28
2	56.84 ^b	4.72 ^a	0.18 ^e	2	56.84
3	56.27 ^b	3.27 ^b	0.72 ^d	3	56.27
4	55.91 ^c	3.25 ^b	0.93 ^c	4	55.91
5	60.63 ^a	2.47 ^c	2.02 ^a	5	60.63

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

L* หมายถึง ความสว่าง (ค่า=0, ขาว=100)

a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+สีแดง, -สีเขียว)

b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+สีเหลือง, -สีน้ำเงิน)

สำหรับการวิเคราะห์ค่าการตกตะกอนของนมด้วยแอลกอฮอล์ของผลิตภัณฑ์นมข้าวกล้องงาไร้น้ำตาล เบอรัลรีสมมและนมวัวพบว่า เมื่อเติมเอทานอลปริมาณ 6 มิลลิลิตร จะเกิดตะกอนเกิดขึ้นทุกสิ่งทดลอง เมื่อเติมเอทานอลปริมาณ 12 มิลลิลิตร จะเกิดตะกอนเกิดขึ้นทุกสิ่งทดลอง สำหรับการวิเคราะห์การตกตะกอนน้ำมันด้วยการต้มให้เดือดของผลิตภัณฑ์นมข้าวกล้องงาไร้น้ำตาล เบอรัลรีสมมและนมวัวพบว่า เกิดตะกอนสีขาวขึ้นทั้งหมดทุกสิ่งทดลอง

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ที่ใช้น้ำมันงาและน้ำมันมะพร้าว

สิ่งทดลอง	ค่าที่วิเคราะห์ได้*		สิ่งทดลอง
	ความเป็นกรด-ด่าง*	กรดทั้งหมด (ร้อยละ) ^{ns}	
1	6.70 ^a	0.51	1
2	6.52 ^c	0.52	2
3	6.61 ^b	0.53	3
4	6.61 ^b	0.53	4
5	6.64 ^b	0.55	5

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b,c,... ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอักษร ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของผลผลิตพันธุ์เครื่องคั้นน้ำข้าวกล้องงอกไร้เบอว์รี้ผสมนมแพะและนมวัวทั้ง 5 สิ่งทดลอง พบว่า ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในทุกสิ่งทดลอง

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลผลิตพันธุ์เครื่องคั้นน้ำข้าวกล้องงอกไร้เบอว์รี้ผสมนมแพะและนมวัว

สิ่งทดลอง	ค่าที่วิเคราะห์ได้				ความชอบโดยรวม ^{ns}		ลักษณะปรากฏ
	สี*	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่น*	รสชาติ*			
1	8.20 ^a	7.80	8.06 ^a	8.13 ^a	1 6.33	8.20 ^a	7.80
2	7.60 ^{ab}	7.93	8.33 ^a	8.66 ^a	2 5.80	7.60 ^{ab}	7.93
3	7.33 ^b	7.60	7.13 ^b	7.13 ^b	3 5.73	7.33 ^b	7.60
4	7.66 ^b	7.60	7.26 ^b	7.00 ^b	4 5.93	7.66 ^b	7.60
5	8.13 ^a	7.53	7.26 ^b	7.33 ^b	5 6.20	8.13 ^a	7.53

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b,c... ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 ตัวอักษร ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพนมดิบพบว่า สีของนมวัวและนมแพะนั้นมีสีขาวขุ่น แต่โดยปกติภาพลักษณ์ของนมจะต้องมีสีขาวนวล หรืออาจมีสีเหลืองปนน้ำตาลซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันและปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน ส่วนกลิ่นนั้นมีกลิ่นปกติ คือมีกลิ่นเฉพาะ และควาเล็กน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อรสชาติ แต่เมื่อทดสอบความเสถียรภาพความร้อนของนมด้วยวิธีการตกตะกอนนมด้วยแอลกอฮอล์ซึ่งค่าที่วัดได้ พบว่าค่ามีค่า +6 ขึ้นไปถือว่าเป็นนมที่มีคุณภาพดี สามารถนำไปแปรรูปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเป็นผลิตภัณฑ์ได้ จากผลการวิจัยพบว่าค่านมวัวมีค่า +9 มากกว่า +6 นมวัวจึงมีความเหมาะสมในการนำไปทำการแปรรูป ผลผลิตนมวัวมากกว่านมแพะซึ่งมีค่า +3 มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ แต่เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นงานนำร่องทั้งสองชนิดคือ นมแพะนมวัวและมาผสมกัน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ยอมรับได้ และการทดสอบโดยการตกตะกอนนมด้วยการต้มให้เดือด พบว่านมแพะเกิดการตกตะกอนทั้ง 2 วิธี ส่วนนมวัวนั้นไม่มีการตกตะกอนส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งโดยปกตินมดิบจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.4-6.9 และปริมาณกรดที่เหมาะสม เนื่องจากนมดิบจะต้องมีปริมาณกรดแลคติกประมาณร้อยละ 0.14-0.17 ซึ่งปริมาณกรดนี้จะมีผลต่อความทนต่อการเก็บรักษา ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่านมแพะและนมวัวมีปริมาณน้อย เพราะในนมดิบจะต้องมีปริมาณของแข็งไม่น้อยกว่าร้อยละ 12.30 โดยน้ำหนัก และปริมาณเถ้า พบว่านมแพะและนมวัวมีปริมาณเหมาะสมซึ่งโดยปกติในนมจะมีปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 0.75 (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6003-2548, 2548; มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6006-2551, 2551) จากตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาณเถ้าในนมแพะมีค่าเกินมาตรฐานไปเล็กน้อยโดยจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบในนมดิบทั้ง 2 ชนิดนั้นมีปริมาณที่เหมาะสมในระดับหนึ่งในการที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป แต่เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพจะเห็นว่า นมวัวมีคุณภาพดี ส่วนนมแพะนั้นมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากนมนมแพะมีการตกตะกอนของนมเมื่อทดสอบการตกตะกอนด้วยความร้อนและ

แอลกอฮอล์ส่วนคุณภาพต่างกัน χ^2 นั้นไม่มีความแตกต่างกัน (นิธิยา รัตนพานนท์, 2541; อุไรพร จิตแจ้ง, 2547; German and Dillard, 1998)

จากผลการทดลองจากการวิเคราะห์สมบัติกายภาพพบว่า ทุกค่า (L^* , a^* และ b^*) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าสัดส่วนข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีสัดส่วนมากมีผลต่อการวัดค่าความสว่างที่ได้ทั้งนี้เนื่องจากข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ไม่มีความไวต่อแสง เมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่มีสีม่วงเข้ม-ดำ เมื่อคั้นน้ำจะมีสีม่วงเข้ม-ดำ ทำให้มีค่าความสว่างและค่าสีแดงน้อยจะเห็นได้ว่ามีความสว่างที่มากขึ้น (สิ่งทดลองที่ 2) และมีค่าคลงเรื่อย ๆ (สิ่งทดลองที่ 4) ตามปริมาณของข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ (กรัม) (สิ่งทดลองที่ 5) ส่งเสริมการเกษตร, 2554) ส่วนค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่เติมลงไปในการผลิต ซึ่งผลที่ได้นี้ตรงข้ามกับค่าความสว่างและค่าสีแดง และเนื่องจากองค์ประกอบในนมมีเกิดการสะท้อนแสงของแสงและไขมัน เม็ดไขมันและเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนหลักที่พบมากในนมที่แขวนลอยอยู่ในนม (German and Dillard, 1998; Walstra, and Jenness, 1984; Walstra, Geurts, Noomen and Jellema, 1999) เนื่องจากนมจะมีสารไรโบฟลาวินสูงถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (riboflavin) หรือวิตามินบี 2 ทำให้เกิดเป็นสีเขียว ซึ่งพบว่าในนมแพะจะมีสารไรโบฟลาวินสูงถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับนมวัวและนมมนุษย์ (Jenness and Patton, 2018) การตกตะกอนนมด้วยแอลกอฮอล์ (Jenness and Patton, 2018) พบว่า เกิดตะกอนเมื่อเติมเอทานอลปริมาตร 6 มิลลิลิตร อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณโปรตีนในนมแพะที่ไม่ได้ปริมาณ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพ และเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนหลักที่พบในนมแพะและนมวัวจะเกิดการแข็งตัวและตกตะกอนได้ง่ายและอาจมีแคลเซียมสูง การตกตะกอนนมนมด้วยการต้มให้เดือดซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ยืนยันผลการตรวจจากการตกตะกอนนมด้วยแอลกอฮอล์ (Home, 1992)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่า ความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนร้อยละความเป็นกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าสัดส่วนข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่เติมลงไปมีผลต่อการวัดความเป็นกรด-ด่าง ค่าที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันไม่ต่างกันมาก ส่วนร้อยละความเป็นกรดค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกันมาก การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเครื่องดื่มข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่มีมากในข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีสีตามสภาวะที่เป็นต่าง (ความเป็นกรด-ด่าง > 7) จะมีสีน้ำเงินเข้ม หากอยู่ในช่วงความเป็นกรด-ด่างที่มากขึ้นถึงเป็นกลาง (ความเป็นกรด-ด่าง 6-7) จะมีสีม่วง ซึ่งสอดคล้องกับสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ผลิตภัณฑ์จากสิ่งทดลองที่ 2-4 ที่เติมข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ลงไปมีสีม่วงอ่อน ส่วนสภาวะเป็นกรด (ความเป็นกรด-ด่าง < 7) จะเป็นสีแดงถึงส้ม (Wirivutthikom, 2018a,b) ดังนั้นถ้าผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมนมแพะและนมวัวใช้ปริมาณความร้อนที่สูงและใช้เวลานานเกินไปไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นอาจจะไม่ต่ำมาก เพราะใช้ความร้อนในการต้มใช้เวลาไม่นานมาก จึงทำให้ปริมาณของความเป็นกรด-ด่างมีปริมาณไม่ต่ำมาก (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) สารต้านอนุมูลอิสระ อัตราส่วนการผสมข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่มีผลต่อการวัดความเป็นกรด-ด่าง เพราะว่าข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงเท่ากับ 53.3-214.7 มิลลิกรัม/100 กรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554; Shen et al., 2009) ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และฟอสเฟตสูง มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554; สุวิชา ตีหะสิงห์, 2550; อภิชาติ วรณวิจิตร, 2551; Rapeesak, 2004) ส่วนแอนโทไซยานินที่พบในข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ พบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงและเมื่อนำมาผสมกับนมแพะและนมวัวในอัตราส่วนที่

ต่างกันและการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ปริมาณแอนโทไซยานินเกิดการสลายตัวไป เนื่องจากกรดไขมัน
 โทไซยานินที่จะถูกทำลายได้ง่ายในกระบวนการแปรรูปให้ความร้อนและละลายน้ำได้ดีมีผลทำให้ปริมาณแอนโท
 ไซยานินมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (วัฒนา วิริวุฒิกกร, 2562; สุวิชา คีหะสิงห์, 2550; อรพรรณ บุญวิชาวาเจริญ,
 2549)

จากผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สิ่งทดลอง พบว่า ไม่พบการเจริญเติบโต
 ในทุกสิ่งทดลอง แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ทุกสิ่งทดลองผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์เชิ้น กระบวนการ
 เทคนิคขั้นตอนในการผลิตมีความสะอาดและมีความปลอดภัยแต่เนื่องจากเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อแบบพาส
 เจอร์ไรซ์เชิ้นจะต้องเก็บรักษาสถิตภัณฑ์ดังกล่าวที่อุณหภูมิต่ำทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์ไม่เกิน 2 สัปดาห์ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีการฆ่าเชื้อ (Suwanno and Maksuwan, 2010) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีการฆ่าเชื้อ (Suwanno and Maksuwan, 2010)

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พบว่า ทุกค่ามีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม แสดงว่าสัดส่วนชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่ ที่มีสัดส่วนมากมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค การเพิ่มอัตราส่วนชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่และนมแพะแต่ละค่าที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มความชอบลดลงเกือบทุกด้านยกเว้นสีและความชอบโดยรวมทั้งนี้ เนื่องจากผู้บริโภคไม่ชอบสีของเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่และนมแพะมีแนวโน้ม ชอบนมวัวมากกว่า ทั้งนี้อธิบายได้ว่า ค่าการตกตะกอนนมดิบด้วยแอลกอฮอล์นมวัวที่มีค่า +9 ซึ่งมีค่า มากกว่า +6 จัดเป็นนมที่มีคุณภาพดี ส่วนนมแพะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้การนำชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่ มาแปรรูปกับนมแพะและนมวัวทำให้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ผู้ทดสอบชิม อาจจะยังไม่คุ้นเคยชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่ นมแพะและนมวัวในการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มจึงทำให้มีลักษณะ กลิ่นของเครื่องดื่มผู้ทดสอบชิมไม่ชื่นชอบ (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6003-2548, 2548; มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6006-2551, 2551; วัฒนา วิริวุฒิกกร, 2562) ผู้ ทดสอบชิมยอมรับช่วงปริมาณวัตถุดิบที่มีปริมาณที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป และด้านความชอบ โดยรวมพบว่า การผสมชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่กับนมแพะและนมวัวเมื่อเพิ่มชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่และนม แพะในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นแต่นมวัวลดลงมีผลต่อคุณลักษณะความชอบโดยรวมผู้บริโภคมีแนวโน้มชอบมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมาจากความชอบโดยรวมซึ่งอาจจะชอบสีของผลิตภัณฑ์ที่มีสีที่สวยขึ้นตามปริมาณชาวกาลอง อกไรซ์เบอร์รี่ หรืออาจเป็นเพราะผู้ทดสอบชิมโดยทั่วไปยังไม่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่มาจากน้านมแพะ เนื่องจากน้านมแพะยังมีกลิ่นรสที่เฉพาะตัวมากกว่าน้านมวัว (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6003-2548, 2548; มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกช. 6006-2551, 2551; วัฒนา วิริ วุฒิกกร, 2562)

6. สรุปผล

1. อัตราส่วนชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่ นมแพะผสมนมวัวที่เหมาะสมที่สุด คือ ชาวกาลองอกไรซ์ เบอร์รี่ 25 กรัม ผสมนมวัวค่อนนมแพะในอัตราส่วน 75:25
2. อัตราส่วนชาวกาลองอกไรซ์เบอร์รี่และนมแพะที่เพิ่มมากขึ้นแต่นมวัวที่ลดลงมีผลทำให้ค่าความ สว่างและค่าสีแดงลดลงแต่ทำให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ความเป็นกรด-ด่างมีความ แตกต่างทางสถิติ ส่วนร้อยละความเป็นกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลการทดสอบทางจุลชีววิทยา ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดในทุกสิ่งทดลอง และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อพิจารณาคะแนนด้านลักษณะ

ปรากฏ กลิ่น และรสชาติพบว่า อัตราส่วนข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 25 กรัม ผสมนมวัวค่อนมแพะ 75:25 ให้คะแนนสูงสุดเท่ากับ 7.93, 8.33 และ 8.66 ตามลำดับ

7. ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวัตถุดิบอาหารที่เหมาะสมเติมลงในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ ผสมนมแพะและนมวัวเพื่อป้องกันการตกตะกอน
2. จากผลการศึกษาพบว่า การใช้ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ผสมแพะในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นแต่ นมวัวที่ลดลงมีแนวโน้มทำให้การยอมรับลดลงยกเว้นด้านการยอมรับรวมทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้ทดสอบชิมนิยมบริโภคนมวัวมากกว่านมแพะแม้ว่านมแพะจะมีกลิ่นเฉพาะตัวมากกว่านมวัว ควรมีการศึกษารสให้กลิ่นรสเฉพาะตัวในบางชนิด เช่น การใช้ใบเตย เพราะกลิ่นของใบเตยจะทำให้เครื่องดื่มมีกลิ่นหอมและน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น และการปรับสัดส่วนระหว่างนมแพะและนมวัวใหม่รวมถึงเสริมกลิ่นรสบางชนิดน่าจะช่วยให้เรื่องการยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2554). ข้าวกล้องงอกข้าวไรซ์เบอร์รี่. สืบค้นจาก [http:// www.moac.go.th](http://www.moac.go.th). วันที่สืบค้นข้อมูล 13 กรกฎาคม 2561.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). แอนโทไซยานิน. กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศ. (2553). แอนโทไซยานิน. กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศ. (2553). แอนโทไซยานิน. กรุงเทพฯ: สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศ.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2541). เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประวิทย์ ชลกลาง. (2560). การแปรรูปบุกข้าวไรซ์เบอร์รี่พร้อมดื่ม. สืบค้นจาก <http://www.rakbankerd.com>. วันที่สืบค้นข้อมูล 13 เมษายน 2560.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลูกค้าผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6006-2551. (2551). นำนมแพะดิบ. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 6003-2548. (2548). นำนมดิบ. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วัฒนา วิรุฒิกกร. (2562). อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมผักขาวและกระเจี๊ยบแดง. ใน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 3 ประจำปี พ.ศ. 2562 1 กุมภาพันธ์ 2562. น. 2117-2126.
- สุรพงษ์ พิณจกลาง และวัชรนี ไสยประจง. (2561). การผลิตเครื่องดื่มชูปเปอร์เบอร์รี่ที่มีสารสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวหอมมะลิบนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. (ฉบับพิเศษ) 49(2): 25-28.
- สุวิชา ตีหะสิงห์. (2550). การสกัดและการทำให้สารแอนโธไซยานินในลูกท้อบริสุทธิ์. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อภิชาติ วรรณวิจิตร. (2551). พันธุ์ข้าวกล้องและข้าวไรซ์เบอร์รี่. สืบค้นจาก <https://th.wikipedia.org/wiki>.

วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2560.

อรพรรณ บุญวิภาเจริญ. (2549). ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาพาสเจอร์ไรส์. (2549).

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยุโรป จิตแจ้ง. (2547). นมแพะผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ/เกษตรกรรมธรรมชาติ. ฉ. 7. กรุงเทพฯ: บริษัท

รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington, D.C.

FDA Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2008). *Chapter 3 and 18*. Retrieved 13 October 2008 from <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm>

German, J.B., & Dillard, C.J. (1998). Fractionated milk fat: Composition, structure and functional properties. *Food Tech*, 52: 33-38.

Horne, D.S. (1992). Ethanol stability. In Fox, P.F. (ed.), *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1* (2nd Ed). (pp. 657-690). UK: Elsevier Applied Science, Barking, Essex.

Jenness, R., & Patton, S. (2018). *Principles of Dairy Chemistry*. New Delhi: Medtech.

Rapeesak, S. (2004). *Effect of pasteurization storage and food additive on capabe of antioxidant in tangerine Juice*. Research report. Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., & Bao, J.S. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Cereal Science*. 49: 106-111.

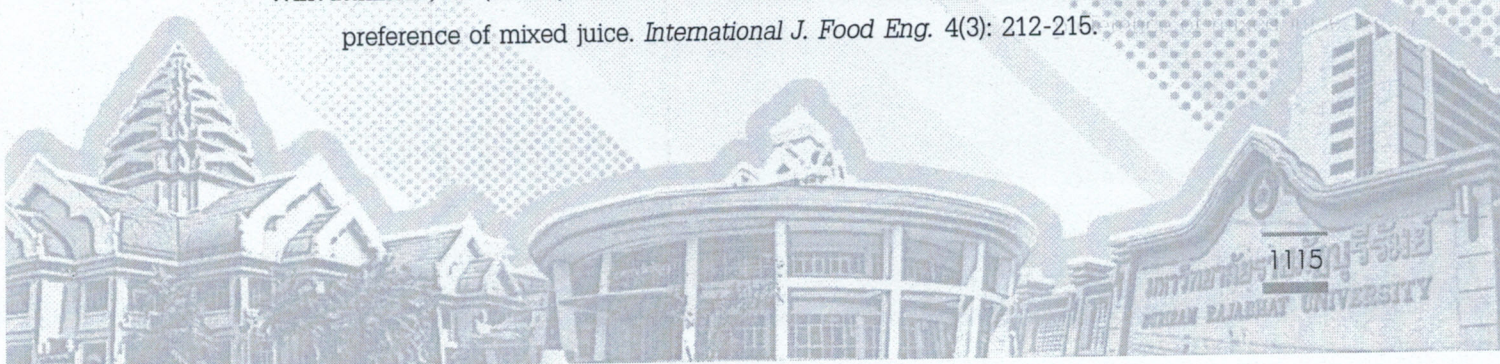
Suwanno, S., & Maksuwan, S. (2010). Production of extracted medicinal mushrooms juice ready-to-drink. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*. 20(2): 278-288.

Walstra, P., & Jenness, R. (1984). *Dairy chemistry and physics*. New York: Wiley-Interscience publication.

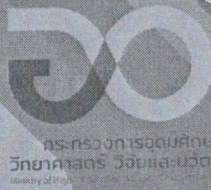
Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., & Jellema, A. (1999). *Dairy technology: Principles of milk properties and processes*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Wirivutthikorn, W. (2018a). *Effects of types and quantities of sweeteners on development of blended lotus root juice and goji berry product*. In Proc. the 6th Academic Science and Technology Conference 2018 6 June 2018. p. AS176-AS180.

Wirivutthikorn, W. (2018b). Effect of ratios of okra gac fruit and passion fruit on color and preference of mixed juice. *International J. Food Eng*. 4(3): 212-215.



ISBN (e-book) : 978-974-692-438-2



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาตินานาชาติ ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2564
The 4th National and International Research Conference 2021
NIRC IV 2021

“มหาวิทยาลัย-ชุมชนร่วมกันสร้างพันธกิจสัมพันธ์ตามศาสตร์พระราชา
เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน
(University & Community Engagement with the King's Philosophy
for Sustainable Local Development)”

7 มกราคม พ.ศ. 2564
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์





รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2564

“มหาวิทยาลัย-ชุมชนร่วมกันสร้างพันธมิตรตามศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น
อย่างยั่งยืน”

พิมพ์ครั้งที่ 1 : 2564

จัดทำโดย : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
(สงวนลิขสิทธิ์ ตามกฎหมาย)

ISBN (e-book) : 978-974-692-438-2





การประชุมวิชาการระดับชาตินานาชาติ ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2564
The 4th National and International Research Conference 2021
NIRC IV 2021



อิทธิพลของปริมาณมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อคุณภาพน้ำอินทผลัม ทำแห้งแบบพ่นฝอย

Influences of maltodextrin quantity and inlet air temperature on the quality of spray
dried date palm juice powder

วัฒนา วิรุฒิกอร์*

Wattana Wirutthikorn*

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wattana@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นมอลโตเดกซ์ตรินซึ่งใช้เป็นสารตัวพาร้อยละ (20, 25 และ 30) และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพน้ำอินทผลัมผงพร้อมดื่มที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมด และการประเมินด้านประสาทสัมผัส ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากแนวโน้มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้นแต่จะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นมอลโตเดกซ์ตรินมากขึ้น ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ด้านสี กลิ่น ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน แบบ 9-point hedonic scale พบว่า คะแนนการยอมรับของน้ำอินทผลัมผงมีความแตกต่างกันทุกค่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นมอลโตเดกซ์ตรินเป็นสารตัวพาร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งให้คะแนนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.13 และ 6.80 ตามลำดับ

คำสำคัญ: อินทผลัม การทำแห้งแบบพ่นฝอย มอลโตเดกซ์ตริน อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

Abstract

The objective of this research was to study the effects of maltodextrin concentration used as carrier agent (20, 25 and 30 percent) and inlet air temperature (130, 140 and 150 °C) on the quality of ready to drink date palm juice powder by spray drying. The chemical properties analysis as total soluble solid, pH and percentage of acidity were performed. The results indicated that total soluble solid, pH and percentage of acidity were statistically different. The result trends showed that increased inlet air temperature resulted in increased total soluble solid, pH and percentage of acidity whereas decreased values with high maltodextrin concentration. In addition, type of sensory evaluation of each product color's, odor, sweetness, taste, overall acceptability and sensory type by using 30 of untrained panelists was 9-points hedonic scale. The data demonstrated that color, odor, sweetness, taste and overall acceptability were statistically different. ($p \leq 0.05$) It was found that panelists accepted on the optimum condition for spray drying date palm juice powder in term of maltodextrin concentration and inlet air temperature were 30 percent and 150 °C, respectively. The highest scores from panelists on taste and overall acceptability values were 7.13 and 6.80, respectively.

Keywords: date palm, spray dried, maltodextrin, inlet air temperature

บทนำ

อินทผลัมเป็นผลไม้ที่มีรสหวานและอุดมไปด้วยสารอาหารที่จำเป็นและสำคัญหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหาร แร่ธาตุที่มีฤทธิ์ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ถึงแม้ผลไม้นี้จะมีขนาดเล็กโดยหนึ่งผลจะหนักประมาณ 7.5 กรัม และเนื้ออินทผลัม 100 กรัม จะให้พลังงานมากถึง 314 แคลอรี และยังให้แร่ธาตุมากถึง 10 ชนิด เช่น ทองแดง โพแทสเซียม แมกนีเซียม ซีลีเนียม ฯลฯ ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 15 ของปริมาณที่แนะนำในแต่ละวัน รวมทั้งสารโพลีฟีนอล (polyphenol) ที่มีส่วนช่วยป้องกันปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการเสื่อมของร่างกาย เช่น ป้องกันเซลล์ และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ไม่ให้ถูกทำลายจากสารอนุมูลอิสระ อีกทั้งยังอุดมไปด้วย วิตามินซี วิตามินบี วิตามินเค เหล็ก และเส้นใยอาหาร⁽¹⁻³⁾ จากการศึกษาวิธีการทำเครื่องดื่มน้ำผลไม้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีการธรรมชาติและวิธีการเทคโนโลยีแบบใหม่ โดยการใช้เครื่องมือที่ทันสมัย ได้แก่ เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็งแห้ง (freeze drying) และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer หรือ spray drier) สำหรับวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) เป็นวิธีการหนึ่งในกระบวนการทำแห้งวิธีหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้มากขึ้นโดยเปลี่ยนจากอาหารเหลวไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผง⁽⁴⁾ ซึ่งกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้คราวละมาก ๆ และกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง ระบบของการทำแห้งแบบนี้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารเหลวได้เร็ว เวลาที่ใช้ในการทำแห้งสั้นมากจะได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะผงแห้งซึ่งเป็นการลดน้ำหนักลง สะดวกและง่ายต่อการขนส่ง และเก็บรักษาได้นานขึ้น การอบแห้งแบบพ่นฝอยนอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้วยังเป็นวิธีที่มีประโยชน์มากในการลดขนาดปริมาตรของของเหลวอีกด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำอินทผลัมมาแปรรูปเป็นน้ำอินทผลัมผงพร้อมดื่ม^(5,6) สำหรับข้อมูลด้านการอบแห้งแบบพ่นฝอยอินทผลัมมีผู้ศึกษาการอบแห้งแบบพ่นฝอย 8 สภาวะการผลิต ศึกษาสารตัวพา 2 ชนิด ได้แก่ มอลโตเด็คซ์ตริน และกัมอาราบิก อุณหภูมิลมร้อนเข้า 2 ระดับคือ 150 และ 170 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 2 ระดับคือ 25 และ 40 มิลลิลิตร/นาที และความเข้มข้นสารตัวพาเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 20 จากผลการศึกษาสมบัติทางเคมี กายภาพของอินทผลัมผงพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษาขนาดของอินทผลัมผงโดยใช้ scanning electron microscope (SEM) พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเติมทั้งมอลโตเด็คซ์ตรินและกัมอาราบิกทำให้ลักษณะของผงที่ได้มีความเรียบ รูปทรงอนุภาคเป็นทรงกลมและเมื่อนำมาละลายน้ำเกิดการละลายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยข้างต้นมีเฉพาะด้านกายภาพแต่ขาดข้อมูลด้านเคมีและทางประสาทสัมผัส⁽⁷⁾ เนื่องจากอินทผลัมเป็นวัตถุดิบมีความหวานมีประโยชน์ต่อร่างกายและมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสามารถเลือกใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยได้ซึ่งจัดเป็นวิธีการถนอมอาหารแบบหนึ่งเพื่อทำให้อาหารสามารถเก็บรักษาได้นานและสามารถบริโภคได้ตลอดทั้งปี แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของอินทผลัมคือ เป็นผลไม้สดที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เป็นผลไม้ตามฤดูกาลโดยช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคมของทุกปีจะมีอินทผลัมปริมาณมากที่สุด^(8,9) ราคาของอินทผลัมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สำหรับสายพันธุ์ที่นิยมรับประทานผลสด ได้แก่ สายพันธุ์บาฮี (BARHEE / BARHI) สายพันธุ์คาลาส (KHALAS) สายพันธุ์แมโจ (KL1) สายพันธุ์แดงอินเดีย สายพันธุ์เคนเซียทั้งสี่เหลืองและสีแดง ราคาขายผลในปี 2563 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และขนาด ราคาตั้งแต่ช่วง 100-1000 บาท/กิโลกรัม ราคาของสายพันธุ์บาฮีประมาณ 300 บาทแตเมื่อนำมาผลิตเป็นน้ำอินทผลัมสดราคา 40 บาทต่อขวด (ขนาดของขวดแก้วปริมาตร 400 มิลลิลิตร และผลิตภัณฑ์ในรูปอินทผลัมผงบรรจุขวดแก้วขนาด 120 กรัมราคาประมาณ 500 บาท จัดได้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาค่อนข้างแพง⁽¹⁰⁾ ด้วยสรรพคุณที่ดีของอินทผลัมผงที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสเพิ่มเติมโดยงานวิจัยนี้มีความต่อเนื่องจาก⁽¹¹⁾ ที่ได้สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำอินทผลัมและคุณภาพน้ำอินทผลัมผงโดยการแปรความเข้มข้นมอลโตเด็คซ์ตรินที่ต่างกัน 3 ระดับคือ ร้อยละ 20, 25 และ 30 และแปรอุณหภูมิลมร้อนเข้า 3 ค่าคือ 130, 140, 150 องศาเซลเซียส กำหนดอุณหภูมิลมออก 90 องศาเซลเซียส ศึกษาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ water activity ความชื้น ความสว่าง สีแดง สีเหลือง และค่าการละลาย ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นมอลโตเด็คซ์ตรินร้อยละ 30 และอุณหภูมิลมเข้า 150 องศาเซลเซียสให้ค่าสมบัติทางกายภาพที่ดีในด้านการละลายและค่าร้อยละน้ำหนักผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษารังนี้ดำเนินการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของอินทผลัมผงต่อเพื่อที่จะได้ทราบข้อมูลทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของอินทผลัมผงซึ่งข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์มากต่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อินทผลัมผงและน้ำจะสร้างความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์อินทผลัมผงได้เป็นอย่างดี เพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ทำให้เกิดความหลากหลาย และมีรูปแบบที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์อินทผลัมผงเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อินทผลัมผงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจด้านสุขภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้น

1.1 ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำอินทผลัมสำเร็จรูปยี่ห้อ In one อินทผลัม จากจังหวัดกาญจนบุรี

1.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ยี่ห้อ Lab Plant Spray Dryer รุ่น SD-Basic โดยศึกษาที่อุณหภูมิร้อนลมเข้าที่ 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส และกำหนดอุณหภูมิลมร้อนออกที่ 90 องศาเซลเซียส ปรับสภาวะให้โดยใช้หัวฉีดทำให้เกิดการพ่นกระจายของละอองออกมาอย่างสม่ำเสมอจากนั้น อัตราเร็วของปั๊มเป็น 1000 มล./ชั่วโมง เติมน้ำช่วยในการทำแห้ง ได้แก่ มอลโตเด็คซ์ทรินที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก โดยใช้ hand refractometer วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดผสมกับมอลโตเด็คซ์ทรินจนมอลโตเด็คซ์ทรินละลายเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำอินทผลัมดำเนินการอบแห้งพ่นฝอยตามสภาวะที่ดำเนินการตั้งค่าเริ่มต้น น้ำอินทผลัมผงที่ได้บรรจุลงในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ปิดผนึกด้วยความร้อนเพื่อนำไปทดสอบคุณภาพ⁽¹¹⁾ ดังข้อ 3 ต่อไป

2. การบันทึกข้อมูล

เก็บและบันทึกข้อมูลตัวเลขที่ได้จากการทดลองและนำมาคำนวณข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติคือ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี วางแผนการทดลองโดยใช้ Factorial completely randomized design (CRD) 2x3 ทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองโดยใช้ randomized complete block design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)⁽¹²⁾

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ในรูปผงมาละลายน้ำในรูปของเหลวอัตราส่วน 1:3 ในแต่ละสิ่งทดลองมาตรวจวัดคุณภาพทางเคมีโดยวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) โดยใช้ hand refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น FG-103 ประเทศญี่ปุ่น ตามวิธีของ (12) ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ OHAUS รุ่น ST3100-F ประเทศจีน ตามวิธีของ (12) และร้อยละกรดทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้วิธีการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอลโดยใช้ฟีนอล์ฟทาเลอินเป็นอินดิเคเตอร์วิธีการคำนวณร้อยละกรดทั้งหมดคำนวณในรูปของกรดซิตริก ตามวิธีของ⁽¹³⁾

4. การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

นำอินทผลัมผงที่ได้มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการเตรียมเป็นน้ำอินทผลัมผงพร้อมดื่มโดยผสมกับน้ำดื่มในอัตราส่วน 1:5 ละลายน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ⁽¹⁴⁾ ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผงพร้อมดื่มโดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม ดัดแปลงตามวิธีของ⁽¹²⁾

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการแปรสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำอินทผลัมผง โดยแปรความเข้มข้นของมอลโตเด็คซ์ทรินที่ใช้เป็นสารตัวพา และอุณหภูมิร้อนลมเข้าและควบคุมอุณหภูมิลมออกและทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางเคมี จากภาพที่ 1ก-1ค พบว่า อุณหภูมิร้อนลมเข้าและความเข้มข้นของมอลโตเด็คซ์ทรินเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมด ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความสามารถในการกระจาย

ตัวอินทผลัมผงเมื่อละลายในน้ำ และอุณหภูมิมีผลต่อค่าและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละความเป็นกรดทั้งหมด ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำอินทผลัมผง จากภาพที่ 1ก พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 องศาเซลเซียส ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20, 25 และ 30 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 13.33, 13.00 และ 12.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และ อุณหภูมิมีผลต่อค่า 150 องศาเซลเซียส ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20, 25 และ 30 มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 15.67, 14.67 และ 14.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิมีผลต่อค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น และที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่มากขึ้นจะทำให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงทั้งนี้เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ทรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้น เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว เป็นต้น ลักษณะมอลโตเด็กซ์ทรินผงที่ผลิตได้จากวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวาน ทอดความชื้นน้อย เพราะองค์ประกอบหลักที่พบมากคือคาร์โบไฮเดรตพบเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 99 ประเภทแป้งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์มีคุณสมบัติที่สำคัญคือไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ในน้ำร้อน⁽¹⁵⁾ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักที่มากขึ้นไปมีผลต่อการละลาย ทำให้การละลายในน้ำมีค่าลดลงซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ⁽¹⁶⁾ จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยของ⁽¹⁷⁾ ที่ศึกษาในน้ำอินทผลัมสด พบว่า ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำอินทผลัมสดขึ้นอยู่กับระยะเวลาความแก่ของอินทผลัมที่วัดได้อยู่ในช่วง 7.00-9.00 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้แตกต่างจากอินทผลัมทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ความร้อนอุณหภูมิสูงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอยมีการระเหยน้ำออกไปทำให้ปริมาณของแข็งที่มีลักษณะเป็นผงเมื่อนำมาละลายน้ำมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากขึ้น⁽¹¹⁾

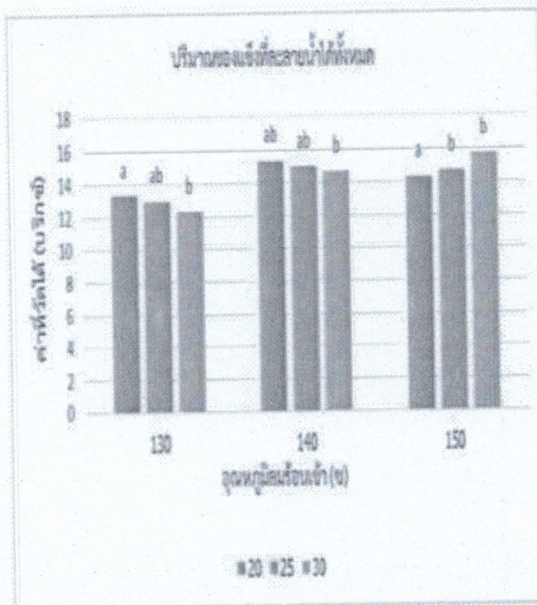
การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของน้ำอินทผลัมผง จากภาพที่ 1ข พบว่า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำอินทผลัมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผง อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 องศาเซลเซียสที่มอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 และ 25 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.52 และน้ำอินทผลัมผงที่อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 องศาเซลเซียส ที่มอลโตเด็กซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 30 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 5.34 จะพบว่าอินทผลัมผงมีความเป็นกรด-ด่างมีค่าที่เมื่อความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นทั้งนี้ในทางทฤษฎีเนื่องจากเมื่อนำมอลโตเด็กซ์ทรินผงมาละลายในน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.5 จัดได้ว่ามีค่าความเป็นกรดต่ำ⁽¹⁵⁾ และเมื่อนำมาผสมกับน้ำอินทผลัมและนำไปอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่อุณหภูมิมีผลต่อค่า 150 องศาเซลเซียส แสดงว่า การเพิ่มความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินลงไปและใช้อุณหภูมิมีผลต่อค่าสูงขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำลงไปทำให้มีการละลายน้ำได้ดีขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นกว่าที่อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 และ 140 องศาเซลเซียส โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ⁽¹⁸⁻²¹⁾ จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยของ⁽¹⁷⁾ ที่ศึกษาในน้ำอินทผลัมสด พบว่า ความเป็นกรด-ด่างของน้ำอินทผลัมอยู่ในช่วง 5.00-5.30 ค่าที่ได้เมื่อเปรียบเทียบจากการทำอินทผลัมผง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าช่วงความแก่ของอินทผลัมสดกับอินทผลัมผงไม่ทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ร้อยละกรดทั้งหมดของน้ำอินทผลัมผง จากภาพที่ 1ค พบว่า ค่าร้อยละกรดทั้งหมดของน้ำอินทผลัมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผง อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 องศาเซลเซียสที่มอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 และ 25 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.52 และน้ำอินทผลัมผงที่อุณหภูมิมีผลต่อค่า 130 องศาเซลเซียส ที่มอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 5.34 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ร้อยละกรดทั้งหมดที่ได้เมื่อแปรอุณหภูมิมีผลต่อค่าและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าร้อยละกรดทั้งหมดที่ได้มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน แสดงว่าการเพิ่มความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิมีผลต่อค่าที่เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่ละลายน้ำได้มากขึ้น⁽¹⁵⁾ มีผลต่อค่าร้อยละกรดทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ทำให้ค่าร้อยละกรดทั้งหมดลดลง โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ⁽¹⁶⁻²¹⁾ จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยของ⁽¹⁷⁾ ที่ศึกษาในน้ำอินทผลัมสด พบว่า ร้อยละกรดทั้งหมดของน้ำอินทผลัมอยู่ในช่วง 1.92-2.24 ค่าที่ได้

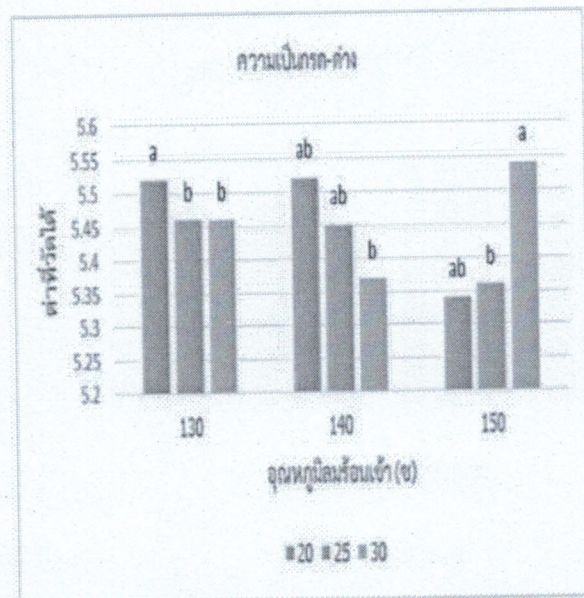
เมื่อเปรียบเทียบจากการทำอินทผลัมผง พบว่า ค่าร้อยละกรดทั้งหมดมีความแตกต่างจากน้ำอินทผลัมผงทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเกิดการสลายตัวของกรดอินทรีย์บางส่วนที่พบในอินทผลัม จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความเป็นกรด-ด่าง และร้อยละกรดทั้งหมดในอินทผลัมสดกับอินทผลัมผงมีค่าแตกต่างกันชัดเจน เฉพาะปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและร้อยละกรดทั้งหมดทั้งนี้เนื่องมาจากสายพันธุ์ ความแก่อ่อน อุณหภูมิในการให้ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง⁽¹¹⁾

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำอินทผลัมผงด้าน สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ และความชอบโดยรวม จากภาพที่ 2ก-2จ พบว่า คะแนนการประเมินด้านประสาทสัมผัสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทุกด้าน โดยคะแนนด้านสีพบว่าอุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 130 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 25 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิรมร้อนชาเข้าต่ำและความเข้มข้นมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้มีความเหมาะสม สำหรับคะแนนด้านกลิ่นพบว่าอุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 30 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สูงทำให้เกิดการแห้งได้เร็วกว่าประกอบกับการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 เป็นสารช่วยทำให้แห้งเร็วการใช้ปริมาณที่มากนอกจากทำให้เกิดการแห้งได้เร็วขึ้นยังช่วยเก็บรักษากลิ่นรสของอินทผลัมผงได้ดีกว่า⁽¹⁵⁾ สำหรับคะแนนการยอมรับด้านความหวาน รสชาติ และการยอมรับโดยรวมแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันจากข้อมูลจะเห็นว่าอุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 130 และ 140 องศาเซลเซียส และมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 20 และ 25 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่ที่ความเข้มข้นมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 30 ให้คะแนนการยอมรับด้านความหวาน และความชอบโดยรวมสูงสุดมีค่าเท่ากันเท่ากับ 6.80 ส่วนรสชาติสูงสุดเท่ากับ 7.13 ทั้งนี้เนื่องจาก อุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส และมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 30 ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 130 และ 140 องศาเซลเซียส ประกอบกับผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผงที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าโดยรวมแล้วอุณหภูมิรมร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส ที่มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 30 มีความชอบโดยรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ⁽²²⁻²⁴⁾

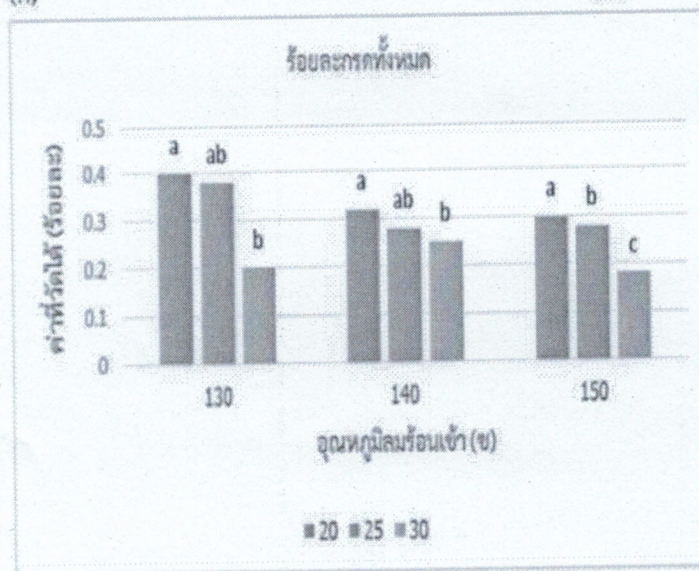
จากการคิดคำนวณต้นทุนในการผลิตอินทผลัมผงอย่างคร่าว ๆ พบว่า มอลโตเด็กซ์ตริน 1 กก. ราคา 45 บาท น้ำอินทผลัมสด 4 ลิตร ราคา 400 บาท ค่าแรงงาน 5 วัน ๆ ละ 400 บาท จำนวน 5 คน 10,000 บาท ค่าภาชนะบรรจุ 800 บาท ต้นทุนในการผลิต = $45 + 400 + 10000 + 800 = 11,245$ บาท ผลิตจำนวน 1,000 กล่อง ราคาต่อหน่วย (กล่อง) = 11.25 บาท ประมาณ 12 บาท



(ก)

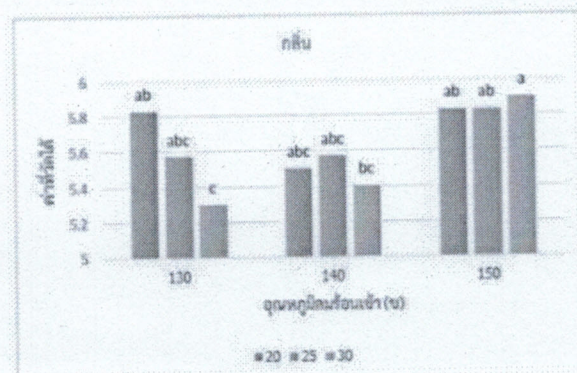
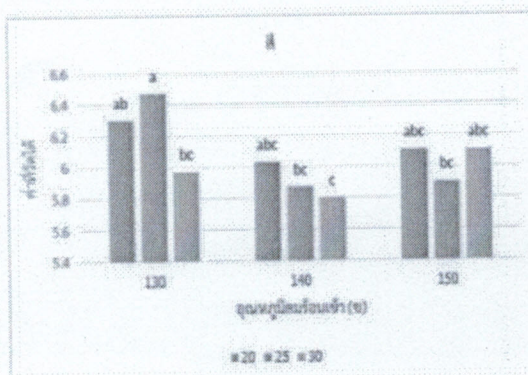


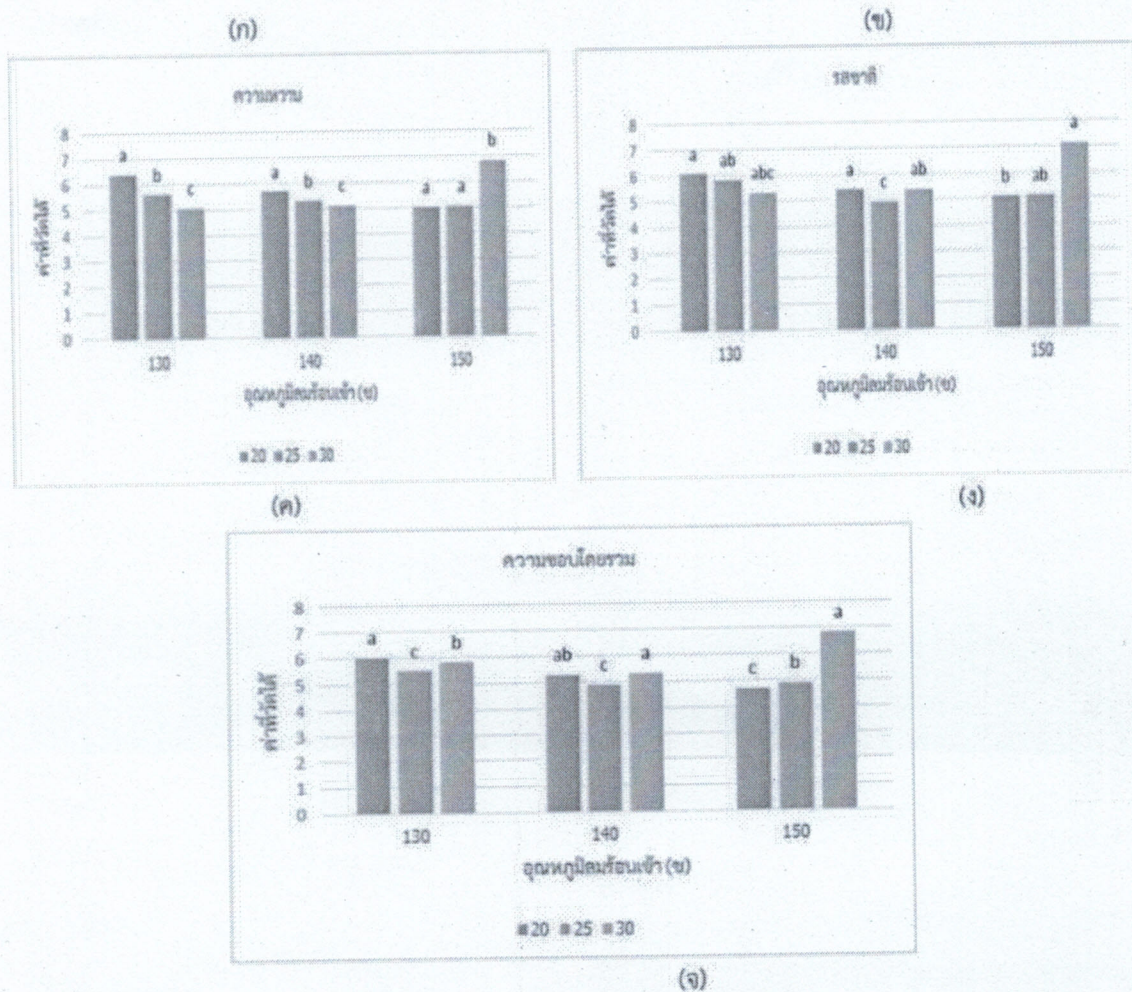
(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีที่วัดได้เมื่อแปรอุณหภูมิร้อนเข้าร้อนและมอลโตเด็กซ์ทรินต่างกัน (ก) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ข) ความเป็นกรด-ด่าง (ค) ร้อยละการทั้งหมด





ภาพที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีที่วัดได้เมื่อแปรรูปอุณหภูมิของน้ำร้อนและมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน (ก) สี (ข) กลิ่น (ค) ความหวาน (ง) รสชาติ (จ) ความชอบโดยรวม

สรุปผลการวิจัย

อินทผลัมเป็นผลไม้ที่มีรสหวานและประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นและสำคัญหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นวิตามินซี วิตามินบี วิตามินเค เหล็ก และใยอาหารที่มีฤทธิ์ช่วยต้านอนุมูลอิสระรวมถึงสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีส่วนช่วยป้องกันปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการเสื่อมสลายของร่างกาย^(1,10) สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผง จัดได้ว่าเป็นการพัฒนาเครื่องดื่มพร้อมชงรูปแบบใหม่ที่มีความสะดวกต่อการบริโภคและการเก็บรักษาสลิตภัณฑ์ จากผลการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผงพร้อมดื่มในการทำแบบพ่นฝอยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งคือ อุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยอยู่ที่อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ 150 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีค่าวิเคราะห์สมบัติทางที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำอินทผลัมผงโดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 15.67 องศาบริกซ์ ความเป็นกรด-ด่างมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.54 ร้อยละกรดทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.18 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านรสชาติและความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.13 และ 6.80 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยเรื่อง อิทธิพลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิร้อนชาเข้าที่มีต่อคุณภาพน้ำอินทผลัมทำแห้งแบบพ่นฝอยสำเร็จจุลล้างไปด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ชั้นปีที่ 4 อาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย ตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะ ฯ งานวิจัยแล้วเสร็จจุลล้างด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. ศิริพร อริยทุรรัตน์. อินทผลัม. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thebangkokinsight.com/83970/>
2. Al Farsi MA, Lee CY. Nutritional and functional properties of dates: A review. *Cri Rev in Food Sci and Nutr*, 2008;48: 877-887.
3. Ali Mohamed AY, Khamis AS. Mineral ion content of the seeds of six cultivars of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera*). *J. of Agri. and Food Chem*, 2004;52: 6522-6525.
4. บรีนา น้อยทพ. อิทธิพลของปริมาณกลูโคสไซรัปและอุณหภูมิร้อนชาเข้าที่มีต่อคุณภาพน้ำกระเจี๊ยบแดงทำแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ). 2563;51(1): 507-511.
5. กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ. การผลิตสีผงสำหรับผสมอาหารจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย. รายงานการวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี; 2556.
6. Phisut N. Mini Review: Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal*, 2012;19(4): 1297-1306.
7. Manickavasagan A, Thangavel K, Dev SRS, Aniesrani Delfiya DS, Nambi E, Orsat V, and Raghavan GSV. Physicochemical characteristics of date powder produced in a pilot scale spray dryer. *Drying Technology: An International Journal*, 2015;33(9): 1114-1123.
8. จาริยา. อินทผลัม (Date Palm). [อินเทอร์เน็ต]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2557]. เข้าถึงได้จาก: <https://jariya078.wordpress.com/page/2/>
9. Al-shahib W, Marshall RJ. The fruit of the data palm: its possible use as the best food for the future?. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2003;54(4): 247-259.
10. สุพรรณ. สวนอินทผลัมจังหวัดสุพรรณบุรี. [อินเทอร์เน็ต]. 2564. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.suphan.biz/SoillessCultureCenter.htm>
11. Wirivutthikorn W. Effect of Temperatures maltodextrin on physical properties of date palm powder by spray drying. In: *Proceeding 6th Int. Conf. on Structure, Engineering & Environment (SEE)*, Kyoto, Japan, 18-20 November 2020, Japan; pp.43-48.
12. ไพโรจน์ วิริยจารี. การประเมินทางประสาทสัมผัส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่; 2545.
13. AOAC. Official method of analysis. 18th ed. Virginia: The Association of official Analytical Chemists; 2005.
14. วัฒนา วิวิธศิริ. ผลของอัตราส่วนน้ำเสารสและน้ำอ้อยที่มีต่อการผลิตน้ำเสารสผสมน้ำอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ). 2561;49(3): 229-235.
15. กล้านรงค์ ศรีรอด, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีแปรรูป. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.

16. Adhikari B, Howes T, Bhandari BR, Troung V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying experiments and modeling. J. Food Eng, 2004;62(1): 53-68.
17. พรประภา ชุนถนอม, หทัยรัตน์ บุญทวี, นรินทร์ อาจวาที, เสาวรส ร่องขาน, วิวัฒน์ ศรีวิชา. คุณภาพของน้ำอินทผลัมสด ในจังหวัดสกลนคร. วารสารแก่นเกษตร. 2557;42 ฉบับพิเศษ 1: 620-626.
18. พิไลรัก อินธิปัญญา, ธนกิจ ถาหมี. ผลของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งชนิดผง. วารสารวิชาการเกษตร. 2557;32(2): 139-153.
19. สุนทรี วราอุบล. ผลของมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำใบเตยผงที่ทำแห้ง แบบพ่นกระจาย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2546;11(1): 32-41.
ณัฐพร จันทพันธ์. การผลิตน้ำบวญผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่; 2549.
20. Kha TC, Nguyen MH, Roach, PD. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering, 2010;98(3): 385-392.
21. วราพร ก่อเกียรติสกุลชัย. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำอ้อยผงพร้อมดื่มด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2552.
22. Sompuen S. Production of powdered sugarcane by spray drying. Research Report Division of Agro Industrial Faculty of biotechnology Rangsit University. Pathum Thani; 1996.
23. เบญจรัก วาญภาพ. การผลิตน้ำอ้อยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารอาหาร. 2542;29(4): 283-291.

ASTC 2021

การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ครั้งที่

8

Proceedings

วิทยาศาสตร์ วิจัย นวัตกรรม
น้อมนำศาสตร์พระราช
เพื่อพัฒนาประเทศ

Academic Science and
Technology Conference

วันศุกร์ที่ 26 มีนาคม 2564
(รูปแบบ Online)

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี



การประเมินสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารหอมระเหยในรกจันทน์จากผลจันทน์เทศในพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครศรีธรรมราช

Evaluation of Physicochemical Properties and Volatile Compositions of Mace (Myristica fragrans Houtt.) Cultivated from Nakhon Si Thammarat Province

รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์¹ และ ศรีณญา สังขสัณญา^{1*}
Porncheunchuwong, R.¹ and Sangkasanya, S.^{1*}

รุ่งอรุณ พรชื่นชูวงศ์¹ และ ศรีณญา สังขสัณญา^{1*}
Porncheunchuwong, R.¹ and Sangkasanya, S.^{1*}

¹สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ธัญบุรี ปทุมธานี 12130

¹Division of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology, Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumtani, 12130

* Corresponding author: sarinya_s@rmutt.ac.th

* Corresponding author: sarinya_s@rmutt.ac.th

Received 31 May 2020; Revised 10 October 2020; Accepted 21 October 2020

Received 31 May 2020; Revised 10 October 2020; Accepted 21 October 2020

บทคัดย่อ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมบัติทางกายภาพ (สี น้ำหนัก และขนาด) เคมี (ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ) และระบุชนิดขององค์ประกอบสารหอมระเหยในรกจันทน์ โดยใช้รกจันทน์ของผลจันทน์เทศในพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาพบว่า รกจันทน์มีลักษณะเป็นเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 29.25 33.247 และ 19.394 ตามลำดับ มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.388 กรัม มีขนาดกว้าง และยาว 2.137 และ 3.109 เซนติเมตร ตามลำดับ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.702 mg GAE/g FW และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.433 mg AAE/ g FW สกัดสารหอมระเหยในรกจันทน์ด้วยวิธี HS-SPME-GC-MS พบว่า สารหอมระเหยในรกจันทน์มีจำนวน 13 ชนิด โดยมีกลุ่มของสารเทอร์ปีนและอนุพันธ์เป็นกลุ่มสารหลักและมีจำนวนมาก โดยสาร Terpinen-4-ol เป็นชนิดสารที่ตรวจพบมีปริมาณสูงสุด (70.63%) ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นของรกจันทน์มีกลิ่นหอมหวาน เผ็ดร้อนคล้ายพริกไทย สมุนไพร และมีกลิ่นส้ม

คำสำคัญ: รกจันทน์, สารหอมระเหย, เฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอ็กแทรกชัน แก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี

Abstract

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the physical (color weight and size) chemical (total phenolic content (TPC) and DPPH radical scavenging activity) and to identify volatile compositions (VC) of Mace (*Myristica Fragrans* Houtt.) cultivated from Nakhon Si Thammarat Province. The results showed that, Mace was crimson-colored aril. The lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) values were 29.25 33.247 and 19.394, respectively. Its weight was 1.388 g. with 2.137 x 3.109 cm; width x length. The TPC was 1.702 mg GAE/g FW which contributed to 0.433 mg AAE/g FW. DPPH radical scavenging activity. A total of 13 VC were identified by headspace solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) technique. The abundance terpenes and their derivatives were the major constituents. The Terpinen-4-ol (70.63%) was identified as a main of VC in mace which the aroma attribute of Mace was described as sweet-spicy-pepper, herbal, and citrus.

Keywords: Mace (*Myristica fragrans* Houtt.), Volatile compositions, HS-SPME-GC-MS

บทนำ

จันทน์เทศ หรือ จันทน์บ้าน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Myristica fragrans* Houtt. จัดเป็นไม้ไม่ผลัดใบ อยู่ในวงศ์ *Myristicaceae* เป็นพืชถิ่นในหมู่เกาะโมลุกกะ (Moluccas) หรือหมู่เกาะเครื่องเทศ (Spice Islands) ประเทศอินโดนีเซีย จันทน์เทศเป็นพืชสมุนไพรที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์โดยนำลูกจันทน์เทศ (nutmeg) และรกจันทน์ (mace) มาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร และในงานทางการแพทย์ โดยในปัจจุบันมีการเพาะปลูกจันทน์เทศอย่างแพร่หลายในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย เกรนาดาในทะเลแคริบเบียน รัฐเกรละในอินเดีย ศรีลังกา และอเมริกาใต้ (Gomathi et al., 2016)

รกจันทน์ (Mace) เป็นส่วนที่หุ้มเมล็ดจันทน์เทศ มีลักษณะเป็นริ้วบาง หลายแฉกคลุมรอบเมล็ด รกจันทน์สดมีลักษณะเป็นสีแดงเข้ม และเมื่อนำไปทำให้แห้งจะเปลี่ยนจากสีแดงสดเป็นสีออกเหลืองหรือส้มอ่อน รกจันทน์มีสรรพคุณในการต้านจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระได้ดี อีกทั้งยังใช้เพื่อบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียน และเป็นสารกระตุ้นในระบบทางเดินอาหารและลำไส้ (Suchandra et al., 2007; Remya and Krishnamoorthy, 2012) การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรกจันทน์เปรียบเทียบกับส่วนอื่น ได้แก่ เมล็ด เปลือก และใบ พบว่าในรกจันทน์ มีส่วนประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูง และให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ทำให้รกจันทน์มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดี อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดสารก่อมะเร็งในช่องปากได้ดี (Gayathri et al., 2018; Zhao et al., 2019) จากการศึกษาของ Piaru และคณะ (2012) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) จึงช่วยยับยั้งการถูกออกซิไดส์ของเบตาแคโรทีน (beta-carotene) ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี beta-carotene/linoleic acid bleaching assay โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ $88.68 \pm 0.1\%$ ใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน BHT ($93.2 \pm 0.1\%$) นอกจากนี้พบว่าในน้ำมันหอมระเหยมีสมบัติการรบกวนการสังเคราะห์ไขมันในตับของหนูทดลอง Sprague Dawley ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากรกจันทน์ จึงมีประสิทธิภาพในการพัฒนาเป็นยารักษาโรคสัมพันธ์กับการสร้างเส้นเลือดใหม่ เช่น การเจริญของเนื้องอก โรคมะเร็ง โรคอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น อีกทั้งยังมีอีกหลากหลายงานวิจัยพบว่ามีสาร α -pinene, β -pinene, γ -terpinene, Terpinene-4-ol, Myristicin และ Elemicin เป็นสารหอมระเหยหลักที่พบในรกจันทน์ โดยมีรายงานว่าสารประกอบ Myristicin มีส่วนช่วยใน

การยับยั้งการก่อตัวของเซลล์มะเร็งในลำไส้ใหญ่ ด้านการอักเสบ และสารประกอบ Terpinene-4-ol มีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา ช่วยลดการอักเสบ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และลดการก่อตัวของเซลล์มะเร็งในช่องปาก (Ozaki et al., 1989; Nascimento et al., 2005; Zhao et al., 2019)

มีรายงานการเพาะปลูกจันทน์เทศทั่วโลกมากกว่า 12,000 ต้นต่อปี ซึ่งพบการผลิตและส่งออกหลักของจันทน์เทศในตลาดโลกมากที่สุดอยู่ที่ประเทศอินโดนีเซีย และเกรนาดา โดยสร้างมูลค่าการผลิตและส่งออกต่อตลาดโลกสูงเฉลี่ยเท่ากับ 75% และ 20% ตามลำดับ ส่วนประเทศรองลงมาได้แก่มาเลเซีย อินเดีย มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี ศรีลังกา และหมู่เกาะแคริบเบียน เป็นต้น (Remya and Krishnamoorthy, 2012) ถึงแม้ว่าจันทน์เทศจะเป็นส่วนหนึ่งของจันทน์เทศที่อุดมไปด้วย รกจันทน์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และสามารถนำมาสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกได้ดี จากความน่าสนใจของรกจันทน์ประกอบกับมีสรรพคุณเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของรกจันทน์จากแหล่งเพาะปลูกหลักทั้งยังใช้เพื่อของจังหวัดนครศรีธรรมราชในประเทศไทย ยังไม่มีการรายงานระดับปริมาณของ รกจันทน์ที่มีคุณภาพและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากนัก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจและมุ่งศึกษาการประเมินสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารหอมระเหยในรกจันทน์เทศจากผลจันทน์เทศในพื้นที่เพาะปลูกจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อทราบถึงข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญนำไปสู่การวางแผนการปลูกจันทน์เทศที่เหมาะสมและปลอดภัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

1. วัตถุประสงค์และการเตรียมตัวอย่าง รกจันทน์เทศที่เก็บเกี่ยวจากต้นจันทน์เทศที่ปลูกในพื้นที่เพาะปลูก อำเภอรัตนวาปี จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วงเช้าของวัน และจัดส่งมายัง สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทันที ใช้เวลาการขนส่ง 24 ชั่วโมง ในระหว่างการขนส่ง จะมีการควบคุมอุณหภูมิ 15 ± 5 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการคัดเลือกจันทน์เทศผลดี ไม่เน่าเสีย ไม่มีรอยกัดเจาะ ไม่มีรอยตำหนิที่ผิว นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ และแช่สารละลายไฮโปคลอไรต์ (100 ppm) เป็นเวลา 5 นาที นำขึ้นและเด็ดน้ำ จากนั้นแยกเอาเฉพาะส่วนของรกจันทน์สด บรรจุถุงฟอยด์ทึบแสง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2. การประเมินสมบัติทางกายภาพ และ เคมี

2.1 สมบัติทางกายภาพ ใช้ตัวอย่างรกจันทน์สดจากผลจันทน์สด จำนวน 30 กรัม นำไปสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม และวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรกจันทน์เทศ

การวัดค่าสี

วัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* b^* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Colorimeter บันทึก ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)

การชั่งน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง Analytical Balance 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S-CW บันทึกผลน้ำหนัก รกจันท์ (กรัม)

การวัดขนาด

วัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ บันทึกผลความ กว้าง (เซนติเมตร) และความยาว (เซนติเมตร)

2.2 สมบัติทางเคมี

นำตัวอย่างรกจันท์สดมาปั่นผสมกับน้ำกลั่นโดยใช้ สัตส่วนโดยน้ำหนักของ รกจันท์สด : น้ำกลั่น เท่ากับ 1:80 จากนั้นกรองแยกกากด้วยกระดาษกรอง Whatman No.4 เบอร์ 4 นำส่วนน้ำสกัดใสมานำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ตามขั้นตอน ต่อไปนี้

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วย วิธี Folin-Ciocalteu reagent โดยนำส่วนสกัดปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร มาเติม Folin-Ciocalteu reagent (ร้อยละ 10) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (ร้อยละ 6) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโน เมตร โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และรายงานค่าใน รูปมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างสด (mg GAE/g FW) (ดัดแปลงจาก Tan *et al.*, 2013)

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging โดยนำส่วนสกัดปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายอนุมูลอิสระเสถียร DPPH (0.15 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสาร มาตรฐาน และรายงานค่าในรูปมิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ กรัมตัวอย่างสด (mg AAE/g FW) (ดัดแปลงจาก Sangkasanya *et al.*, 2016)

3. การตรวจสอบชนิดสารหอมระเหยด้วยแก๊สโครมาโตกราฟ

การเตรียมตัวอย่างรกจันท์แห้ง

นำรกจันท์สดใส่ในภาตสำหรับทำแห้งแบบเยือก แข็ง ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือก แข็งยี่ห้อ NANBEI รุ่น LGJ-10 freeze dryer ใช้โปรแกรมทำ แห้งแบบ Manual โดยกำหนดอุณหภูมิแช่เยือกแข็งที่ -30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปรับ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ครึ่งละ 5 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง จนถึง อุณหภูมิสุดท้าย 25 องศาเซลเซียส นำรกจันท์แห้งที่ได้มา บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh บรรจุในถุงพอยด์น็อกเคลความ ทึบแสง เพื่อร่อนนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป (เช่นเดียวกับ

การสกัดสารหอมระเหยด้วยเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอ็ก

แทรกซ์ (HS-SPME) นำตัวอย่างรกจันท์สดมาปั่นผสมกับน้ำกลั่นโดยใช้

ชั่งน้ำหนักผงรกจันท์แห้งที่เตรียมได้ 10 กรัม เติมน้ำ 150 มิลลิลิตร บรรจุขวด Supelco-Headspace Vial ขนาด 27 มิลลิลิตรจาก Supelco ปิดฝาขวดบรรจุตัวอย่างให้สนิท จากนั้นนำขวดตัวอย่างไปบ่มสารประกอบฟีนอลิกที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำขวดตัวอย่างมาดูดซับสารหอมระเหย ด้วย SPME-Polydimethylsiloxane (PDMS) fibers d_f 100 μ m (Supelco, Bellefonte, PA) เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส จากนั้น นำ SPME ออกจากขวดบรรจุตัวอย่างเพื่อเตรียมวิเคราะห์สารหอมระเหยด้วย GC-MS- Ciocalteu reagent โดยนำส่วนสกัดปริมาตร 0.2

แก๊สโครมาโตกราฟ (GC-MS)

วิเคราะห์ชนิดสารหอมระเหยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโต กราฟ (GC) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 19091S-433 โดยใช้คอลัมน์ ชนิด HP-5MS ทำการวิเคราะห์ด้วย split ratio 30:1 ใช้ อุณหภูมิเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงที่ 1 นาที จากนั้น เพิ่มขึ้นเป็น 120 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส ต่อ นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อ นาที ค้างไว้ 5 นาที ใช้ก๊าซ ฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพาที่อัตราการไหลคงที่ 0.80 มิลลิลิตรต่อ นาที จากนั้นสารหอมระเหยจะเข้าสู่ Agilent 7000 MS detector (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) การบ่งชี้ชนิดของสารหอมระเหยใช้ส่วนวิเคราะห์มวล (mass analyzer) แบบ electron impact โดยมีพลังงานไอออนไนเซชัน 70 eV วิเคราะห์เทียบ mass spectrum กับ ฐานข้อมูล NIST MS Search 8.0 library (National Institute of Standard and Technology, Gaithersburg, MD, USA) (ดัดแปลงจาก Sangkasanya *et al.*, 2016)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพ

รกจันทน์ เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดจันทน์ มีลักษณะเป็นริ้วหลายแฉก มีสีแดงเข้ม (Figure 1) จากการประเมินสมบัติทางกายภาพของรกจันทน์ พบว่า รกจันทน์มี ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 29.25 33.25 และ 19.39 ตามลำดับ นอกจากนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.39 กรัม มีขนาด ความกว้าง ความยาว เท่ากับ 2.14 และ 3.11 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

จากผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการรายงานผลการวิจัยของ Meetha และคณะ (2014) ที่ได้รายงานผลค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของรกจันทน์สดในพื้นที่ปลูกรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย ที่มีค่าเท่ากับ 32.2 34.11 และ 16.19 ตามลำดับ

สมบัติทางเคมี และ สารหอมระเหย

จากการตรวจประเมินสมบัติทางเคมี พบว่า รกจันทน์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.702 mg GAE/ g FW และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.433 mg AAE/ g FW (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระในพริกหยวกแดง (*Capsicum annuum* Linn.) เท่ากับ 0.13 mg GAE/ g FW และ 0.54 mg AAE/ g FW ตามลำดับ (Tinrat, 2016) กล่าวได้ว่าในรกจันทน์มีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Tan และคณะ (2013) ได้ตรวจพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรกจันทน์ที่เพาะปลูกในรัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย เท่ากับ 0.374 mg GAE/g DW

องค์ประกอบของสารระเหยในรกจันทน์ถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี ผลการทดลองพบสารหอมระเหยจำนวน 13 ชนิด โดยตรวจพบสารระเหยกลุ่มหลักในรกจันทน์ คือ สารกลุ่มเทอร์พีน (terpenes) และอนุพันธ์ต่าง ๆ ได้แก่

Terpinen-4-ol (70.63%), α -terpinolene (4.32%), β -phellandrene (3.85%), α -cymene (3.42%), α -terpinene (3.01%), p -cymenyl (2.80%), γ -terpinene (2.43%), Myristicin (2.42%), Linalyl propionate (2.11%), α -phellandrene (1.75%), α -pinene (1.15%), α -ylangene (1.07%) และ 1,3,8-p-menthatriene (1.03%) (Table 2) ผลการวิเคราะห์ชนิดของสารหอมระเหยของรกจันทน์ในงานวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าชนิดของสารระเหยในรกจันทน์ที่เพาะปลูกในมณฑลไห่หนาน ประเทศจีน มีองค์ประกอบหลักคือ α -pinene (1.84%), γ -terpinene (2.03%), Terpinen-4-ol (2.97%) และ Myristicin (5.76%) (Zhao et al., 2019) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Singh และคณะ (2005) ได้รายงานชนิดและองค์ประกอบสารระเหยหลักในรกจันทน์ที่เพาะปลูกในรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย คือ Terpinen-4-ol (12.08%), α -pinene (9.7%), β -phellandrene (6.56%) และ γ -terpinene (5.93%) พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.702 mg GAE/ g FW และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.433 mg AAE/ g FW

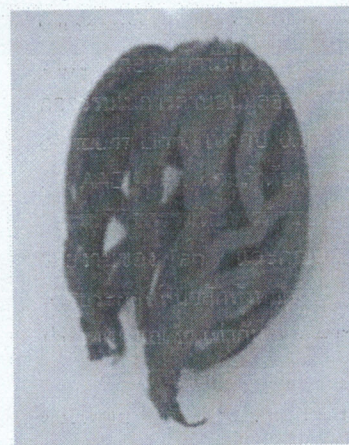


Figure 1 Mace (*Myristica Fragrans* Houtt.)

Table 1 Physical-Chemical Properties of Mace (*Myristica Fragran* Houtt.)

Physical-Chemical Properties	Value
L^*	29.250 ± 0.36
a^*	33.247 ± 0.47
b^*	19.394 ± 0.89
Weight (g)	1.388 ± 0.18
Length (cm)	2.137 ± 0.18
Height (cm)	3.109 ± 0.16
Total Phenolic (mg GAE /g FW)	1.702 ± 0.01 (mg GAE /g FW)
Inhibition of DPPH (mg AAE /g FW)	0.433 ± 0.02 (mg AAE /g FW)

Note: Values are given as means $\pm$ SD (n=3)

Table 2 Volatiles flavor compounds and their attributes identified in Mace (*Myristica Fragrans* Houtt.)

No.	Rt ^A (min)	Relative area (%)	Compound	Attribute ^B
1	7.60	1.15	α -pinene	fresh sweet pine
2	9.83	1.75	α -phellandrene	terpene spicy medicinal
3	10.23	3.01	α -terpinene	terpene lemon herbal medicinal citrus
4	10.49	3.42	o-cymene	citrus
5	10.62	3.85	β -phellandrene	mint turpentine phellandrene
6	11.59	2.43	γ -terpinene	oily lemon/lime tropical herbal
7	12.56	2.80	p-cymenyl	phenolic spicy coffee nutty
8	12.95	4.32	α -terpinolene	fresh sweet pine citrus
9	14.15	1.03	1,3,8-p-menthatriene	terpenic herbal woody
10	15.38	70.63	Terpinen-4-ol	spicy pepper sweet citrus pine
11	15.74	2.11	Linyl propionate	floral fresh bergamot lily rose rummy
12	21.09	1.07	α -ylangene	sweet bay spearmint cardamom rosemary
13	24.95	2.42	Myristicin	spice, warm, balsamic

Note: ^A Rt = Retention time (min); ^B Reference: [http:// www.thegoodscentscompany.com/rawmatex.html](http://www.thegoodscentscompany.com/rawmatex.html)

จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่า Terpinen-4-ol เป็นสารหอมระเหยชนิดหลักที่พบมากที่สุดถึงร้อยละ 70.63 ให้ลักษณะซึ่งให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน เผ็ดร้อนคล้าย พริกไทย สมุนไพร และมีกลิ่นส้ม จัดเป็นสารกลุ่ม oxygenated monoterpene ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์ มีสมบัติในการยับยั้งการอักเสบ และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี โดยมีความสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Piaru และคณะ (2012) ได้รายงานถึงสารหอมระเหยหลักในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศในพื้นที่ปลูก ประเทศมาเลเซีย พบว่า Terpinen-4-ol เป็นสารหอมระเหยหลักที่พบมากที่สุดถึงร้อยละ 21.3 อีกทั้งยังพบว่าในน้ำมันหอมระเหยจันทน์เทศที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) และลำไส้ใหญ่ (HCT-116) ได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งร้อยละ 89.0 $\pm$ 2.5 และ 72.9 $\pm$ 2.6 อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ตรวจพบ สาร Myristicin มีรายงานว่า เป็นสารหอมระเหยที่มีความสำคัญ ให้ลักษณะกลิ่นรสออกเผ็ดร้อน เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มี ประสิทธิภาพที่พบในสกุลจันทน์เทศ มีสมบัติในการยับยั้งการอักเสบ ลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เป็น aromatic ether fraction อยู่ในกลุ่ม phenolic ether ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์ โดยในการศึกษาครั้งนี้ ตรวจพบสาร Myristicin ในจันทน์เทศร้อยละ 2.42 ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meetha และคณะ (2014) ที่ได้ ศึกษาคุณภาพกลิ่นรสของจันทน์เทศในพื้นที่ปลูกรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย โดยใช้ Myristicin เป็นสารบ่งบอกคุณภาพ พบว่าสาร Myristicin ในจันทน์เทศมีปริมาณสูงถึงร้อยละ

21.06 และมีรายงานพบว่า Myristicin ที่ความเข้มข้น 75 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำมันลูกจันทน์เทศ มีประสิทธิภาพ ที่ดีต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก (Caco₂) หลังทำการบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 146 ไมโครกรัมต่อ มิลลิลิตร (Piras *et al.*, 2012) อีกทั้งมีรายงานของ Ozaki และคณะ (1989) ที่รายงานว่า Myristicin มีฤทธิ์ในการต้าน การอักเสบที่พบได้ในพืชสกุลจันทน์เทศ โดยมีการทดสอบฤทธิ์ การยับยั้งการอักเสบของสารสกัดจันทน์เทศที่สกัดด้วยเมทานอล, อีเทอร์ และเฮกเซน เปรียบเทียบกับยามาตรฐาน indomethacin ผลการทดลองโดยใช้การจันแนทดสอบการ เหนียวน้ำให้เกิดการบวมที่อุ้งเท้าหนูแรท และใช้กรดอะ ซิดิกในการเหนียวน้ำให้เกิดการซึมผ่านของสารที่หลอดเลือด (vascular permeability) ในหนูเม้าส์ พบว่า สารสกัดจันทน์เทศได้แก่ สารสกัดเมทานอล 1.5 กรัมต่อกิโลกรัม, สาร สกัดอีเทอร์ 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม, สารสกัดเฮกเซน 0.5 กรัมต่อ กิโลกรัม, ส่วนสกัดย่อย Fr-II 0.19 กรัมต่อกิโลกรัม และส่วน สกัดย่อย Fr-VI 0.17 กรัมต่อกิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการ การยับยั้งการอักเสบได้ดี โดยมีค่าใกล้เคียงกับยามาตรฐาน indomethacin 10 กรัมต่อกิโลกรัม และพบสารสำคัญที่เป็น องค์ประกอบหลัก คือ Myristicin phenolic ether

สรุป

จันทน์เทศ (*Myristica Fragrans* Houtt.) จากพื้นที่ เพาะปลูกจังหวัดนครศรีธรรมราช มีลักษณะกายภาพเป็นเยื่อ หุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.388 กรัม มีขนาด ความกว้าง ความยาว เท่ากับ 2.137 และ 3.109 เซนติเมตร

ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เฉลี่ยเท่ากับ 29.25 33.247 และ 19.394 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีเมื่อเทียบกับพริกหยวกแดง (*Capsicum annuum* Linn.) ตรวจพบองค์ประกอบสารหอมระเหยชนิดเทอร์ปีนและอนุพันธ์ เช่น Terpinen-4-ol, α -terpinolene, β -phellandrene, o-cymene และ Myristicin เป็นต้น ซึ่งสารประกอบ Terpinen-4-ol ที่ถูกตรวจพบเป็นสารหอมระเหยหลักในรกจันทน์มีปริมาณสูงสุดถึงร้อยละ 70.63 ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายพริกไทย ออกหอมหวาน สมุนไพร และมีกลิ่นส้ม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยฯ งบกลาง ประจำปีงบประมาณ 2562 ในการทำวิจัยครั้งนี้ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Gayathri, R., Anuradha, V., Vishnupriya, V. and Mallika, J. 2018. Anticancer study of *Myristica fragrans* Houtt. (mace) extract on 4-nitroquinoline-1-oxide-induced oral cancer in rats. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 11: 189-192.
- Gomathi, P., Aman, K., Mebrahtom, G., Gereziher, G. and Anwar, U.H. 2016. Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (ed. Preedy, V.R.), pp. 607-616. San Diego: Academic Press.
- Meetha, J.N., Muhammadali, P., Joy, I.M., Mahendran, R. and Santhakumaran, A. 2014. Pulsed microwave assisted hot air drying of nutmeg mace for better colour retention. *J. Spices Aromatic Crops.* 1: 1-82.
- Nascimento, N.R.F., Leal-Cardoso, J.H., Lessa, L.M.A., Roriz-Filho, J.S., Cunha, K.M.A. and Fonteles, M.C. 2005. Terpinen-4-ol: mechanisms of relaxation on rabbit duodenum. *J. Pharm. Pharmacol.* 57: 467-474.
- Nashwa, F.S.M. 2016. A comparative study of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oleoresins obtained by conventional and green extraction techniques. *J. Food Sci. Technol.* 53: 3770-3777.
- Ozaki, Y., Soedigdo, S., Wattimena, Y.R., Suganda, A.G. 1989. Antiinflammatory effect of mace, Aril of *Myristica fragrans* Houtt. and its active principles. *Jpn. J. Pharmacol.* 49: 155-163.
- Piaru, S.P., Mahmud, R., Majid, A.M.S.A., Daoud, Z. and Nassar, Z.D.M. 2012. Antioxidant and antiangiogenic activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 5: 294-298.
- Piaru, S.P., Mahmud, R., Majid, A.M.S.A., Ismail, S. and Man, C.N. 2012. Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*. *J. Sci. Food Agric.* 92: 593-597.
- Piras, A., Rosa, A., Marongiu, B., Atzeri, A., Dessi, M.A., Falconieri, D. and Porcedda, S. 2012. Extraction and separation of volatile and fixed oils from seeds of *Myristica fragrans* by supercritical CO₂: Chemical composition and cytotoxic activity on Caco-2 cancer cells. *J. Food Sci.* 77: 448-453.
- Rema J. and Krishnamoorthy B. 2012. Nutmeg and mace. In *Handbook of Herbs and Spices*. (ed. Peter, K.V.), pp. 238-247. UK: CRC Woodhead Publishing Limited.
- Aman, K., Mebrahtom, G. 2016. Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (ed. Preedy, V.R.), pp. 607-616. San Diego: Academic Press.
- Sangkasanya, S., Sutthipong, P., Chawanthat, N. and Phisut, N. 2016. Red aril and yellow pulp from Gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng) as a source of biologically active ingredients for functional drink: Effect of formulation. The Proceeding of the 18th Food Innovation Asia Conference, Bangkok, Thailand, 16-18 June 2016, pp. 215-222.
- Singh, G., Marimuthu, P., Heluani, D.C. and Catalan, C. 2005. Antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of *Myristica fragrans* Houtt. (Aril Part). *J. Food Sci.* 70: 141-148.
- Suchandra, C., P. Zareena, N., Gautam, S., Soumyakanti, A., Prasad, S.V. and Arun, S. 2007. Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum*

Porncheunhuwong and Sangkasanya (2020)

- L.) and fresh nutmeg mace (*Myristica fragrans*). Food Chem. 101: 515-523.
- Tan, K.P., Khoo, H.E. and Azrina, A. 2013. Comparison of antioxidant components and antioxidant capacity in different parts of nutmeg (*Myristica fragrans*). Int. Food Res. J. 20: 1049-1052.
- Tinrat, S. 2016. Antioxidant activities and total phenolic content of multi-colored fruits and vegetables in Thailand. Res. J. 21: 1-11.
- Zhao, X., Wu, H., Wei, J. and Yang, M. 2019. Quantification and characterization of volatile constituents in *Myristica fragrans* Houtt. by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry. Ind. Crops Prod. 130: 137-145.
- Zhao, X., Wu, H., Wei, J. and Yang, M. 2019. Quantification and characterization of volatile constituents in *Myristica fragrans* Houtt. by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry. Ind. Crops Prod. 130: 137-145.

SJPS O.MIT.29102020

การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำส้มจี๊ดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

ช่อลัดดา เทียงพุท^{1*} จันทรเพ็ญ แสงประกาย² อภิญญา จูทางกูร³ อธิมา เจริญพงศ์⁴ จันทรเพ็ญ แสงประกาย² อภิญญา จูทางกูร³ อธิมา เจริญพงศ์⁴ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 อธิมา เจริญพงศ์⁴ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ศรีณญา สังข์สัญญา⁴ ภาวิณี นวมวิจิตร⁵ สุตาร์ตน์ เผ่าไทย⁵ และ กาญจน์สส์ วรรณปักษ์⁵ ภาวิณี นวมวิจิตร, บุคลากร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ นักวิจัย ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป

² นักวิจัย ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ

³ นักวิจัย ฝ่ายเคมีและกายภาพ

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

⁵ นักศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ นักวิจัย ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป

² นักวิจัย ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ

³ นักวิจัย ฝ่ายเคมีและกายภาพ

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

⁵ นักศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 14 มกราคม 2563

แก้ไข : 30 มิถุนายน 2563

ตอบรับ : 17 สิงหาคม 2563

คำสำคัญ :

ส้มจี๊ด / เครื่องดื่ม /
การพาสเจอร์ไรส์ /
กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระ

ส้มจี๊ดเป็นพืชในประเทศไทยที่มีตลอดปี มีสรรพคุณทางยา เปลือกมีกลิ่นหอม น้ำส้มจี๊ดมีรสเปรี้ยวจัด ไม่เหมาะที่จะรับประทานสด ควรนำไปเป็นส่วนผสมอาหารหรือแปรรูป เช่น ผลิตเป็นเครื่องดื่ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางอาหารจากน้ำส้มจี๊ดผสมเปลือก และศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องดื่มดังกล่าว จากผลการวิจัยพบว่า การใช้ปริมาณน้ำส้มจี๊ดและเปลือกมากขึ้นทำให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากขึ้น แต่ทำให้ผู้ชิมชอบน้อยลง สูตรที่พัฒนาได้รับความนิยมสูงสุด ประกอบด้วยน้ำส้มจี๊ดร้อยละ 10 สารสกัดเปลือกร้อยละ 5 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 10 และ น้ำร้อยละ 75 สภาวะการพาสเจอร์ไรส์ที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 นาที น้ำส้มจี๊ดที่ได้มีวิตามินซี 14.90 มก./100 มล. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 0.20 มก.กรดแกลลิก/มล. และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 13.32 มก.กรดแอสคอร์บิก/มล. การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 15 วัน ไม่ส่งผลลดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดแต่ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง ร้อยละ 10.54, 5.26 และ 14.19 ตามลำดับ

Development of Ready-to-Drink Beverage from Calamondin (*Citrus mitis* Blanco.) Mixed with Its Peel Extract

Chowladda Teangpook^{1*}, Janpen Saengprakai², Apinya Chudhangkura³, Sarinya Sangkasanya⁴, Pavinee Nuamvichit⁵, Sudarat Paothai⁵ and Kanjanas Wannapak⁵
Institute of Food Research and Product Development, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani 12130

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ Researcher, Department of Processing and Preservation.

² Researcher, Department of Food Chemistry and Physics.

³ Researcher, Department of Nutrition and Health.

⁴ Assistant Professor, Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology.

⁵ Student, Faculty of Agricultural Technology.

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ Researcher, Department of Processing and Preservation.

² Researcher, Department of Food Chemistry and Physics.

³ Researcher, Department of Nutrition and Health.

⁴ Assistant Professor, Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology.

⁵ Student, Faculty of Agricultural Technology.

Article Info

Abstract

Article History:

Received: January 14, 2020

Revised: June 30, 2020

Accepted: August 17, 2020

Keywords:

Calamondin / Juice /
Pasteurization /
Antioxidant Activity

Calamondin, is an acid citrus fruit, which is available throughout the year in Thailand. While the fruit has medicinal property and its peel is fragrant, the juice is very sour so it is not popular to be eaten fresh. The fruit should then be used as an ingredient or processed into such products as a beverage. The objectives of this study were then to prepare a nutritious beverage from calamondin juice with its peel and to investigate selected biological activities of the prepared beverage. The results illustrated that increasing the amount of calamondin juice and its peel helped increase the contents of bioactive substances but resulted in the beverage that was less preferred by the testing panel. The optimum formula of the juice with 'like moderately' score contained of 10% calamondin juice, 5% calamondin peel, 10% sucrose and 75% water by weight. The optimum pasteurization condition was 70°C for 1 min; the beverage then contained vitamin C at 14.90 mg/100 ml, phenolic compounds at 0.20 mg gallic acid equivalent/g and exhibited the antioxidant activity at 13.32 mg ascorbic acid equivalent/g. Storage of the product at 10°C for 15 days did not affect the color, total soluble solids content, pH and total acid content but affected the total vitamin C content, total phenolics content and antioxidant activity. A decrease of 10.54%, 5.26% and 14.19% in the cases of the total vitamin C content, phenolics content and antioxidant activity was noted, respectively.

1. บทนำ

ส้มจี๊ด (Calamondin) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus mitis* Blanco. เป็นส้มขนาดเล็ก ติดผลตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน ส้มจี๊ดมีปัญหาโรคแมลงน้อยจึงจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพสามารถเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ส้มจี๊ดไม่มากนักและยังไม่มีรายงานพื้นที่ปลูก แต่ปลูกในครัวเรือนมานานแล้วในภาคตะวันออกของประเทศไทย ในต่างประเทศ เช่น ประเทศฟิลิปปินส์ถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลัก และมีการซื้อขายกว้างขวางในประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย ส้มจี๊ด 1 ผล ให้พลังงานประมาณ 12 กิโลแคลอรี โดยมีไขมันเพียงเล็กน้อย มีเส้นใยประมาณ 1.2 ก. โพลแซคเคียม 37 มก. วิตามินซี 7.3 มก. วิตามินเอ 57.4 มก. IU แคลเซียม 8.4 มก. น้ำ 15.5 ก. และคาร์โบไฮเดรต 3.1 ก. น้ำส้มจี๊ดใช้ปรุงรสแทนมะนาว ทำเป็นส้มจี๊ดดองหรือนำไปเป็นส่วนผสมในการทำเค้ก มาร์มาเลด พาย แยม ซอส ซุป ซา สลัด คัสตาร์ด พายหรือซัพพอน นอกจากนี้ ยังใช้ส้มจี๊ดในการขจัดรังแค แก้คันศีรษะ กระตุ้นการออกของนม ป้องกันโรกระบบทางเดินหายใจ ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารทำงานปกติ เป็นยาแก้ไอและ ด้านการอักเสบ (antiphlogistic) เป็นยาระบาย เป็นต้น [1-2] Takeuchi และคณะ [3] วิจัยสารระเหยจากผลส้มจี๊ดสดในประเทศฟิลิปปินส์พบว่าเปลือกมีสารระเหย 58 ชนิด และน้ำส้มจี๊ดมีสารระเหย 98 ชนิด สารให้กลิ่นรสประกอบด้วย limonene, cis-linalool oxide, linalool, α -terpineol, (E,E)-2,4-decadienal และ methyl N-methyl anthranilate เป็นต้น หลุ้ย [1] วิจัยสารหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดพบว่าเปลือกส้มจี๊ดประกอบไปด้วย dl-limonene เป็นสารประกอบหลัก ซึ่งเป็นประเภทไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม terpene ($C_{10}H_{16}$) นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบกลุ่ม sesquiterpenes ($C_{15}H_{24}$) กลุ่ม terpine alcohol และสารประกอบแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารระเหยง่ายและสามารถพบได้ในน้ำมันหอมระเหยต่างๆ วิจัยการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นเครื่องดื่ม แยม มาร์มาเลด เยลลี่ แซ่ฮ่อมอบแห้ง ไอศกรีม เค้กและการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด สิริมาและคณะ [4] วิจัยส้มจี๊ดกวน เป็นต้น นักวิจัยจึงต้องการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มจากน้ำส้มจี๊ดผสมสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดที่เหมาะสมกับผู้บริโภคทั่วไป และศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่ม

การใช้ประโยชน์ส้มจี๊ดและการนำเปลือกส้มจี๊ดที่มีกลิ่นหอมมาผสมด้วยจะทำให้ได้สารหอมระเหยเพิ่มขึ้น และเป็นการลดปริมาณของเสียด้วย ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคและผู้ประกอบการที่สนใจ สามารถนำสูตรไปผลิตจำหน่ายในประเทศ และต่างประเทศได้ เป็นการส่งเสริมการผลิตและการใช้ประโยชน์ของประเทศไทยและยังไม่มีรายงานถึงปริมาณ

ปลูกในครัวเรือนมานานแล้วในภาคตะวันออกของประเทศไทย ในต่างประเทศ เช่น ประเทศฟิลิปปินส์ถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลัก

2. วัตถุดิบ ผลส้มจี๊ดแก่จัด เปลือกสีเขียวปนสีเหลือง ร้อยละ 25-30 กิโลกรัม/ตัน จากปฐมพรพันธุ์ไม้ จังหวัดชุมพร ผล ให้พลังงานประมาณ 12 กิโลแคลอรี โดยมีไขมันเพียงเล็กน้อย มีเส้นใยประมาณ 1.2 ก. โพลแซคเคียม 37 มก. วิตามินซี 7.3 มก. วิตามินเอ 57.4 มก. IU แคลเซียม 8.4 มก. น้ำ 15.5 ก. และคาร์โบไฮเดรต 3.1 ก. น้ำส้มจี๊ดใช้

3. วิธีการทดลอง วิตามินซี 7.3 มก. วิตามินเอ 57.4 มก. IU แคลเซียม 8.4 มก. น้ำ 15.5 ก. และคาร์โบไฮเดรต 3.1 ก. น้ำส้มจี๊ดใช้

3.1. การเตรียมน้ำส้มจี๊ดและสารสกัดเปลือกส้มจี๊ด นำผลส้มจี๊ดมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำผลส้มจี๊ดมาผ่าซีก คั้นน้ำ แล้วกรองผ่านกระชอน ใ้บน้ำส้มจี๊ดที่อุณหภูมิ -18°C นำน้ำส้มจี๊ด มาวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Spectraflash 600 plus, Data Color International ประเทศสหรัฐอเมริกา) แสดงเป็นค่า L^* คือความสว่าง ($0 =$ ดำ และ $100 =$ ขาว) ค่า a^* ($-a^* =$ สีเขียว และ $+a^* =$ สีแดง) ค่า b^* ($-b^* =$ สีน้ำเงิน และ $+b^* =$ สีเหลือง) ค่า c^* (ค่าความเข้มของสี) และค่า h^* (ค่ามุมของสี) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) โดยใช้ Refractometer แบบส่อง รุ่น MASTER series ยี่ห้อ Atago ประเทศญี่ปุ่น [5] ค่า pH (pH meter รุ่น AMT-20 ยี่ห้อ AMTAST ประเทศสหรัฐอเมริกา) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) โดยวิธีการไตเตรท คำนวณในรูปของร้อยละของกรดซิตริกปราศจากน้ำ (anhydrous citric acid) [5] ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดส่วนเปลือกส้มจี๊ด นำมาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า ยี่ห้อ Nanotech รุ่น NT 010 ได้หั่น) โดยเติมน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักบดเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh ใ้บดสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดที่อุณหภูมิ -18°C ได้เป็นน้ำส้มจี๊ดและวิเคราะห์เช่นเดียวกับน้ำส้มจี๊ด นำข้อมูลของน้ำส้มจี๊ดและสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย t-Test: Paired Two Sample for Means ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำส้มจืดในการผลิตเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำ 2 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ ปริมาณของน้ำส้มจืดร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมอื่นคงที่ คือ ปริมาณน้ำสกัดเปลือกส้มจืดร้อยละ 5 และน้ำตาลทรายร้อยละ 10 นำวัตถุดิบทั้งหมดผสมกัน ปรับน้ำหนักด้วยน้ำ ต้มให้ได้อุณหภูมิ 90°C ทำการบรรจุลงในขวดแก้ว ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10°C จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประเมินทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block) ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดเปลือกส้มจืดในการผลิตเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 2 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ ปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจืดร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมอื่นคงที่ คือ ปริมาณน้ำส้มจืดที่เหมาะสมจากข้อ 3.2 ส่วนปริมาณน้ำตาล น้ำ และวิธีทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 3 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ 1) สูตรควบคุม 2) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70°C นาน 1 นาที 3) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 1 นาที และ 4) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 90°C นาน 1 นาที หลังจากนั้นนำบรรจุลงขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งอุณหภูมิของเครื่องดื่มในระหว่างการบรรจุไม่ต่ำกว่า 65°C ปิดฝาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที นำมาเก็บที่อุณหภูมิ 10°C นาน 15 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.5 การเก็บเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 2 ซ้ำ นำเครื่องดื่มที่บรรจุขวดแก้วแล้ว ตามวิธีข้อ 3.4 มาเก็บที่อุณหภูมิ 10°C นำตัวอย่างมาวิเคราะห์วันที่ 0, 5, 10 และ 15 เช่นเดียวกับข้อ 3.2 ยกเว้นการประเมินทางประสาทสัมผัส

3.6 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด [5]

1) หา Factor (0.5/ ปริมาตรสารละลายสียอดิโนลที่เปลี่ยนสีที่ใช้ไทเทรต) จากการไทเทรตสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิก 5 มล. กับกรดเมตาฟอสฟอริก 5 มล. 2) ปิเปตตัวอย่าง 5 มล. ในขวดปิคเนตเมตาฟอสฟอริก 5 มล. ไทเทรตกับสารละลายสียอดิโนล-ฟีนอล คำนวณปริมาณกรดแอสคอร์บิก ดังสมการที่ 1a (1 หมายถึงปริมาตรของสารละลายสียอดิโนลที่เปลี่ยนสีที่ใช้ไทเทรต ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ไทเทรต และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) โดยไม่หักผลของน้ำดื่ม (มก. แอสคอร์บิกต่อ มล. ตัวอย่าง = Factor × 1 มล./วิเคราะห์ความเข้มข้นของปริมาตรสารละลายสียอดิโนล (มล.) × ปริมาตรตัวอย่าง (มล.) เริ่มต้น (มล.)

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

โดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent [6] นำตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ใส่ในไมโครเพลทขนาด 24 หลุม เติมน้ำกลั่น 1580 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ลงไป 100 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 10 และ 15 Na_2CO_3 300 ไมโครลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืด 1 ชม. แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid)

3.8 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH assay) [7] นำตัวอย่าง 20 ไมโครลิตรลงในไมโครเพลทขนาด 24 หลุม ใส่สารละลาย-DPPH และสารละลาย MES บัฟเฟอร์ล้างจากที่ 96 หลุม ใส่สารละลาย 180 ไมโครลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก นำมาเก็บที่อุณหภูมิ 10°C นาน 15 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 3.2

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำส้มจืด และสารสกัดเปลือกส้มจืด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสี แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า น้ำส้มจืดมีสีส้มเหลือง ส่วนสารสกัดเปลือกส้มจืดด้วยการปั่นจะทำให้ไขมันหอมระเหยแตกออกจากเซลล์เนื้อเยื่อของเปลือก

ส้มจืดได้มากขึ้น สารสกัดมีสีเขียวน้ำเหลือง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยค่า L^* , b^* , c^* และ h^* ของสารสกัดเปลือกส้มจืด มากกว่าน้ำส้มจืด ยกเว้น a^* อย่างไรก็ตาม สีของสารสกัดเปลือกส้มจืดใกล้เคียงน้ำมะนาว ซึ่งมีค่าสี L^* 85.35 ค่า a^* 2.36 และ ค่า b^* 13.55 [8]

ตารางที่ 1 ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด

(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

รายการ	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ค่าสี c^*	ค่าสี h^*
น้ำส้มจืด	13.15 $\pm$ 0.28 ^a	6.52 $\pm$ 2.39 ^b	16.69 $\pm$ 5.46 ^a	21.96 $\pm$ 0.30 ^a	18.41 $\pm$ 0.29 ^a
สารสกัดเปลือกส้มจืด	44.10 $\pm$ 1.02 ^b	1.43 $\pm$ 0.19 ^a	18.24 $\pm$ 0.12 ^a	68.24 $\pm$ 0.84 ^a	85.74 $\pm$ 0.29 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของค่าสีที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ด้วยตัวอักษรเดียวกัน

คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำส้มจืดมีปริมาณ TSS ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีมากกว่าสารสกัดเปลือกส้มจืด น้ำส้มจืดจึงมีรสชาติเปรี้ยวมากกว่าสารสกัดเปลือก เมื่อเทียบปริมาณวิตามินซีของน้ำส้ม และน้ำมะนาวพบว่าน้ำส้มจืดมีปริมาณวิตามินซี (32.15 มก. ต่อ 100 มล.) น้อยกว่าน้ำส้ม แต่มากกว่าน้ำมะนาว ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 53.2 และ 29.1 มก. ต่อ 100 มล. ในน้ำส้ม และน้ำมะนาว ตามลำดับ [9-10] สอดคล้องกับ การวิจัยของสิริมาและคณะ ที่พบว่า

น้ำส้มจืดมีวิตามินซี 32.16 มก./ 100 มก. [4] และ Kosiya-chinda [11] ที่กล่าวว่าส้มจืดมีวิตามินซีสูงกว่ามะนาวประมาณร้อยละ 10 น้ำส้มจืดมีปริมาณกรดซิตริกมากกว่าน้ำมะนาวด้วย ซึ่งมี 4.6 g/100 มล. และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ TSS ใกล้เคียงน้ำมะนาว ซึ่งมีค่า 2.06 และ 8.25°Brix ตามลำดับ [8] ส่วนปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกส้มจืดมีมากกว่าน้ำส้มจืด สอดคล้องกับการรายงาน ที่กล่าวว่าผลไม้ตระกูลส้มส่วนใหญ่ มีปริมาณฟีนอลในเปลือก มากกว่าเนื้อผลไม้ [12] สอดคล้องกับ การวิจัยของสิริมาและคณะ พบว่า

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

รายการ	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก* ละลายน้ำ ($^{\circ}$ Brix)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
น้ำส้มจืด	7.50 $\pm$ 0.71 ^a	2.29 $\pm$ 0.03 ^b	6.36 $\pm$ 0.13 ^a	32.15 $\pm$ 0.01 ^a	39.50 $\pm$ 0.03 ^a	26.24 $\pm$ 1.03 ^a
สารสกัดเปลือกส้มจืด	1.00 $\pm$ 0.00 ^b	3.51 $\pm$ 0.01 ^a	0.27 $\pm$ 0.07 ^a	14.25 $\pm$ 0.01 ^a	53.50 $\pm$ 0.01 ^a	48.65 $\pm$ 0.82 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* มก.กรดแกลลิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

4.2 การศึกษาปริมาณน้ำส้มจืดที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม

การใช้ปริมาณน้ำส้มจืดเพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องดื่มมีสีเหลืองเข้มขึ้นอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 3 จากค่า L^* และ h^* ลดลง ส่วนค่า a^* , b^* และ c^* เพิ่มขึ้น ตามปริมาณน้ำส้มจืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมาจากปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองในผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งเป็นพวก carotenes และ xanthophylls [13] ส่วนค่าทางเคมี แสดงในตารางที่ 4 ปริมาณของน้ำส้มจืดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า TSS ปริมาณกรด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิก ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ค่า pH ลดลง เพราะน้ำส้มจืดมีความเปรี้ยวและปริมาณกรดสูง จากการนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงคะแนนความชอบ ในตารางที่ 5 พบว่าผู้ชิมมีความชอบทุกลักษณะแตกต่างกัน ยกเว้นด้านกลิ่น ผู้ชิม

ชอบสีเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืด ร้อยละ 15 และร้อยละ 20 ในด้านกลิ่นรส ผู้ชิมชอบเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด เพราะปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 15 และ 20 ทำให้เครื่องดื่มมีรสเปรี้ยวมากเกินไป ผู้ชิมชอบเนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 15 และ 20 ด้านความชอบโดยรวม ผู้ชิมชอบเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด โดยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มาทดลองต่อไป ซึ่งปริมาณน้ำส้มจืดนี้ในงานวิจัยนี้น้อยกว่าเครื่องดื่มน้ำส้มจืดของ Kaenla [1] ซึ่งใช้น้ำส้มจืด 120 ก. ต่อน้ำ 750 ก. หรือร้อยละ 13.48 ซึ่งอาจเป็นเพราะคุณสมบัติของส้มจืดที่ต่างกัน

ตารางที่ 3 ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดต่างกัน

(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของปริมาณน้ำส้มจืด	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ค่าสี c^*	ค่าสี h^*
5	63.88 $\pm$ 2.36 ^a	2.69 $\pm$ 0.11	13.39 $\pm$ 0.47 ^c	13.60 $\pm$ 0.39 ^c	79.65 $\pm$ 1.35 ^a
10	55.93 $\pm$ 1.09 ^b	3.37 $\pm$ 0.77	15.43 $\pm$ 1.26 ^{bc}	15.80 $\pm$ 1.40 ^{bc}	77.74 $\pm$ 1.75 ^a
15	47.47 $\pm$ 0.40 ^c	4.10 $\pm$ 0.92	18.08 $\pm$ 1.52 ^{ab}	18.55 $\pm$ 1.68 ^{ab}	77.30 $\pm$ 1.78 ^a
20	41.87 $\pm$ 1.73 ^d	4.61 $\pm$ 1.33	19.90 $\pm$ 1.75 ^a	20.44 $\pm$ 2.01 ^a	77.07 $\pm$ 2.56 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของค่าสีที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดต่างกัน

(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของปริมาณน้ำส้มจืด	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก* (mg/g)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
5	12.20 $\pm$ 0.28 ^a	2.64 $\pm$ 0.01 ^a	0.34 $\pm$ 0.01 ^d	14.20 $\pm$ 0.14 ^d	0.18 $\pm$ 0.01 ^c	11.07 $\pm$ 1.30 ^c
10	12.20 $\pm$ 0.14 ^a	2.52 $\pm$ 0.01 ^b	0.64 $\pm$ 0.01 ^c	15.80 $\pm$ 0.14 ^c	0.20 $\pm$ 0.01 ^b	13.13 $\pm$ 0.06 ^c
15	12.35 $\pm$ 0.07 ^{ab}	2.44 $\pm$ 0.01 ^c	0.93 $\pm$ 0.02 ^b	17.95 $\pm$ 0.07 ^b	0.22 $\pm$ 0.02 ^b	18.35 $\pm$ 0.89 ^b
20	12.50 $\pm$ 0.14 ^b	2.39 $\pm$ 0.01 ^d	1.21 $\pm$ 0.02 ^a	20.20 $\pm$ 0.14 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^a	24.55 $\pm$ 0.95 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* มก.กรดแกลลิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจัดต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของ ปริมาณน้ำส้ม จัด	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบ รวม
5	5.30 $\pm$ 1.51 ^b	6.13 $\pm$ 1.22 ^a	6.33 $\pm$ 1.37 ^b	6.13 $\pm$ 1.27 ^b	6.00 $\pm$ 1.41 ^b
10	6.60 $\pm$ 1.16 ^a	6.40 $\pm$ 0.85 ^a	7.37 $\pm$ 0.92 ^a	6.90 $\pm$ 1.15 ^a	7.33 $\pm$ 0.95 ^a
15	6.63 $\pm$ 1.18 ^a	6.07 $\pm$ 1.14 ^a	5.23 $\pm$ 1.43 ^c	6.73 $\pm$ 1.04 ^{ab}	5.60 $\pm$ 1.13 ^{bc}
20	6.53 $\pm$ 1.27 ^a	6.07 $\pm$ 1.44 ^a	5.13 $\pm$ 1.59 ^c	6.60 $\pm$ 1.13 ^{ab}	5.17 $\pm$ 1.36 ^c

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ
(p > 0.05)

4.3 การศึกษาปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจัดที่ เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม

เครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจัดเพิ่มขึ้น ทำให้สีไม่ต่างกัน แต่มีแนวโน้มเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีความสว่างน้อยลง คือ L* จาก 56.72 - 53.53 ค่า a* 2.54 - 2.64 ค่า b* 12.01 - 15.42 และ ค่า c* 12.29 - 15.64 ยกเว้น ค่า h* 77.58 - 80.34 ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่โดยรวมเครื่องดื่มมีสีเหลืองอ่อนคล้ายกัน ซึ่งอาจมาจากปริมาณแคโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับน้ำส้ม [13] ส่วนค่าทางเคมีแสดงในตารางที่ 6 เครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกมากขึ้น ไม่กระทบต่อค่า TSS ซึ่งเป็นเพราะค่า TSS ในเปลือกมีปริมาณน้อย แต่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลง สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากในเปลือกส้มจัดมีสารประกอบประเภทฟีนอลิกและ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง ดังตารางที่ 2 ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 7 พบว่าผู้ชิมชอบทุกลักษณะ

แตกต่างกัน ยกเว้นด้านสี โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบกลิ่น เครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 5 และ 15 ผู้ชิมชอบกลิ่นของเครื่องดื่มควบคุม ที่ไม่มีเปลือกน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะเปลือกส้มมีน้ำมันหอมระเหย ในด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 5 มากที่สุด แตกต่างกับเครื่องดื่มอีก 3 ชนิด เช่นเดียวกับความชอบรวม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงมาก โดยเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 15 ผู้ชิมชอบน้อยที่สุดเนื่องจากมีรสขม เพราะเปลือกส้มจัดมีสารลิโมนีน ที่ให้รสขม ปริมาณ 1.04 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง [14] ด้านเนื้อสัมผัส ผู้ชิมให้คะแนนความชอบเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 5 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 10 และ 15 ดังนั้น ควรใช้ปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจัดร้อยละ 5 ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของสาร สกัดเปลือก	ค่าของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรด ทั้งหมด	ปริมาณวิตามิน ซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก* ละลายน้ำ (มก./100 มล.)	ฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระ#
0	12.10 $\pm$ 0.14 ^a	2.78 $\pm$ 0.01 ^a	0.53 $\pm$ 0.01 ^c	14.00 $\pm$ 0.28 ^d	0.18 $\pm$ 0.01 ^c	8.36 $\pm$ 0.40 ^c
5	12.15 $\pm$ 0.07 ^a	2.77 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.62 $\pm$ 0.01 ^b	15.50 $\pm$ 0.14 ^c	0.20 $\pm$ 0.01 ^b	13.62 $\pm$ 0.13 ^b

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ต่อ)

ร้อยละของสารสกัดเปลือก	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก* (มก. กรดแอสคอร์บิก/มล.)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
10	12.15 $\pm$ 0.07 ^a	2.76 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.64 $\pm$ 0.02 ^b	17.70 $\pm$ 0.28 ^b	0.22 $\pm$ 0.02 ^b	13.87 $\pm$ 0.12 ^b
15	12.20 $\pm$ 0.14 ^a	2.74 $\pm$ 0.01 ^b	0.68 $\pm$ 0.01 ^a	19.35 $\pm$ 0.21 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^a	20.42 $\pm$ 0.50 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p > 0.05)

* มก.กรดแอสคอร์บิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

ตารางที่ 7 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของสารสกัดเปลือก	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	5.97 $\pm$ 1.40 ^a	5.90 $\pm$ 1.21 ^b	5.93 $\pm$ 1.23 ^b	5.43 $\pm$ 1.50 ^b	5.59 $\pm$ 1.12 ^b
5	6.43 $\pm$ 1.01 ^a	6.63 $\pm$ 0.96 ^a	7.47 $\pm$ 0.81 ^a	6.23 $\pm$ 1.40 ^a	6.72 $\pm$ 0.82 ^a
10	6.33 $\pm$ 0.95 ^a	6.80 $\pm$ 1.03 ^a	5.97 $\pm$ 1.12 ^b	6.07 $\pm$ 1.33 ^{ab}	6.07 $\pm$ 0.98 ^b
15	6.13 $\pm$ 1.13 ^a	6.70 $\pm$ 1.14 ^a	5.53 $\pm$ 1.38 ^b	5.90 $\pm$ 1.37 ^{ab}	5.60 $\pm$ 1.00 ^b

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p > 0.05)

4.4 ผลของอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์เครื่องดื่ม

การใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้น ไม่ทำให้ค่าสี ค่า TSS (12.00 - 12.20) ค่า pH (2.78 - 2.79) และปริมาณกรดทั้งหมด (0.77) ต่างกัน แต่ปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 15.50, 14.90, 13.20 และ 10.30 มก./100 มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 $^{\circ}$ C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80 $^{\circ}$ C และเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90 $^{\circ}$ C ตามลำดับ เนื่องจากวิตามินซีหรือ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ในรูปสารละลายจะถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน และเนื่องจากวิตามินซีเป็นสารรีดิวซ์อย่างแรง จึงถูกออกซิไดส์ได้ง่ายในอากาศที่มีออกซิเจน ซึ่งในการวิจัยนี้ดื่มเครื่องดื่มน้ำส้มจัดผสมสารสกัดเปลือกส้มจัด

ในบรรยากาศปกติ จึงมีออกซิเจนมาก ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับวิตามินซีได้เป็น dehydroascorbic acid ซึ่งยังคงมีคุณสมบัติเป็นวิตามินซีอยู่ แต่เนื่องจากมีออกซิเจนมาก ออกซิเจนจึงทำปฏิกิริยาต่อไปได้อีก ซึ่งจะได้สารอื่นที่ไม่ใช่คุณสมบัติเป็นวิตามินซี [15] เช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงจาก 0.20, 0.19, 0.19 และ 0.18 มก.กรดแอสคอร์บิก/มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 $^{\circ}$ C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80 $^{\circ}$ C และ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90 $^{\circ}$ C ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาการบรรจุ Clingstone peaches ในกระป๋อง พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงกว่า 213 $^{\circ}$ F จะลดระดับฟีนอลิกทั้งหมดร้อยละ 21 เนื่องจากความร้อน

อาจมีผลต่อการเกิดโพลีเมอร์ไรส์เซชัน (polymerization) ของสารประกอบฟีนอลิก [16] และการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มสายพันธุ์นาเวลที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 วินาที มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 95°C นาน 30 วินาที [17] ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงด้วย คือ 13.99, 13.55, 12.31 และ 11.15 มก.กรดแอสคอร์บิก/มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 °C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80°C และ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90°C ตามลำดับ เนื่องจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด [18] ซึ่งในน้ำส้มจะหมายถึงทั้งวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ [19] จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิต่างกัน ทำให้ผู้ชิมชอบต่างกันด้วย ดังตารางที่ 8 คือ ผู้ชิมชอบสี กลิ่นรส และความชอบรวม ของเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 70°C มากกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง สำหรับกลิ่นและเนื้อสัมผัส ผู้ชิมยังคงชอบเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 70°C มาก แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 80°C ซึ่งอาจเป็นเพราะเครื่องดื่มผ่านความร้อนน้อย สารหอมระเหยในส้มน้ำจึงระเหยน้อยกว่า [3] ดังนั้นจึงเลือกการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 1 นาที มาศึกษาต่อไป

4.5 การเก็บเครื่องดื่มน้ำส้มจัดผสมสารสกัดเปลือกส้มจัด

เครื่องดื่มมีสีคล้ำขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทุกช่วงการเก็บ เมื่อเก็บเครื่องดื่มนานขึ้น คือ ค่าสี L^* (58.30 - 49.29), a^* (4.11 - 2.60), b^* (17.90 - 11.71) และ c^* (18.36 - 11.98) ลดลง ยกเว้น h^* (77.05 - 78.58) ไม่ต่างกัน ซึ่งการเกิดสีคล้ำอาจเกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เพราะเครื่องดื่มนี้ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 70°C นาน 1 นาที ทำให้เอนไซม์ถูกทำลายและเครื่องดื่มนี้มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากค่า pH น้อยกว่า 3 ซึ่งไม่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่ทำงานอยู่ระหว่าง pH 5 - 7 [20] Clegg [21] ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในน้ำมะนาว (lemon) พบว่ากรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญร่วมกับกรดอะมิโนที่ทำให้เกิด

สีน้ำตาล และขึ้นอยู่กับค่า pH และกรดซิตริกด้วย คือการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดที่ค่า pH 4.5 ซึ่งเครื่องดื่มนี้มีวิตามินซี กรดซิตริก และมีโปรตีนจากน้ำส้มจัด ซึ่งมีร้อยละ 1.88 [22] ส่วนเปลือกและกากจากการคั้นน้ำมีโปรตีนร้อยละ 5.73 [4] และภายในขวดแก้วยังมีออกซิเจนเหลืออยู่ แม้จะบรรจุร้อน แต่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำคือ 65°C และไม่มีการไล่อากาศในการบรรจุ สำหรับปริมาณ TSS (12.0 - 12.1) ค่า pH (2.78 - 2.79) และปริมาณกรดทั้งหมด (0.66 - 0.77) ของเครื่องดื่มนี้ไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดลดลง (ค่าเฉลี่ย 14.90, 14.55, 13.95 และ 13.33 มก./100 มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษา [18] ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง (ค่าเฉลี่ย 13.56, 13.41, 12.35 และ 11.43 มก. กรดแอสคอร์บิก/มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วันตามลำดับ) เช่นเดียวกับ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลง (ค่าเฉลี่ย 0.19, 0.19, 0.19 และ 0.18 มก.กรดแกลลิก/มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วันตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation degradation) ของสารประกอบฟีนอลิก [23]

5. สรุปผล

การนำน้ำส้มจัด และสารสกัดเปลือกส้มจัดมาทำเครื่องดื่ม ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ชิมชอบในระดับปานกลาง มีฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะมาจากเปลือก ซึ่งสามารถผลิตเชิงการค้าได้ แต่ควรตรวจปริมาณจุลินทรีย์ ในช่วงการศึกษาอายุการเก็บรวมทั้งควรศึกษาอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เพื่อเป็นข้อมูลในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ การเก็บ เมื่อเก็บเครื่องดื่มนานขึ้น คือ ค่าสี L^* (58.30 - 49.29),

a^* (4.11 - 2.60), b^* (17.90 - 11.71) และ c^* (18.36 - 11.98)

ไม่ต่างกัน ซึ่งการเกิดสีคล้ำ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวัตถุดิบและเครื่องมือ จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเนื่องจาก pH น้อยกว่า 3 ไม่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ polyphenol

8. เอกสารอ้างอิง

1. Kaenla, H., 2015, Research and Development on Commercial Calamondin (Citrus mitis Blanco.) Production in the Eastern Region [Online], Available:

- <http://gg.gg/g0x4v>. [11 December 2019] (In Thai)
2. Calamondin-The Most Versatile Citrus [Online], Available: <https://gg.gg/j5xij>. [25 May 2020] (In Thai)
 3. Takeuchi, H., Ubukata, Y., Hanafusa, M., Hayashi, S. and Hashimoto, S., 2005, "Volatile Constituents of Calamondin Peel and Juice (Citrus madurensis Lour.) Cultivated in the Philippines," *Journal of Essential Oil Research*, 17 (1), pp. 23-26.
 4. Chinnasarn, S., Srisuwan, C. and Reungjam, K., 2014, "Determination of Nutritive Value of Kumquat and Development of Sweetened Mashed Kumquat Product," *Thai Journal of Agricultural Science*, 45 (2), pp. 401-404. (In Thai)
 5. AOAC., 2000, Official Method of Analysis, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
 6. Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965, "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents," *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, pp. 144-148.
 7. Kim, D.O., Lee, K.W., Lee, H.J. and Lee, C.Y., 2002, "Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (13), pp. 3713-3717.
 8. Teangpook, C. and Paosantong, U., 2013, "Production and Shelf-life of Low Sucrose Lime Juice Papaya Jam," *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (9), pp. 870-878.
 9. Orange, 2017, Properties and Benefits 25 Items! [Online], Available: <http://gg.gg/g0w9a>. [11 December 2019] (In Thai)
 10. Lime, 2017, Properties and Benefits Items! [Online], Available: <http://gg.gg/g0wb6>. [11 December 2019] (In Thai)
 11. Kosiychinda, S., 1995, The Combined Strategy of Citrus, pp. 206-210. (In Thai)
 12. Ghasemi, K., Ghasemi, Y. and Ebrahimzadeh, M.A., Antioxidant Activity, Phenol and Flavonoid Contents of 13 Citrus Species Peels and Tissues [Online], Available: <http://gg.gg/g0wjg>. [11 December 2019]
 13. Alquezar, B., Rodrigo, M. and Lorenzo, Z., 2008, "Carotenoid Biosynthesis and its Regulation in Citrus Fruits," *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, pp. 23-35.
 14. Chinnasarn, S., Boriboon, S. and Songpra, P., 2015, "Preparation of Kumquat Residue Powder and Its Application in Food," *Thai Journal of Agricultural Science*, 46 (3), pp. 557-560. (In Thai)
 15. Nagy, S., 1980, "Vitamin C Contents of Citrus Fruit and Their Products: A Review," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28 (1), pp. 8-18.
 16. Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E., 2003, "Processing-induced Changes in Total Phenolics and Procyanidins in Clingstone Peaches," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, pp. 56-63.
 17. Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I., Ferreres, F. and Tomás-Barberán, F.A., 2001, "In Vitro Availability of Flavonoids and Other Phenolics in Orange Juice," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, pp. 1035-1041.
 18. Rapisada, P., Carollo, G., Fallico, B., Tomaselli, F. and Maccarone, E., 1998, "Hydroxycinnamic Acids as Markers of Italian Blood Orange Juices," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, pp. 464-470.
 19. Rice-Evans, C., Miller, N. and Paganga, G., 1997, "Antioxidant Properties of Phenolic Compounds," *Trends in Plant Science*, 2 (4), pp. 152-159.
 20. Pornchaloemphong, P. and Rattanapanon, N., (Compiler), Enzymatic Browning Reaction [Online], Available: <https://gg.gg/jf5ja>. [4 June 2020] (In Thai)
 21. Clegg, K.M., 1964, "Non-enzymic Browning of

Lemon Juice,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15, pp. 878–885.

22. The Benefits of Calamondin 13 Items! [Online], Available: <https://gg.gg/jf5un>. [4 June 2020] (In Thai)

23. Cao, X.M., Zhang, Y., Zhang, F.S., Wang, Y.T., Yi, J.Y. and Liao, X.J., 2011, “Effects of High Hydrostatic

Pressure on Enzymes, Phenolic Compounds, Anthocyanins, Polymeric Color and Color Strawberry Pulps,”

Journal of the Science of Food and Agriculture, 91, pp. 877–885. available: <https://gg.gg/jf5un> [4 June 2020] (In Thai)

23. Cao, X.M., Zhang, Y., Zhang, F.S., Wang, Y.T., Yi, J.Y. and Liao, X.J., 2011, “Effects of High Hydrostatic

