รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมเสริมใยอาหาร

Development of dietary-fiber emblic juice

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2557

จำนวน 50,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสุภารัตน์ อำนาจ

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวสุรัลชนา กาศสกุล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ธันวาคม 2557

สารบัญ

สารบัญตาราง

หน้า

สารบัญภาพ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมเสริมใยอาหาร

Development of Dietary-fiber Emblic Juice

สุภารัตน์ อำนาจ[1] และสุรัลชนา กาศสกุล[1]

Suparat Umnat[1] and Surunchana Kartsakun[1]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

จ.แพร่ 54140

.....

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมเสริมอาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสม ศึกษาอายุการเก็บรักษา รวมถึงทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสมคืออัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำ 1:2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดตามธรรมชาติ และเติมใยอาหารชนิดเพคติน (ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) ทำการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศา-เซลเซียส ผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซี กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH scavenging activity) ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่สารประกอบฟีนอลและค่า L* (ความสว่าง) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และร้อยละของการส่องผ่าน (% Transmittance) คงที่ตลอดการเก็บรักษา โดยปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข จากผลการเติมเพคติน พบว่าปริมาณเพคตินที่มากขึ้นทำให้ร้อยละการส่องผ่าน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่า L* ลดลง ในขณะที่ค่าความหนืด ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ค่า a* และค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สารประกอบฟีนอล และการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร โดยให้คะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ : น้ำมะขามป้อม ใยอาหาร

Abstract

The development of dietary-fiber emblic juice investigated an appropriate type and amount of dietary fiber, product shelf-life, and acceptability of consumers.

The results showed the final formulation consisted of the ratio of puree to water (1:2), total soluble solid (15 °Brix), citric acid naturally and pectin (dietary fiber) (0.1, 0.3 and 0.5 %w/v, respectively). After the storage at 4±2 °C for 8 weeks, the amount of vitamin C content, % DPPH scavenging activity, a* (red) and b* value (yellow) decreased, while the total phenolic compounds and L* value (lightness) increased significantly ($P \leq 0.05$). The total acid as citric acid content, pH value, viscosity, total soluble solid (TSS) and % transmittance remained stable during the storage period. The microorganism amounts were based on the specifications of the Ministry of Public Health. The addition of pectin showed the more amount of pectin added, the more % transmittance, pH value and L* values decreased, while the viscosity, total acid as citric acid content, a* and b* values increase significantly ($P \leq 0.05$). However, the more added pectin had no effect on the amount of vitamin C content, total soluble solid (TSS), total phenolic compound and % DPPH scavenging activity. The result of consumer acceptability test ranged from slightly to moderately preferred.

Keyword : Emblic juice, Dietary fiber

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมเสริมใยอาหาร ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. รัฐพงศ์ ปกแก้ว ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการทำวิจัย ขอขอบคุณนางสาวอังคณา ชมพูมิ่ง และนายธวัชชัย ชัยธวัชวิถี นักวิทยาศาสตร์ และนางสาวบังอร ปินนะ ผู้ช่วยนักวิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือ และอนุเคราะห์สถานที่ในการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการ อาคารกิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์

ขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบมะขามป้อมจากฟาร์มเกษตรป่าไม้ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ช่วยจัดเตรียมวัตถุดิบมะขามป้อมตลอดจนให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัย

คำนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมกันมากในสังคมคนยุคใหม่ เนื่องด้วยสังคมยุคนี้มีการดำเนินชีวิตที่อยู่กับความเร่งรีบ แข่งขันกับเวลา จึงไม่มีเวลาออกกำลังกายหรือเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ฉะนั้นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคอีกทางหนึ่งนั้นคือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่สามารถบริโภคได้ทันที ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปผสมใยอาหาร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับคนที่ใส่ใจสุขภาพสำหรับคนยุคใหม่ เนื่องจากเครื่องดื่มสามารถบริโภคได้ทันที ทำให้รู้สึกสดชื่น และมีรสชาติที่ดี โดยใยอาหารสามารถส่งเสริมให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายทั้งระบบย่อยและการดูดซึมอาหารทำงานได้ดีขึ้น ใยอาหารเป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานแต่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งจัดเป็น Functional food เหมาะเป็นอาหารสำหรับคนทั่วไปและอาหารผู้ป่วยเฉพาะโรค เช่น อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ประโยชน์ของใยอาหารต่อสุขภาพ คือ เป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ใยอาหารประเภทละลายน้ำได้ (Soluble fiber) ซึ่งไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร แต่จะเป็นอาหารให้กับแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (Probiotic) ที่พบได้ในลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีผลช่วยลดไขมันในเลือด ลดน้ำตาลในเลือด ป้องกันการเกิดมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ช่วยควบคุมน้ำหนักตัว (ประสงค์, 2556)

มะขามป้อมเป็นผลไม้พบได้ในทุกภาคของประเทศไทย มีรสฝาด ในอดีตกว่าพันปีมาแล้วได้มีการนำมะขามป้อมมาทำเป็นยาในระบบยาแผนโบราณของจีนและอินเดีย ปัจจุบันได้รับการยอมรับว่ามีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคทางเภสัชวิทยาหลายประการ เช่น โรคดีซ่าน ท้องร่วง ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง (Luo *et al*. 2011) ดังนั้นจึงมีแนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะขามป้อมในลักษณะของเครื่องดื่มที่บริโภคง่าย หรือสามารถบริโภคได้ทันที โดยมีการผสมใยอาหารเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีความสามารถในการป้องกันโรค และยังเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ในตลาดอาหารสำเร็จรูปให้ผู้บริโภคในการเลือกซื้อและบริโภคผลิตภัณฑ์อาหาร

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม
3. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำผลการศึกษาไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของมหาวิทยาลัยได้
2. เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยขั้นต่อไป

การตรวจเอกสาร

1. มะขามป้อม

มะขามป้อมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllanthus emblica* L. (วงศ์ Euphorbiaceae) มีชื่อสามัญได้แก่ Emblic myrabolan, Malacca tree, Indian gooseberry, Amala plant และ Amalaktree มีชื่อพื้นเมือง ได้แก่ กันโตด (เขมร-กาญจนบุรี) กำทวด (ราชบุรี) มะขามป้อม (ทั่วไป) และมั่งลู่ สันยาส่า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะขามป้อมเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กจนถึงกลางสูงประมาณ 8-12 เมตร ลำต้นมักคดงอ เปลือกนอกสีน้ำตาลอมเทา ผิวเรียบหรือค่อนข้างเรียบ เปลือกในสีชมพูสด รูปทรง (เรือนยอด) แผ่กว้างรูปร่มหรือพุ่มโปร่ง ลักษณะใบของมะขามป้อมเป็นใบเดี่ยวคล้ายใบมะขามส่วนผลมะขามป้อมนั้นจะมีลักษณะเป็นทรงกลมมีเนื้อหนาประมาณ 1.2-2 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีเขียวอ่อนค่อนข้างใส (ภาพที่ 1) ผลรับประทานได้มีรสฝาดเปรี้ยวขมและอมหวาน เปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมี 6 เส้น เมล็ดมี 6 เมล็ด ผลแก่ในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม

ภาพที่ 1 ลักษณะผลสดของมะขามป้อม

ที่มา : มะขามป้อม (2556 : ออนไลน์)

สำหรับดอกมะขามป้อมนั้นจะมีสีขาวหรือขาวนวลและมีกลิ่นหอมคล้ายผิวมะนาว ซึ่งจะออกดอกตามง่ามใบบริเวณปลายกิ่ง 3-5 ดอก ออกดอกในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน

1.2 ประโยชน์และความสำคัญ

มะขามป้อมมีประโยชน์ทางตำรับยาที่สามารถนำส่วนต่าง ๆ ของมะขามป้อมมาใช้ได้เกือบทุกส่วน ทั้งราก ต้นหรือเปลือก ใบ ดอก และผลมะขามป้อม โดยส่วนรากสามารถนำมาต้มใช้เป็นยาลดไข้ ยาเย็น ฟอกเลือด และทำให้อาเจียน รากที่กลั่นจะได้สารที่มีคุณสมบัติเป็นยาฝาดสมาน ตำพอกแก้พิษสัตว์กัดต่อย ต้น/เปลือก ใช้เป็นยาฝาดสมาน น้ำต้มใบมะขามป้อมใช้อาบลดไข้ ดอกมะขามป้อมมีกลิ่นหอมคล้ายผิวมะนาวใช้เป็นยากเย็นและยาระบาย ส่วนผลมะขามป้อมใช้ได้ทั้งแผลสดและผลแห้ง ซึ่งมีฤทธิ์กัดน้ำลายเป็นยาเย็น ยาฝาดสมานลดไข้ ขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจ ฟอกเลือด น้ำมะขามป้อมคั้นมีวิตามินซีสูงกว่าน้ำส้มคั้นประมาณ 20 เท่า ในปริมาณเท่ากัน สามารถแก้โรคลักปิดลักเปิดได้ เนื้อผลมะขามป้อมแห้งใช้เป็นยาฝาดสมานเพราะมีแทนนินแก้โรคริดสีดวงทวาร แก้บิด ท้องเสีย ใช้ควบคู่กับธาตุเหล็กแก้โรคดีซ่านและช่วยย่อย ถ้าหมักผลจะได้แอลกอฮอล์กินแก้อาหารไม่ย่อย แก้โรคดีซ่าน และแก้ไอ ยางจากผล รสเปรี้ยวฝาดขม หยอดตาแก้ตาอักเสบ รับประทานช่วยย่อยอาหาร ขับปัสสาวะ นอกจากนี้เปลือกมะขามป้อมยังสามารถใช้ทำสีย้อมผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ และย้อมผมได้โดยจะให้สีน้ำตาล (มะขามป้อม, 2556 : ออนไลน์)

ในอดีตได้มีการนำมะขามป้อมมาทำเป็นยาในระบบยาแผนโบราณของจีนและอินเดีย ปัจจุบันได้รับการยอมรับว่ามีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคทางเภสัชวิทยาหลายประการ เช่น โรคดี

ซ่าน ท้องร่วง ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง นอกจากนี้ Luo *et al* (2011) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเซลล์มะเร็งของสารประกอบฟีนอลิกบริสุทธิ์จากมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) โดยในการทดลองจะใช้สารสกัดจากมะขามป้อมซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิก 7 ชนิด ได้แก่ Gallic acid, Ellagic acid, Mucic acid 1,4-lactone 3-O-gallate, Isocorilagin, Chebulanin, Chebulagic acid และ Mallotusinin ในการทดสอบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล Superoxide anion, DPPH, ABTS, การจับเหล็ก (Fe^{2+}), การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา Lipid peroxidation และการยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 การทดสอบทั้งหมดอยู่ในรูปแบบ In vitro ซึ่งผลการทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระโดยรวมที่ค่า IC_{50} พบว่า สาร Mallotusinin และ Chebulagic acid มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามความสามารถในการจับเหล็กและการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา Lipid peroxidation ยังต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม EDTA และ BHT ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบฟีนอลิกสามารถยับยั้งการแบ่งเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7) ได้ในระดับหนึ่งซึ่งความสามารถยังไม่เทียบเท่ายาที่ใช้สำหรับรักษาโรคมะเร็งเต้านม (Paclitaxel) การทดสอบทั้งหมดเป็นที่ชัดเจนว่าสารประกอบฟีนอลิกจากมะขามป้อมสามารถต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการอยู่รอดของเซลล์มะเร็งชนิด MCF-7 ได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu *et al* (2012) ทำการศึกษาฤทธิ์ต่อระบบภูมิคุ้มกันและการต้านมะเร็งของสารประกอบฟีนอลิกจากผลมะขามป้อม โดยทดสอบด้วยวิธีการวัดการเพิ่มจำนวนของเซลล์ม้าม (Splenocyte) ในหนู เซลล์ Human Breast Cancer (MCF-7) และเซลล์ Human Embryonic Lung Fibroblast (HELF) พบว่าสารประกอบฟีนอลิกจากมะขามป้อม มีผลเพิ่มจำนวนของเซลล์ม้ามตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสาร Geraniin และ Isocorilagin จะมีฤทธิ์ดีที่สุด โดยมีค่าความเข้มข้นที่กระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ร้อยละ 50 คือ 56 และ 42 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง พบว่า Geraniin มีฤทธิ์แรงที่สุดในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์ MCF-7 โดยมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์ได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 13.2 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสาร Isocorilagin มีฤทธิ์แรงที่สุดในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์ HELF (IC_{50}) เท่ากับ 51.4 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ขณะที่ยา Paclitaxel ซึ่งใช้รักษามะเร็ง มีค่า IC_{50} ต่อเซลล์ MCF-7 และ HELF เท่ากับ 6.8 และ 14.5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ สามารถ

สรุปได้ว่าสารประกอบฟีนอลิกจากมะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งได้ โดยอาจเป็นผลมาจากฤทธิ์ในการเพิ่มภูมิคุ้มกันของสาร

นอกจากนี้ Jose, Kuttan and Kuttan (2001) รายงานว่าสารสกัดน้ำจากมะขามป้อมมีผลยับยั้งเอนไซม์ CDC 25 phosphatase โดยตรงและยับยั้งเอนไซม์ CDC 2 kinase ได้บางส่วน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมกระบวนการแบ่งเซลล์และพบมีการสร้างเอนไซม์นี้มากกว่าปกติในเซลล์มะเร็งบางชนิด ดังนั้นฤทธิ์ของสารสกัดจากผลมะขามป้อมจึงอาจเกี่ยวข้องกับการรบกวนในกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง

นคร และคณะ (2553) กล่าวไว้ว่า คุณสมบัติที่สำคัญในผลมะขามป้อมคือการมีวิตามินซีและแทนนินสูงโดยปริมาณวิตามินซีในแต่ละต้นจะแตกต่างกันออกไป รายงานบางฉบับกล่าวว่าน้ำคั้นจากผลมะขามป้อม 100 กรัมจะมีวิตามินซีอยู่ถึง 600 ถึง 1000 มิลลิกรัม

วิตามินซีจากมะขามป้อมมีประสิทธิภาพเหนือกว่าวิตามินซีจากการสังเคราะห์ประมาณ 12 เท่าแต่จากการศึกษาของ Ghosal, Tripathi and Chauhan (1996) อ้างโดย วันดี (2543) รายงานว่าเนื้อมะขามป้อมไม่ได้มีวิตามินซีเลยไม่ว่าจะอยู่ในรูปอิสระหรือจับกับสารอื่น นอกจากนี้ รายงานการศึกษาดังกล่าวยังยืนยันว่าฤทธิ์ที่คล้ายวิตามินซีมาจาก Hydrolysable tannin ที่มีโมเลกุลต่ำ (น้อยกว่า 1000) 4 ชนิด คือ Emblicanin A, Emblicanin B, Punigluconin และ Pedunculagin สารดังกล่าวมีฤทธิ์หลายอย่างคล้ายวิตามินซี วิตามินซีสามารถทำหน้าที่จับอนุมูลอิสระในเซลล์ที่เป็นของเหลว ป้องกันเซลล์จากการถูกอนุมูลอิสระทำลายอนุมูลอิสระเกิดมาจากทั้งภายนอกและภายในร่างกาย เช่น มลพิษในอากาศควันบุหรี่ แสงแดด รังสีแกมมา คลื่นความร้อน ส่วนที่มาจากภายในร่างกายเกิดจากกระบวนการเผาผลาญของออกซิเจนภายในเซลล์หรือเกิดจากการย่อยทำลายเชื้อแบคทีเรียของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยาโยงใยในร่างกายได้มากมายก่อให้เกิดการอักเสบ การทำลายเนื้อเยื่อ โรคมะเร็ง เนื้องอกเกิดต้อกระจกในผู้สูงอายุ โรคหัวใจและหลอดเลือดนอกจากมีวิตามินซีสูงแล้วมะขามป้อมยังมีแทนนินอยู่ทุกส่วนของต้น โดยเฉพาะที่ผลมีแทนนินพวก Gallotannins และ Ellagitannins (Ellagic tannin) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการช่วยรักษาความเสถียรของวิตามินซีให้คงคุณภาพได้นาน แม้จะถูกแปรรูปโดยการดองหรือทำผง ผลดิบของมะขามป้อมมีแทนนินสูงร้อยละ 8-35 ในขณะที่เปลือกมีแทนนินร้อยละ 8-24 ส่วนที่ใบมีอยู่ประมาณร้อยละ 22-28 แทนนินเป็นสาร สำคัญที่เป็นยารักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคในระบบหายใจ

ระบบทางเดินอาหาร แผลในลำไส้ ลดไขมันและน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต (Institute for Traditional Medicine, Portland) โดยสารอาหารในผลมะขามป้อมสดในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 สารอาหารในผลมะขามป้อมสดในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	58.00	แคลอรี่
น้ำ	84.10	กรัม
ไขมัน	0.50	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	14.30	กรัม
เส้นใยอาหาร	2.40	กรัม
โปรตีน	0.70	กรัม
แคลเซียม	29.00	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	21.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.50	มิลลิกรัม
เบต้าแคโรทีน	21.00	มิลลิกรัม
วิตามิน เอ	100	หน่วยสากล (IU)
วิตามิน บี	10.03	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	0.2	มิลลิกรัม
วิตามิน ซี	19.00	มิลลิกรัม

ที่มา : สุนทร (2555 : ออนไลน์)

1.3 ความเป็นพิษ (วันดี, 2543)

ขณะนี้ยังไม่มีรายงานการศึกษาความเป็นพิษของผลมะขามป้อม แต่มีรายงานการศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษกึ่งเฉียบพลันของใบมะขามป้อม การศึกษาพิษเฉียบพลันของยาแผนโบราณตรีผลาซึ่งมีส่วนประกอบของสมุนไพร 3 ชนิด คือ สมอพิเภก สมอไทย และมะขามป้อม ด้วยอัตราส่วนแตกต่างกันขึ้นกับกองสมุฏฐานโรค และการศึกษาความเป็นพิษของส่วนเปลือกสด

เหตุที่ยังไม่มีการศึกษาพิษของผลมะขามป้อมนั้น อาจเนื่องจากมะขามป้อมเป็นผลไม้ที่รับประทานได้อยู่แล้วและมีการใช้เป็นยาต่อกันนับพันปีตั้งแต่ครั้งพุทธกาล

การศึกษาพิษเฉียบพลันของใบมะขามป้อมในหนูถีบจักรโดยป้อนยาต้มขนาดสูงถึง 20 กรัม/กิโลกรัม (เป็นขนาดประมาณ 47 เท่าของคนรับประทาน) เพียงครั้งเดียว พบว่าไม่ทำให้หนูตายใน 72 ชั่วโมง และไม่มีอาการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าการรับประทานยาต้มจากใบในขนาดที่ระบุจะไม่ก่อให้เกิดพิษเฉียบพลัน เมื่อศึกษาพิษกึ่งเฉียบพลันโดยป้อนยาแก่หนูในขนาดน้อยกว่าที่ใช้รักษาในคน 4 เท่า เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบตามปกติแต่มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักหัวใจ ปอด ตับ และเพิ่มเอนไซม์ SGPT ในซีรั่ม ซึ่งแสดงว่าเนื้อเยื่อของอวัยวะดังกล่าวถูกทำลายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อตับ จึงควรระมัดระวังหากต้องรับประทานต่อกันเป็นเวลานาน

การศึกษาพิษกึ่งเฉียบพลันของยาแผนโบราณตรีผลาโดยป้อนสารสกัดด้วยน้ำ คิดเป็น 1 เท่า 8 เท่า และ 64 เท่าของขนาดที่ใช้ในคน นาน 10 วัน (ขนาดคนรับประทาน 0.36 กรัม/กิโลกรัม/วัน นาน 5 วัน) พบว่าหนูขาวที่ได้รับยาตรีผลาตำรับเสมหะสมุฏฐานซึ่งมีสัดส่วนของมะขามป้อมสูงสุด คือมีสมอพิเภก สมอไทย และมะขามป้อม อัตราส่วน 8:4:12 กินอาหารได้น้อยลงและมีน้ำหนักตัววันสุดท้ายลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสมุนไพรทั้งสามชนิดมีแทนนินในปริมาณสูง ตำรับยานี้ไม่มีผลต่อค่าทางโลหิตวิทยา ไม่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพของตับและไต แต่ระดับโปรตีนรวมและ BUN ในซีรั่มของหนูเพศผู้น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซีรั่มกลอบูรินในหนูเพศผู้ลดลงเมื่อได้รับยาขนาด 8 และ 64 เท่า ส่วนซีรั่มครีอาตินินต่ำกว่ากลุ่มควบคุมเมื่อได้รับยาขนาด 64 เท่า

2. ใยอาหาร (Dietary fiber)

ประสงค์ (2556 : ออนไลน์) กล่าวไว้ว่า ใยอาหาร หมายถึง ส่วนผนังเซลล์ของพืช เช่น ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืชที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารจึงไม่ให้พลังงาน ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของใยอาหาร ดังนี้

2.1 ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ (Insoluble fiber) หมายถึงใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แต่จะพองตัวในน้ำเหมือนฟองน้ำไม่ให้ความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำในกระเพาะอาหารจึงมีผลให้รู้สึกอิ่ม โดยใยอาหารประเภทนี้แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ

ลดปัญหาท้องผูกได้ตัวอย่างของใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) ใยอาหารประเภทนี้พบได้มากในรำข้าว รวมทั้งในผักและผลไม้ แหล่งพืชผักผลไม้ที่ให้ใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ผงอะเซโรลา เชอร์รี่ อ้อย ข้าวโอ๊ต เลมอน ข้าวสาลี ถั่วเหลือง กระบองเพชร รำข้าวบาร์เลย์ ถั่วลันเตา แอปเปิ้ล เป็นต้น (ตัวอย่างดังในภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 แหล่งพืช ผัก ผลไม้ที่ให้ใยอาหาร

ที่มา : <u>ใยอาหารกับสุขภาพทางเดินอาหาร</u> (2557 : ออนไลน์)

2.2 ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble fiber) หมายถึงใยอาหารที่ละลายน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้กับตัวให้ความหนืด สารเหล่านี้ร่างกายย่อยไม่ได้แต่แบคทีเรียที่อาศัยในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยได้ซึ่ง พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2557 : ออนไลน์) ได้แบ่งใยอาหารที่ละลายน้ำได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 รีซีสแตนท์สตาร์ช (Resistant starch)

Resistant starch (RS) หมายถึงแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์หรือสตาร์ชที่ให้พลังงานต่ำคือแป้งและผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์และถูกดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ Resistant starch จึงมีคุณสมบัติเทียบเท่าใยอาหาร โดยสามารถผ่านเข้าไปถึงลำไส้ใหญ่และถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันสายสั้น ๆ ที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อลำไส้ ช่วยในการสร้างความแข็งแรงให้กับเซลล์ผนังลำไส้ใหญ่ ผลจากการย่อยที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้ร่างกายได้รับปริมาณพลังงานในระดับต่ำกว่าปกติหรือทำหน้าที่คล้ายกับใยอาหาร ซึ่งหากบริโภคเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคอายุรกรรมต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2555) Resistant starch เช่น Maltodextrin-Inulin

2.2.2 โอลิโกแซ็กคาไรด์(Oligosaccharide)

พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2557 : ออนไลน์) กล่าวไว้ว่า โอลิโกแซ็กคาไรด์ หมายถึง คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) 3-10 โมเลกุลที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ตัวอย่างของโอลิโกแซ็กคาไรด์ ได้แก่ ฟรักโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide), แรฟฟีโนส (Raffinose), สแตชิโอส (Stachyose), กาแล็กโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Galacto-oligosaccharide (GOS)), ไอโซมอลโท-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Isomalto-oligosaccharide), พาลาทิโนส (Palatinose), แล็กโทซูโครส (Lactosucrose), ซอยบีม-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Soybean oligosaccharide), กลูโค-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Gluco-oligosaccharide), ไซโล-โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Xylo-oligosaccharide) และแล็กทูโลส (Lactulose)

2.2.3 Unabsorb sugar เช่น Sugar alcohol

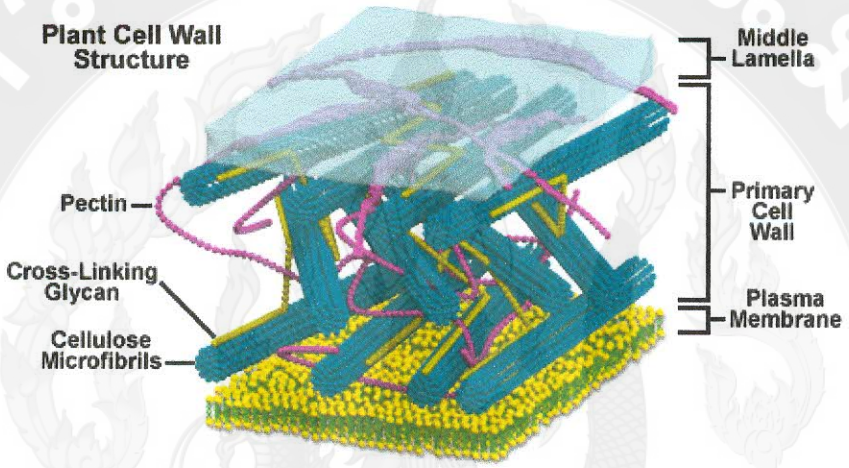
2.2.4 เฮทเทอโรโพลีแซคคาไรด์ (Heteropolysaccharides)

เฮทเทอโรโพลีแซคคาไรด์ เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่เมื่อเกิดการย่อยสลายแล้วได้เป็นโมโนเมอร์ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ได้แก่ เพคติน และกัม เป็นต้น

1) เพคติน (Pectin)

เพคตินคือสารประกอบโพลิเมอรที่พบในพืช จัดเป็นคารโบไฮเดรตโดยจะทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Nussinovitch. 1997) โดยคำว่า “เพคติน” มาจากภาษากรีก ซึ่งแปล

ว่าตัวประสานหรือทำให้แข็ง (Congeal or solidity) โดยในทางการค้าจะสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและกากแอปเปิ้ล มีการพัฒนามาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสารประกอบเพคตินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์ และเป็นสารสำคัญในบริเวณชั้น Middle lamella ซึ่งยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน (ภาพที่ 3) โดยจะจับกับเซลลูโลสเฮมิเซลลูโลส และไกลโคโปรตีนของผนังเซลล์พืช (Christensen. 1986 cited by Nussinovitch. 1997) โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อเยื่ออ่อนนุ่ม เช่น ต้นอ่อน ใบ และผลไม เป็นต้น



ภาพที่ 3 โมเลกุลของเพคติน (เส้นสีชมพู) ในเนื้อเยื่อของผัก ผลไม้ บริเวณ Middle lamella และผนังเซลล์ (Cell wall)

ที่มา : Plant Cell Wall (2014 : Online)

1.1) สมบัติทางเคมีของเพคติน

ในการเกิดเจลของเพคตินโดยเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงการเกิดเจลได้นั้นจะต้องมีปริมาณน้ำตาลและกรดที่เหมาะสมเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสายเพคตินจะถูกดึงน้ำออก ซึ่งมีผลทำให้เพคตินมีประจุลบจึงทำให้ลดแรงระหว่างสายโซ่ (Chain-chain interaction) ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพคตินชนิดที่เกิดเจลได้ช้าและเร็วนั้น คือ 3.2 และ 3.4 ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่างต่ำ ค่า Gel strength จะเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิในการเกิดเจลจะเพิ่มมากขึ้นด้วย (May. 1992 cited by Nussinovitch. 1997) สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลนั้นมีหลายปัจจัย ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสูงพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มมากขึ้น โดยน้ำตาล

จะมีผลต่ออัตราการเกิดเจลซึ่งพบว่าหากใช้กลูโคสไซรัปทดแทนน้ำตาลจะมีผลทำให้ Gel strength ลดลง แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการเกิดเจลเพิ่มมากขึ้น ในการใช้น้ำตาลฟรุกโตสทดแทนน้ำตาลจะมีผลต่อ Gel strength น้อยแต่มีผลตต่อการลดลงของอุณหภูมิในการเกิดเจล

การเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำซึ่งในการเกิดเจลของเพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลต่ำนั้นขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณ Ca^{2+} ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของน้ำตาล ปริมาณของเพคตินซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเกิดเจลและค่า Gel strength ที่ต้องการในการเตรียมเจลมาตรฐานต้องประกอบด้วยความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.0 ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 30 โดยให้มีเพคตินร้อยละ 1 และสารประกอบแคลเซียม เพคตินชนิดนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้หากมีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณของแคลเซียม คา Gel strength ก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจะลดลง อุณหภูมิในการเกิดเจลก็จะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิปกติและจุดเดือดจะเพิ่มมากขึ้นตาม Gel strength ที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยค่า a_w ที่ลดลงเนื่องจากการละลายของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นสามารถเกิดเจลได้ง่ายแม้ว่าจะมี Ca^{2+} ต่ำและเป็น เพคตินที่ไม่ไวต่อ Ca^{2+} หากต้องการใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ก็จะต้องใช้ Ca^{2+} เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของน้ำตาลที่เพิ่มมากขึ้น

1.2) สมบัติทางกายภาพของเพคติน

สมบัติการละลายของเพคติน โดยเพคตินสามารถละลายในน้ำเย็น และทำให้เกิดความข้นหนืดได้เช่นเดียวกับกัมชนิดอื่น ๆ แต่ผงเพคตินจับกันเป็นก้อนได้ง่ายมีผลทำให้ละลายได้ช้าและยาก เพคตินจะสามารถละลายไดดีในน้ำอุ่นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิมากกว่า 60 องศาเซลเซียส แล้วทำการผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วจากต่ำไปหาสูงสุด และต้องระวังไม่ให้ เพคตินจับกันเป็นก้อนเพราะจะทำให้ละลายได้ยาก อีกวิธีที่ละลายเพคตินไดดีนั้นจะต้องผสม เพคตินกับน้ำตาลโดยอัตราส่วนของเพคติน 1 ส่วนกับน้ำตาล 5 ส่วน หรือกับสารละลายอื่น ๆ เช่น สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 65 หรือแอลกอฮอลเพื่อทำให้เพคตินเปียก ถ้าไม่ได้ผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง ให้ต้มประมาณ 1 นาที เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดการละลายได้หมด (Rolin and De Vries. 1990 cited by Nussinovitch. 1997) การตรวจดูว่ามีการละลายเกิดขึ้นสมบูรณ์หรือไม่นั้น สามารถทำได้โดยการดูฟิลม์ของสารละลายบนไม้พาย หรือใบมีดที่สะอาดจะต้องใสไม่มีส่วนคล้ายเม็ดทรายอยู่ (May. 1992 cited by Nussinovitch. 1997)

ความหนืดของเพคตินขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ปริมาณแคลเซียม ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง ชนิดของเพคติน และขนาดของมวลโมเลกุล ความเข้มข้นของสารละลายเพคตินที่เจือจางนั้นจะทำให้การไหลเป็นแบบนิวโตเนียน (Newtonian) ถ้าสารละลายเพคตินมีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 1 สารละลายเพคติน จะมีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic solution ความเป็นกรด-ด่าง ถ้าเพิ่มความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ความหนืดของสารละลายเพคตินจะเพิ่มขึ้น ด้วยถ้าความเป็นกรด-ด่างลดลงเป็น 2.5-5.5 สารละลายเพคตินจะอยู่ในรูปของ Thixotropic solution สารละลายที่มีประจุ +1 จะลดความหนืดของสารละลายเพคติน เพราะลดแรงดึงดูดระหว่างประจุ มวลโมเลกุลโดยเพคตินที่มีมวลโมเลกุลสูง จะทำให้สารละลายมีความหนืดสูงขึ้นด้วย การหาน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินสามารถทำนายได้โดยการหาค่า Intrinsic viscosity ในทางตรงกันข้ามเมื่อเจือจางสารละลายและไม่มีแคลเซียมสารละลายจะมีความหนืดลดลงการเตรียมสารละลายเพคตินให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยการผสม เพคตินชนิดต่าง ๆ หรือผสมเพคตินให้มีความเข้มข้นต่างกัน (Michel, Doublier and Thibault. 1982 cited by Nussinovitch. 1997) ปริมาณของ Ca^{2+} เพคตินที่มีหมู่เมธอกซิลสูงไม้ต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล ในขณะที่เพคตินที่มีหมูเมธอกซิลต่ำต้องการแคลเซียมในการเกิดเจล สามารถแบ่งเพคตินออกตามความไวต่อ Ca^{2+} ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เกิดเจลได้ช้าเนื่องจากความไวต่อแคลเซียมต่ำและกลุ่มที่เกิดเจลได้เร็วมีความไวต่อแคลเซียมสูง กลุ่มหลังนี้หากเพิ่มปริมาณแคลเซียมความหนืดของสารละลายเพคตินก็จะสูงขึ้นด้วย

2) กัวกัม (Guar gum) (วาสนา, 2548)

กัวกัมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cyamopsis tetragonolobus* ได้จากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งการผลิตกัวกัมทำได้โดยการแยกส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มออกจากเปลือกและเจิร์ม แล้วนำมาบดให้มีขนาดอนุภาคละเอียด กัวกัมมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้ คือ กาแลคโตแมนแนน 78-82, ความชื้นร้อยละ 10-15, โปรตีนร้อยละ 4-5, เส้นใยร้อยละ 1.5-2.0, ไขมันร้อยละ 0.5-0.75, เหล็กเล็กน้อย และไม่มีโลหะหนัก

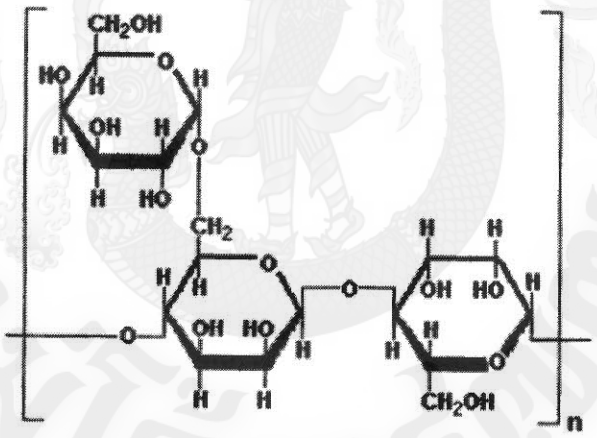
2.1) โครงสร้างทางเคมีของกาแลคโตแมนแนน

กาแลคโตแมนแนนเป็น Linear polysaccharide ที่มีสายโมเลกุลหลักเป็น β (1,4)-linked-D-mannose residue และมี α-D-galactose unit ซึ่งเชื่อมต่อตรงตำแหน่ง C1 ของกา

แลคโตสด้วยพันธะไกลโคซิดิคกับ C6 ของแมนโนสโดยกัวกัมจะมีส่วนของ Galactopy- ramose โดยเฉลี่ยทุก ๆ D-mannopyranose unit 2 หน่วย ดังแสดงในภาพที่ 4

2.2) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกัวกัม

2.2.1) การละลาย กัวกัมไม่สามารถละลายได้ทันทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลานานถึง 120 นาที ซึ่งการใช้เครื่องผสมชนิดแรงเฉือนสูง ใช้ผงกัวกัมชนิดละเอียดและใช้อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้กัวกัมละลายน้ำได้ดีขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศา-เซลเซียส เป็นเวลานาน อาจทำให้มีการแตกหักของโมเลกุลด้วยความร้อน (Thermal degradation) ซึ่งมีผลทำให้ความหนืดของสารละลายลดลงและอัตราการละลายของกัวกัมมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีตัวถูกละลายชนิดอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย



ภาพที่ 4 Guar gum structure

ที่มา : Antonio (2005)

2.2.2) ความหนืด เมื่อกาแลคโตแมนแนนละลายน้ำ สายยาวของแมนแนน (Mannan) จะคลายตัวออกให้โครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบมีลักษณะที่เรียกว่า Random coil ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ Random coil แต่ละสายจะอยู่ห่างกันและถูกล้อมรอบด้วยตัวทำละลาย แต่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น โอกาสที่สาย Random coil จะเคลื่อนตัวมาอยู่ใกล้กันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเกิดการเชื่อมพันธะระหว่างกันทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งใน

อุตสาหกรรมอาหารได้นำกัวกัมมาใช้เพื่อเพิ่มความหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้กัวกัมในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 1 สามารถเพิ่มความหนืดให้แก่อาหารได้เป็นอย่างดี

2.2.3) ผลของความเป็นกรด-ด่างกาแลคโตแมนแนนมีเสถียรภาพในช่วง pH กว้าง ๆ คืออยู่ในช่วง pH 1.0-10.5 ซึ่งค่า pH มีผลต่ออัตราการดูดซับน้ำ โดยที่ pH 8-9 กัวกัมสามารถซับน้ำได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรนำกัวกัมละลายน้ำอย่างสมบูรณ์ก่อนนำมาปรับ pH ตามที่ต้องการใช้งาน

2.2.4) ผลของความร้อนและแรงเฉือน การใช้อุณหภูมิสูงเกินไปอาจมีผลต่อเกิดการแตกหักของสายโมเลกุลกาแลคโตแมนแนน จึงทำให้ความหนืดของสารละลายลดลง ซึ่งการใช้กัวกัมชนิดหยาบแทนชนิดละเอียดนั้นสามารถลดการแตกหักของโมเลกุลได้ โดยอุณหภูมิที่ใช้เพื่อให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 25-40 องศาเซลเซียส

3) บุก (Konjac)

บุก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus* sp. เป็นพืชล้มลุกอยู่ในวงศ์ Araceae ในป่าของทุกภาคมักมีบุกหลายชนิด ลักษณะรูปร่างต่าง ๆ กัน ชื่ออื่น ได้แก่ บุกคุงคก (ชลบุรี) เบีย เบือ (แม่ฮ่องสอน) มันซูรัน (ภาคตลาง) หัวบุก (ปัตตานี) บุกคางคก (ภาคกลาง, เหนือ) บุกหนาม บุกหลวง (แม่ฮ่องสอน)ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ คือ ไม้ล้มลุกเนื้ออ่อน ลำต้นอวบ สีเขียวเข้ม ตามต้นมีรอยด่างเป็นดวง เขียวสลับขาว ใบเป็นชนิดใบเดี่ยว แตกใบที่ยอด กลุ่มใบแผ่เป็นแผงคล้ายร่มกาง ก้านใบต่อเนื่องกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5–7 ใบ รูปใบยาวปลายใบแหลม ขนาดใบยาว 12–15 เซนติเมตร สำต้นสูง 1–2 เมตร ดอกบุกเป็นสีเหลือง บานในตอนเย็นมีกลิ่นเหม็น คล้ายหน้าวัว ประกอบด้วยปลี และจานรองดอก จานรองดอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12–15 เซนติเมตร เกสรตัวผู้และตัวเมียรวมอยู่ในดอกเดียวกัน แต่แยกกันอยู่คนละชั้น เมื่อบานจานรองดอกจะโรย เหลืออยู่แต่ปลีดอก ซึ่งจะกลายเป็นผล ก่อนออกดอกต้นจะตายเหลือแต่หัว ซึ่งเป็นก้อนกลมสีขาว ขนาด 6–10 เซนติเมตร บุกขึ้นได้ในสภาพดินทุกชนิด แต่จะเติบโตเป็นหัวได้ขนาดใหญ่หรือเล็กนั้นขึ้นอยู่กับสภาพดินและอากาศ อาจกล่าวในขณะนี้ว่าบุกชอบดินร่วน น้ำไม่ขัง และดินที่มีอินทรียวัตถุ

หัวบุกมีสารสำคัญ คือกลูโคแมนแนนเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วย กลูโคส แมนโนส และฟลุคโตสกลูโคแมนแนน สามารถลดปริมาณน้ำตาลในเลือดได้เนื่องจากความเหนียว ซึ่งยับยั้งการดูดซึมของกลูโคสจากทางเดินอาหาร ยิ่งหนืดมากก็ยิ่งมี

ผลลดการดูดซึมกลูโคส ดังนั้นกลูโคแมนแนนซึ่งเหนียวกว่า Guar gum จึงลดน้ำตาลได้ดีกว่า จึงใช้แป้งเป็นวุ้นเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน สำหรับผู้ป่วยเป็นโรคมีไขมันในเลือดสูง

3.1) คุณสมบัติของผงบุก (จุฑาภรณ์, 2548)

3.1.1) ความข้นหนืด (Water thickening) เมื่อนำผงบุกมาละลายน้ำทำให้อนุภาคผงบุกจะดูดน้ำเอาไว้ แล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้สารที่มีความข้นหนืดขึ้น อัตราการดูดซับน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลา เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นการเพิ่มอัตราแรงเฉือนมีผลทำให้อัตราการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

3.1.2) การเกิดเจล (Gel formation) โดยทั่วไปเจลที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์อื่น ๆ เมื่อนำมาให้ความร้อนจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง ๆ เจลจะแตกหรือเกิดการแยกตัวของโครงสร้างตาข่ายโพลีเมอร์จึงทำให้เกิดการสูญเสียความเป็นเจลไปในสภาวะที่มีด่างอ่อน ๆ เช่น โปแตสเซียมคาร์บอเนต ผงบุกจะให้เจลที่ทนต่อความร้อน และมีความแข็งแรงมาก และยังมีความคงตัวสูง แม้นำไปต้มในน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลแข็งแรงและเสถียรภาพมากขึ้น

3.1.3) การเกิดฟิล์ม (Film formation) เมื่อสารละลายบุกมีการสูญเสียน้ำหรือนำไปทำแห้ง จะเกิดฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว ซึ่งฟิล์มที่เกิดขึ้นมีเสถียรภาพทั้งในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น หรือในระบบกรดและด่างได้ดี

3.1.4) ความหนืด (Viscosity) เมื่อนำผงบุกมาใช้ร่วมกับแป้งหรือร่วมกับ กัมชนิดอื่น ๆ และสารให้ความคงตัว เพื่อเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่น รส ผงบุกยังส่งผลให้ความหนืดของแป้งหรือไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ร่วมด้วยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก และรักษาค่าความหนืดของระบบให้คงที่ทั้งในกระบวนการให้ความร้อนและการให้ความเย็น เช่น การใช้ผงบุกร่วมกับแป้งดัดแปรต่าง ๆ หรือใช้ผงบุกร่วมกับแป้งข้าวโพด

3. ประโยชน์ของใยอาหารต่อสุขภาพของมนุษย์

ใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ดังนี้ (ประสงค์, ม.ป.ป : ออนไลน์)

3.1 การทำหน้าที่ของทางเดินอาหารส่วนต้น

3.1.1 Transit time โดยใยอาหารชนิดละลายน้ำจะทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะนานขึ้น (Delay gastric emptying time) โดยจะฟอร์มตัวเป็นเจลเหนียวในกระเพาะอาหารส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะไม่มีผลดังกล่าว

3.1.2 ผลกระทบต่อการดูดซึมของสารอาหารโดยใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดการดูดซึมของกลูโคสผ่านเยื่อบุผิวของลำไส้ ลดการดูดซึมของไขมันมัน จึงมีประโยชน์ต่อการควบคุมระดับกลูโคสและไขมันในเลือดได้ ใยอาหารบางชนิดอาจมีผลต่อการดูดซึมของโปรตีน เช่น ใยอาหารในข้าวไรน์ เพคตินและโพลีแซคคาไรด์ของถั่วเหลืองจะจับตัวกับแคทไอออน (Cation) ทำให้ลดการดูดซึมของแร่ธาตุบางตัว เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ทองแดง และสังกะสี

3.2 ผลดีจากขบวนการ Fermentation ของใยอาหารต่อนิเวศวิทยาของลำไส้ใหญ่ เอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่สามารถย่อยใยอาหารได้ แต่แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่และซีกั่มสามารถทำได้และยังสามารถ Ferment ใยอาหาร ทำให้ได้กรดไขมันสายสั้นพลังงานและแก๊สต่าง ๆ เช่น ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน เป็นต้น กรดไขมันสายสั้นจะถูกดูดซึมผ่านเยื่อบุผนังของลำไส้ใหญ่เมื่อเข้าไปอยู่ในเยื่อบุแล้วจะถูกใช้เป็นพลังงาน (กรดไขมัน Butyrate) กรดไขมันสายสั้นจึงมีประโยชน์ดังนี้

3.2.1 ให้พลังงานแก่โฮสต์ซึ่งจะเป็นผลดีในกรณีที่โฮสต์มีการดูดซึมสารอาหารบกพร่อง

3.2.2 ลด pH ในลำไส้ลดปริมาณแอมโมเนียและยูเรีย

3.2.3 ช่วยส่งเสริมการดูดซึมน้ำและโซเดียมซึ่งมีประโยชน์ในผู้ป่วยท้องเสีย

3.2.4 ช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกระเพาะและลำไส้

3.2.5 ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์เยื่อบุผิวของไอเลี่ยมและลำไส้ใหญ่

3.2.6 กรดไขมันบิวไทเรทช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งของลำไส้ใหญ่

3.2.7 ช่วยในขบวนการเมทาโบลิซึมของกลูโคสและไขมันทั้งนี้มาจากผลของการสลายกรดอะซิเตทและโปรปิโอเนททั้งในตับและในเนื้อเยื่ออื่น ๆ

3.2.8 ช่วยทำให้เกิดความสมดุลย์ของแบคทีเรียในลำไส้

3.3 การขับถ่ายของลำไส้ใหญ่โดยใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำจะช่วยเพิ่มเนื้อของอุจจาระเพราะไม่สลายตัวในลำไส้ใหญ่และยังสามารถจับกับน้ำได้ ทำให้อุจจาระอ่อนนุ่มถ้าเป็นใย

อาหารชนิดหยาบจะทำให้เกิดเนื้ออุจจาระมาก เช่น Wheat bran, Oat bran และเซลลูโลส ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำจะทำให้มีเนื้ออุจจาระน้อยและถ้าเป็นใยอาหารที่ถูก Ferment ได้ดีทำให้ลำไส้ใหญ่มีแบคทีเรียมากทำให้เกิดแก๊สในอุจจาระได้มาก จึงอาจเพิ่มน้ำหนักและปริมาตรของอุจจาระได้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะลด Transit time ของลำไส้ใหญ่ ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำได้มักไม่ลด Transit time ของลำไส้ใหญ่ ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำทำให้การถ่ายอุจจาระถี่ขึ้นได้จากเดิมที่ถ่ายน้อย

3.4 ผลดีต่อเยื่อบุผิวในลำไส้ (Trophic action on intestinal mucosa) จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่าใยอาหารช่วยในการเจริญเติบโตของเยื่อบุผิวในไอเลี่ยมและลำไส้ใหญ่โดยทำให้ลำไส้ยาวขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น และลำไส้มีคริปท์ลึกขึ้น ซึ่งพบได้ในใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส เป็นต้น ดังนั้นการรับประทานทั้งใยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจึงช่วยป้องกันการห่อเหี่ยวเยื่อบุผิวของลำไส้ได้ดีกว่ารับประทานใยอาหารชนิดละลายน้ำอย่างเดียว

3.5 ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดในคนไข้ที่เป็นโรคเบาหวาน การรับประทานใยอาหารในปริมาณ 8-20 กรัม/100 กรัมของคาร์โบไฮเดรต สามารถลดระดับกลูโคสและอินซูลินได้ร้อยละ 20-50 ซึ่งใยอาหารชนิดละลายน้ำช่วยเพิ่ม Glucose tolerance สำหรับใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีผลเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่มีผลเลย ใยอาหารชนิดละลายน้ำสามารถช่วยลดระดับโททัลและแอลดีแอลโคเลสเตอรอลในเลือด การรับประทานใยอาหารในข้าวโอ๊ตและเบต้ากลูแคนปริมาณ 3-15 กรัมต่อวันสามารถช่วยลดโคเลสเตอรอลได้ร้อยละ 5-15 ซึ่งเห็นชัดเจนในคนที่มีระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูง ซึ่งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เซลลูโลส และ Wheat bran ซึ่งไม่มีผลต่อระดับโคเลสเตอรอลในเลือด

4. ผลเสียจากการรับประทานใยอาหาร

แม้ว่าใยอาหารจะมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมากแต่ถ้ารับประทานมากจนเกินไปจะมีผลเสียต่อร่างกาย เช่น ลดการดูดซึมของสารอาหารบางชนิด ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียมเหล็ก ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น ผลเสียต่อทางเดินอาหาร เช่น มีแก๊สในกระเพาะและลำไส้อาเจียน

ลำไส้เคลื่อนไหวเร็วกว่าปกติและปวดท้อง เป็นต้น และในคนที่ต้องให้อาหารทางสายยางซึ่งใยอาหารที่หยาบอาจจะทำให้เกิดการอุดตันในสายยาง (ประสงค์, ม.ป.ป : ออนไลน์)

5. น้ำมะขามป้อม

น้ำมะขามป้อม หมายถึงเครื่องดื่มที่ได้จากการนำผลมะขามป้อมที่สดหรือแห้งและอยู่ในสภาพดีมาล้างให้สะอาด แล้วตัดแต่งหรือหั่นเป็นชิ้น ต้มกับน้ำ กรอง อาจปรุงแต่งรสด้วยน้ำตาล น้ำผึ้ง หรือน้ำผลไม้ชนิดอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน และอาจเติมสารเพิ่มความเป็นกรด จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

5.1 ส่วนประกอบของน้ำมะขามป้อม

5.1.1 ผลมะขามป้อมสด

5.1.2 น้ำตาล ทำหน้าที่ให้ความหวานและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ดี

5.1.3 น้ำ ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายโดยมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหารและเป็นตัวกระจายส่วนประกอบของอาหาร

5.2 กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม

Umnat (2010) ทำการศึกษาเรื่อง การแปรรูปมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica L.*) ที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ให้มากที่สุด โดยดำเนินการศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ อายุการเก็บรักษา และการยอมรับของผู้บริโภค จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะขามป้อม (น้ำผลไม้และลูกอม) โดยในการศึกษามะขามป้อมพร้อมดื่มนั้นได้ทำการศึกษาโดยใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกันระหว่าง Puree และน้ำ ได้แก่ 1:1, 1:2 และ 1:3 และปรับความเข้มข้นของน้ำตาลเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 10, 13 และ 15 องศาบริกซ์ จากนั้นทำการพาสเจอร์ไรซ์ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อได้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มในอัตราส่วนระหว่าง Puree และน้ำ Puree 1 ส่วน:น้ำ 2 ส่วน ความเข้มข้นของน้ำตาล 13 องศาบริกซ์ ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงเลือกสูตรดังกล่าวมาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา จากผลการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า L* ค่า a* ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณวิตามินซี และ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้ามค่าความเป็นกรดและกิจกรรม Lipoxygenase

(LOX) มีการเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์จุลินทรีย์ และการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านคุณภาพ

นอกจากนี้ยังได้อธิบายการเตรียมตัวอย่างไว้ว่า ผลมะขามป้อมสดเกรดมาตรฐานในระยะที่เป็นสีเหลือง ทำการเก็บจากต้นและคัดเกรดอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้ผลไม้ได้รับความเสียหายจากการช้ำในระหว่างการเก็บเกี่ยว จากนั้นนำมะขามป้อมมาล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนและล้างผลมะขามป้อมทั้งลูกด้วยน้ำสะอาด ทำการปอกเปลือกและแยกเมล็ดออกจากส่วนเนื้อและแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) เข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำออกมาสะเด็ดน้ำแล้วนำไปปั่นกับน้ำบริโภคในอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำเป็น 1:1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบดและคั้นน้ำมะขามป้อมออกมาได้ง่ายขึ้น นำเนื้อมะขามป้อมบดไปให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที แล้วบรรจุลงในถุงพอลีเอทิลิน (PE) ในปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อถุง จากนั้นนำเนื้อมะขามป้อมไปทำเย็นจนได้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส ในระหว่างรอนำไปทดลอง

Umnat (2010) ได้อธิบายกระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มดังนี้คือ เจือจางเนื้อมะขามป้อม (puree) ด้วยน้ำที่ใช้บริโภคในอัตราส่วน 1:2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วนำไปกรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อแยกเอาส่วนกากออกไป วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (TSS) ในน้ำมะขามป้อมก่อน แล้วจึงปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (TSS) ให้ได้เท่ากับ 13 องศาบริกซ์ โดยเติมน้ำเชื่อมที่เตรียมได้จากน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 30 วินาที และบรรจุขณะร้อนในขวดแก้ว ปิดฝา และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบ

- ผลมะขามป้อม ระยะแก่จัด
- น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์
- ใยอาหาร ได้แก่ ผงบุก กัวกัม และเพคติน
- น้ำสะอาด

1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

- โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) (Merck KGaA, Germany)
- สารละลายเปปโตน (Merck KGaA, Germany)
- สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (LabChem, Australia)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Merck KGaA, Germany)
- กรดทาร์ทาริก ($C_4H_6O_6$) (Merck KGaA, Germany)
- เอทานอล (C_2H_5OH) (Merck KGaA, Germany)
- โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) (Merck KGaA, Germany)
- โพแทสเซียมแอซิดพาทาเลต ($KHC_8H_4O_4$) (Univar, Australia)
- กรดเมตาฟอสฟอริค ($NaPo_3$) (Panreac, EU)
- กรดแอสคอร์บิก ($C_6H_8O_6$) (Fisher Scientific, UK)
- เมทานอล (CH_3OH) (RCI Lanscan, Thailand)
- กรดแกลลิก (Gallic acid) (Fluka, Spain)
- น้ำปราศจากไอออน (DI water) (RCI Lanscan, Thailand)
- 2,6-dichorophenol indophenol (Sodium salt) (Univar, Australia)
- Brillient green lactose bile broth (BGLB) (Merck KGaA, Germany)
- DPPH (1,1′-diphenyl-2-2′-picrylhydrazyl) (Sigma-Aldrich, Germany)
- Eosin methylene blue agar (EMB agar) (HiMedia laboratories, India)
- Folin-Ciocalteu reagent (Merck KGaA, Germany)
- Lactose broth (Merck KGaA, Germany)
- Plate count agar (PCA) (Merck KGaA, Germany)
- Potato dextrose agar (PDA) (HiMedia laboratories, India)

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์

- เครื่องวัดสี (Hunter lab : Color Flex, USA)
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Sciencetific: Genesys 10 series, USA)
- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield: RVT230, USA)
- เครื่องระเหยแบบหมุน (Steroglass: Strike 102, Italy)
- เครื่อง pH meter (Mettler Toledo: AFP2100L, Switzerland)
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอน้ำ (Autoclave) (teknolab: Steroclaves, Italy)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Binder: FD115, USA)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) (Memmert: BE500, USA)
- รีแฟรกโตมิเตอร์ (0-31 องศาบริกซ์) (Atago: MASTA-M, Japan)
- เครื่องชั่ง (Ohaus: PA214, USA)
- เทอร์โมมิเตอร์ (0-120 องศาเซลเซียส)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Memmert: WNB 45, Germany)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- บิวเรต (Buret)
- ขวด Media
- แท่งแก้วคนสาร (Stirring rod)
- กระดาษกรอง (Filter paper)
- ปิเปต (Pipette)
- กระบอกตวง (Cylinder)
- หลอดทดลอง (Tube)
- บีกเกอร์ (Beaker)
- ตะเกียงแอลกอฮอล์
- จานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Plate)

1.4 อุปกรณ์สำหรับผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร

- มีดสแตนเลส
- เตาแก๊ส
- ตู้เย็นและตู้แช่แข็ง
- ทัพพีสแตนเลส

- เขียง
- หม้ออลูมิเนียม
- ผ้าขาวบาง
- ขวดพร้อมฝาสำหรับบรรจุ
-เครื่องปั่น (Blender)
- กะละมังสแตนเลส
- ถาดสแตนเลส

1.5 อุปกรณ์สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส

- แบบสอบถาม
- แก้วน้ำ และเหยือกน้ำ
- ดินสอ
- ถาด
- ถ้วยใส่ตัวอย่าง
- ทิชชู

2. วิธีการวิจัย

2.1 การวางแผนการทดลอง

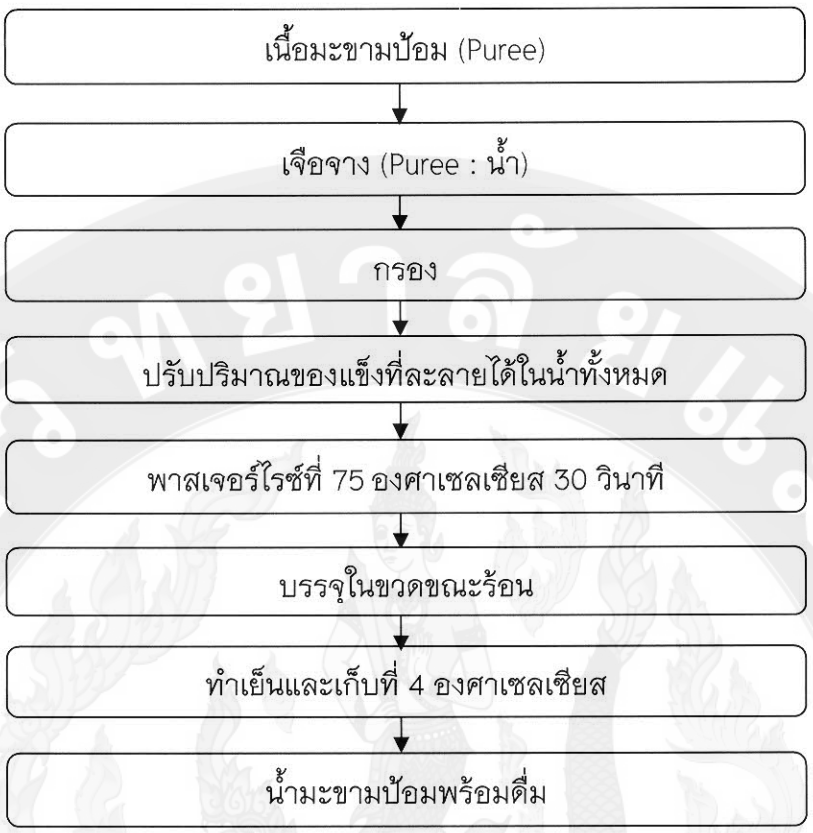
ในการศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เติมลงในน้ำมะขามป้อมนั้นจะวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส 7-Point Hedonic Scale และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และรายงานคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบของแต่ละตัวอย่าง

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มจากเอกสารงานวิจัยโดยได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มจากงานวิจัยของ Umnat (2010) ซึ่งได้อธิบายกระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมเนื้อมะขามป้อม (Puree) (ภาพที่ 5) และการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม (ภาพที่ 6) ไว้ดังนี้

ภาพที่ 5 การเตรียมเนื้อมะขามป้อม (Puree)

ที่มา : Umnat (2010)



ภาพที่ 6 การผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม
ที่มา : Umnat (2010)

2.2.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม โดยทำการทดลองตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำที่เหมาะสม ตามสูตรมาตรฐานและกระบวนการผลิตของ Umnat (2010) โดยทำการทดลองอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำเป็น 1:1, 1:2 และ 1:3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยปรับของแข็งที่ละลายได้เท่ากันทั้ง 3 ทรีตเมนต์ เป็น 13 องศาบริกซ์ จากนั้นประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ซึ่งทำการคัดเลือกอัตราส่วนของ Puree ต่อน้ำที่เหมาะสมจากคะแนนความชอบโดยรวม

2) ศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม โดยนำอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 1) มาทำการปรับระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 10, 13 และ 15 องศาบริกซ์ โดยทำการผลิตน้ำมะขามป้อมตามกระบวน การผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มจากงานวิจัยของ Umnat (2010) จากนั้นนำน้ำมะขามป้อมที่ทำการ

ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมาทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ทำการคัดเลือกอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่เหมาะสมจากคะแนนความชอบโดยรวม ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงไปในน้ำมะขามป้อมได้จากคำนวณ (สมการที่ 1) แล้ววัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยรีแฟรกโตรมิเตอร์อีกครั้งเพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ

$$\text{น้ำหนักน้ำตาลที่ต้องเติม} = \frac{(\text{ความเข้มข้นที่ต้องการ} - \text{ความเข้มข้นเดิม})}{(100 - \text{ความเข้มข้นที่ต้องการ})} \times \text{น้ำหนักของน้ำมะขามป้อม}$$

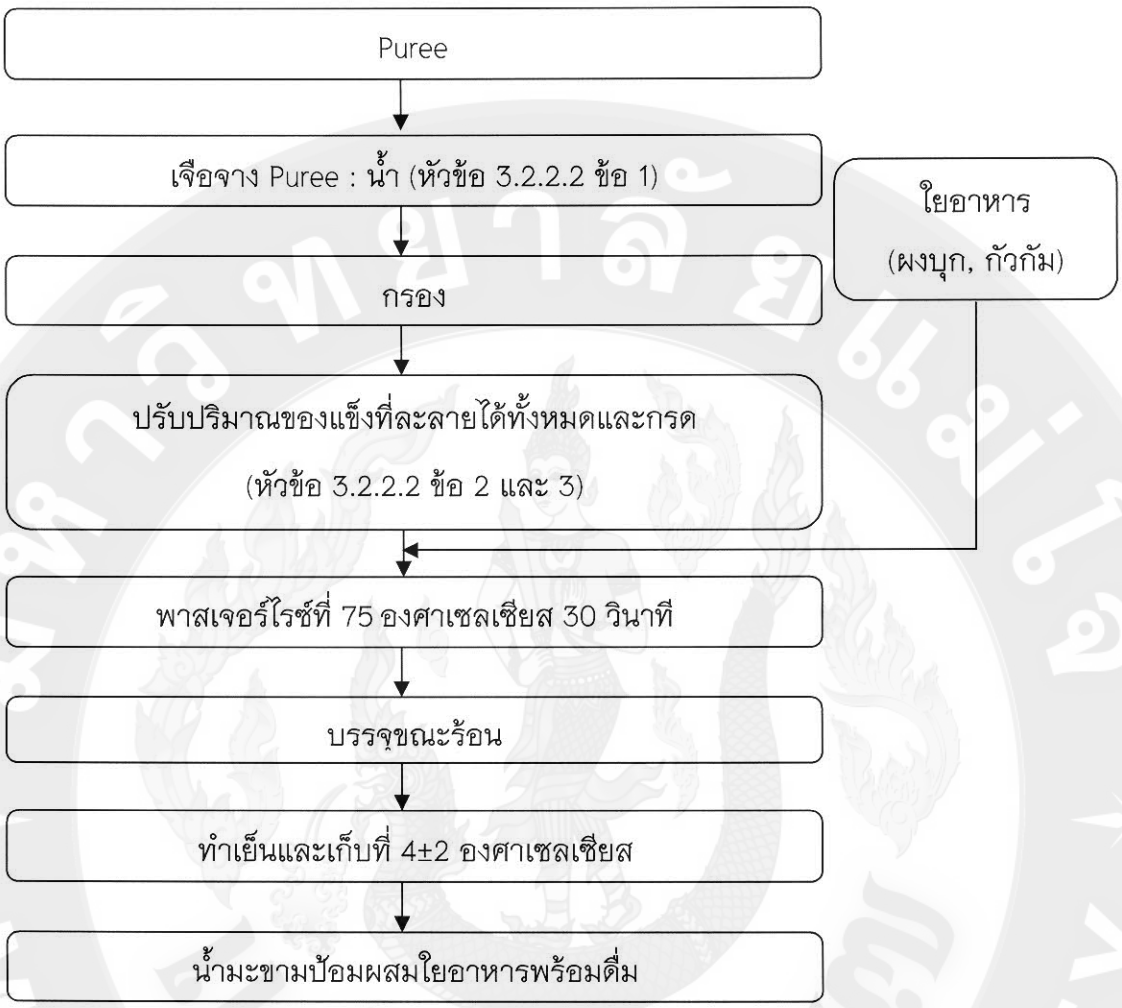
(สมการที่ 1)

โดยที่ ความเข้มข้นมีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)
น้ำหนักของน้ำตาลที่ต้องเติม ใช้หน่วยเดียวกันกับน้ำหนักของน้ำมะขามป้อม

3) ศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม โดยนำอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 1) มาทำการปรับของแข็งที่ละลายได้เท่ากันทั้ง 4 ทรีตเมนต์ เป็น 13 องศาบริกซ์ จากนั้นทำการเติมกรดซิตริก ได้แก่ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยจะทำการคัดเลือกปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมจากคะแนนความชอบโดยรวม

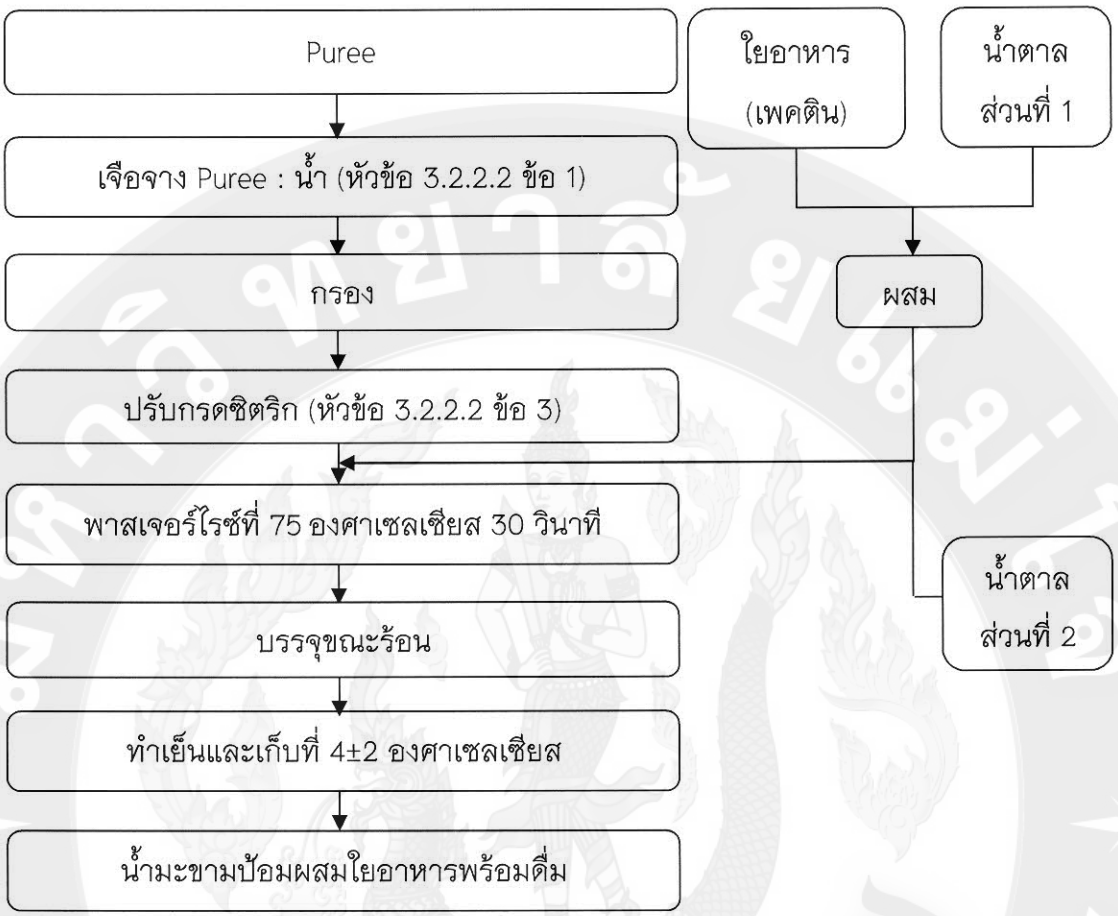
2.2.3 ศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมเพื่อผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยนำสูตรการผลิตน้ำมะขามป้อมที่ได้จากข้อ 2.2.2 มาแบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยทำการเติมใยอาหารกลุ่มละชนิด ได้แก่ ผงบุก กัวกัม และเพคติน ทำการศึกษาที่ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร แบ่งออกเป็น 2 กระบวนการตามชนิดของใยอาหาร ดังนี้

1) กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร (ผงบุกและกัวกัม) พร้อมดื่ม โดยนำใยอาหารตามความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เติมในกระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มในขั้นตอนหลังจากการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปรับกรด จากนั้นทำการผสมให้เข้ากันจนใยอาหารละลายหมด แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ บรรจุขวด และทำเย็น แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร (ผงบุกและกัวกัม) พร้อมดื่ม

2) กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร (เพคติน) พร้อมดื่ม โดยนำใยอาหารตามความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 มาเติมในกระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มในขั้นตอนหลังจากขั้นตอนการปรับกรด จากนั้นคำนวณปริมาณน้ำตาลที่ต้องเติมในน้ำมะขามป้อมเพื่อปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เมื่อได้ปริมาณน้ำตาลที่ต้องใช้แล้วก็ทำการแบ่งน้ำตาลเป็น 2 ส่วน โดยน้ำตาลส่วนที่หนึ่งใช้สำหรับผสมกับเพคตินแล้วเติมลงไปในน้ำมะขามป้อมและส่วนที่สองสำหรับเติมลงไปในน้ำมะขามป้อมโดยไม่ผสมกับเพคติน จากนั้นทำการผสมให้เข้ากันจนใยอาหารละลายหมด แล้วทำการพาสเจอร์ไรซ์ บรรจุขวด และทำเย็น แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร (เพคติน) พร้อมดื่ม

จากนั้นนำน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยทำการคัดเลือกมา 3 ทรีตเมนต์ จากคะแนนความชอบโดยรวมเพื่อนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาในขั้นตอนต่อไป

2.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยนำผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารทั้ง 3 ทรีตเมนต์ ที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 2.2.3 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ จะหยุดทำการวิเคราะห์เมื่อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขหรือพบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่พึงประสงค์ วิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันคือมีส่วนผสมเหมือนกันผลิตในระยะเวลาเดียวกันในระหว่างการเก็บรักษาในทุก ๆ สัปดาห์ ทำการสุ่มตัวอย่างน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารมา 3 รุ่น โดยแต่ละรุ่นทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ 3 ซ้ำ ยกเว้นการ

วิเคราะห์ค่าความหนืดซึ่งจะทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ นำตัวอย่างน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1) การวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่

1.1) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC. 2000)

1.2) ปริมาณวิตามินซี (AOAC. 2000 and Umnat. 2010)

1.3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์

1.4) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter

1.5) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยวิธี Folin-Ciocalteu Assay (Singleton *et al.* 1999 and Umnat. 2010)

2) การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่

2.1) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (Umnat. 2010)

3) การวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่

3.1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab

3.2) ความขุ่น โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

3.3) ความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield

4) การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ได้แก่

4.1) ปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Spread plate (AOAC. 2000)

4.2) สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) (BAM. 2002)

4.3) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Pour plate (AOAC. 2000)

4.4) ปริมาณโคลิฟอร์ม (Coliform) และปริมาณ *Escherichia coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN) (AOAC. 2000)

2.2.5 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยนำน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มที่คัดเลือกได้จากข้อที่ 2.2.3 มาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ กลุ่มเป้าหมายตั้งแต่อายุต่ำกว่า 25 ปี ถึงอายุสูงกว่า 40 ปี จำนวน 50 คน โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบต้องมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 6-15 องศาเซลเซียส และต้องมีการเขย่าให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการเสิร์ฟ โดยเสิร์ฟในปริมาณ 30 มิลลิลิตร โดยใช้แบบสอบถามและการยอมรับด้วยวิธี 7-Point Hedonic Scale โดย 7 หมายถึง ชอบมาก และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมาก

2.3 การรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาจากเอกสาร การใช้แบบสอบถาม และการบันทึกข้อมูลโดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 การศึกษาสูตรการทำน้ำมะขามป้อมโดยศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทดลองเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมโดยคัดเลือกจากคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยวิธี 7-Point Hedonic Scale

2.3.2 การศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทำการคัดเลือกมา 3 ทรีตเมนต์ จากคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยวิธี 7-Point Hedonic Scale โดยทำการบันทึกเป็นข้อมูลเชิงปริมาณในรูปแบบตาราง

2.3.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยเก็บข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ทำการบันทึกเป็นข้อมูลเชิงปริมาณในรูปแบบตารางและนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

2.3.4 ในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามและการประเมินทางประสาทสัมผัส จากผู้บริโภคจำนวน 50 คน โดยบันทึกข้อมูลที่ได้ในรูปแบบตารางเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็นำข้อมูลนั้นมาจัดกระทำให้เป็นระบบและวิเคราะห์ผลโดยจัดกระทำกับข้อมูลดังนี้

2.4.1 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามโดยศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำที่เหมาะสม การศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสม และการ ศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำผลการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ไปวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม SPSS โดยเสนอผลการทดลองในรูปแบบตาราง

2.4.2 การศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม โดยนำผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่ได้จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คนไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม SPSS โดยเสนอผลการทดลองในรูปแบบตารางและกราฟ

2.4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จนถึงสัปดาห์ที่ 8 มาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม SPSS เสนอผลการทดลองในรูปแบบตารางและกราฟ

2.4.4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยนำผลการประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรม SPSS ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค พฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยจะนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Excel เพื่อหาร้อยละ และนำเสนอผลในรูปแบบตาราง

2.4.5 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะทำการเรียบเรียงและเสนอผลการ ศึกษาแบบพรรณนาวิเคราะห์

2.5 สถานที่ในการศึกษา

2.5.1 สถานที่ในการแปรรูปน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

โรงงานนำร่องอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

2.5.2 สถานที่ในวิเคราะห์คุณภาพน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ห้องปฏิบัติการทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของอาคารปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อาคารกิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์) และโรงงานนำร่องอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

2.5.3 สถานที่ใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

บริเวณภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

2.6 ระยะเวลาในการศึกษา

ระยะเวลาการดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2557

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม

1.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำที่เหมาะสม

จากการทดลองอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 1:1, 1:2 และ 1:3 ดำเนินการผลิตน้ำมะขามป้อมตามกระบวนการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มจากงานวิจัยของ Umnat (2010) จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale (7 คือ ชอบมาก, 6 คือ ชอบปานกลาง, 5 คือ ชอบเล็กน้อย, 4 คือ เฉย ๆ, 3 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย, 2 คือ ไม่ชอบปานกลาง และ 1 คือ ไม่ชอบมาก) โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน พบว่าอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 1:2 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Umnat (2010)

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำ 1:2 และ 1:3 ได้รับคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) โดยได้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.60 และ 5.40 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย สำหรับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และรสชาติหลังการกลืนของอัตราส่วนเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 1:2 และ 1:3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 1:1 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบปานกลางถึงเฉย ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ทำให้มีรสชาติฝาดที่สุด จึงส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำมะขามป้อมเมื่อกำหนดอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำแตกต่างกัน

P : W**	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±S.D.)*					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	รสชาติหลังการกลืน	ความชอบโดยรวม
1:1	4.00±1.17[b]	3.87±1.33[b]	4.83±1.46[a]	2.97±1.24[b]	2.83±1.56[b]	3.50±1.50[b]
1:2	5.53±0.97[a]	5.60±0.89[a]	5.03±0.96[a]	5.27±1.29[a]	4.83±1.23[a]	5.60±1.07[a]
1:3	5.40±1.10[a]	5.33±1.35[a]	4.70±1.02[a]	5.27±1.41[a]	5.00±1.46[a]	5.40±1.10[a]

หมายเหตุ : * จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน

** เนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ (Puree : Water)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงได้เลือกอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำ 1:2 มาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไปเนื่องจากต้องการนำวัตถุดิบในส่วนของเนื้อมะขามป้อมให้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงได้เลือกอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำ 1:2 มาทำการศึกษาปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มในขั้นตอนต่อไป

1.2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม

จากผลการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่เหมาะสมในข้อ 1.1 ข้างต้น พบว่าอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่ได้รับการคัดเลือกคือ 1:2 จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาทำการปรับระดับน้ำตาล 3 ระดับ ได้แก่ 10, 13 และ 15 องศาบริกซ์ ซึ่งจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน พบว่าปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมคือ 15 องศาบริกซ์ รองลงมาคือ 13 และ 12 องศาบริกซ์ ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 3

จากตารางแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำตาล 10, 13 และ 15 องศาบริกซ์ ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 3.10, 4.40 และ 5.77 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) โดยระดับน้ำตาล 15 องศาบริกซ์อยู่ใน

เกณฑ์ชอบปานกลาง ระดับน้ำตาล 13 องศาบริกซ์ อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย และระดับน้ำตาล 10 องศาบริกซ์ อยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อย ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นของทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย สำหรับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านรสหวาน รสชาติ และรสชาติหลังการกลืนของทั้ง 3 ทรีตเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำมะขามป้อมที่เติมปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน

ระดับน้ำตาล (°Brix)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±S.D.)*				
	กลิ่น	รสหวาน	รสชาติ	รสชาติหลังการกลืน	ความชอบโดยรวม
10	4.60±1.40[a]	3.17±1.23[c]	3.23±1.10[c]	2.93±1.26[c]	3.10±1.21[c]
13	4.80±1.06[a]	4.10±1.12[b]	3.97±1.16[b]	3.77±1.19[b]	4.40±1.22[b]
15	4.83±1.21[a]	5.60±1.07[a]	5.63±1.00[a]	5.13±1.11[a]	5.77±0.68[a]

หมายเหตุ : * จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)

1.3 ผลการศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม

จากผลการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่เหมาะสมในข้อ 1.1 ข้างต้น พบว่าอัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำที่ได้รับการคัดเลือกคือ 1:2 จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาศึกษาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม โดยในการศึกษานั้นได้ทำการเติมกรดซิตริก 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ซึ่งผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 7-Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่าปริมาณกรดซิตริกที่เติมลงในน้ำมะขามป้อมที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมาก

ที่สุด คือปริมาณกรดซิตริกธรรมชาติ (ร้อยละ0) รองลงมาคือ ร้อยละ 0.5, 1.5 และ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำมะขามป้อมที่เติมกรดซิตริกในปริมาณแตกต่างกัน

ระดับกรดซิตริก (% w/v)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±S.D.)				
	กลิ่น	รสเปรี้ยว	รสชาติ	รสชาติหลังการกลืน	ความชอบโดยรวม
0	4.63±1.33[a]	4.07±1.44[a]	4.33±1.47[a]	4.50±1.46[a]	4.47±1.66[a]
0.5	4.50±1.17[a]	3.73±1.70[ab]	3.50±1.83[ab]	3.53±1.63[b]	3.73±1.87[ab]
1.5	4.67±1.30[a]	3.10±2.23[ab]	2.90±1.94[bc]	2.83±1.80[bc]	2.83±2.02[bc]
2.5	5.07±1.31[a]	2.77±2.13[b]	2.57±1.65[c]	2.60±1.57[c]	2.60±1.67[c]

หมายเหตุ : * จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าน้ำมะขามป้อมที่เติมกรดซิตริกร้อยละ 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) สำหรับด้านรสเปรี้ยว รสชาติ และรสชาติหลังกลืนน้ำมะขามป้อมที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0 และ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม พบว่าได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 4.47, 3.73, 2.83 และ 2.60 ตามลำดับ โดยปริมาณกรดซิตริก ร้อยละ 0 (ไม่เติมกรดซิตริก) ได้รับคะแนนมากที่สุด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉย ๆ สำหรับ

ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบปานกลางถึงไม่ชอบเล็กน้อย ฉะนั้นจึงเลือกปริมาณกรดซิตริก ร้อยละ 0 (ไม่เติมกรดซิตริก) หรือปริมาณกรดซิตริกตามธรรมชาติของผลมะขามป้อมมาใช้ในการผลิตน้ำมะขามป้อมเพื่อให้ได้สูตรที่เหมะสมต่อไป

จากผลการทดลองในข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3 สามารถสรุปสูตรน้ำมะขามป้อมที่เหมาะสมในการนำไปใช้ศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไปได้ดังนี้ คือ อัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำเป็น 1:2, ระดับน้ำตาล 15 องศาบริกซ์ และไม่เติมกรดซิตริกหรือใช้ปริมาณกรดตามธรรมชาติในผลมะขามป้อม โดยระดับน้ำตาลแตกต่างจากสูตรของ Umnat (2010) ซึ่งมีระดับน้ำตาลเป็น 13 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของมะขามป้อมที่นำมาใช้ต่างฤดูกาล โดยคุณสมบัติต่างๆ ของมะขามป้อมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างด้านแหล่งที่ปลูก เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ และปัจจัยซึ่งผลต่อการเจริญเติบโตหรือลักษณะความผันแปรทางพันธุกรรมของพันธุ์มะขามป้อม (Liu *et al*. 2008) ส่งผลทำให้คุณลักษณะด้านต่าง ๆ แตกต่างกัน เช่น ปริมาณแทนนินที่แตกต่างทำให้รสฝาดแตกต่างกัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบยังมีผลต่อความชอบที่แตกต่างกัน ฉะนั้นสูตรที่เหมะสมในการศึกษาในครั้งนี้จึงมีความแตกต่างจากสูตรของ Umnat (2010) จากนั้นนำสูตรดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มต่อไป

2. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

จากผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มในข้อ 1 ข้างต้น พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม คือ อัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม ต่อน้ำ 1:2 ระดับน้ำตาล 15 องศาบริกซ์ และไม่เติมกรดซิตริกหรือใช้ปริมาณกรดตามธรรมชาติ จึงได้นำสูตรดังกล่าวมาใช้สำหรับการศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม โดยใยอาหารที่ใช้เติมลงในน้ำมะขามป้อม ได้แก่ ผงบุก กัวกัม และเพคติน (ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยผลการประเมินผลทางประสาท

สัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน แสดงดังตารางที่ 5

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control ได้รับคะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดและปริมาณใยอาหารชนิดเพคติน ผงบุกและกัวกัมที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ไม่มีผลต่อความชอบด้านสี อาจเนื่องมาจากสีของเพคติน ผงบุก และกัวกัมมีความใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5 และภาพที่ 9)

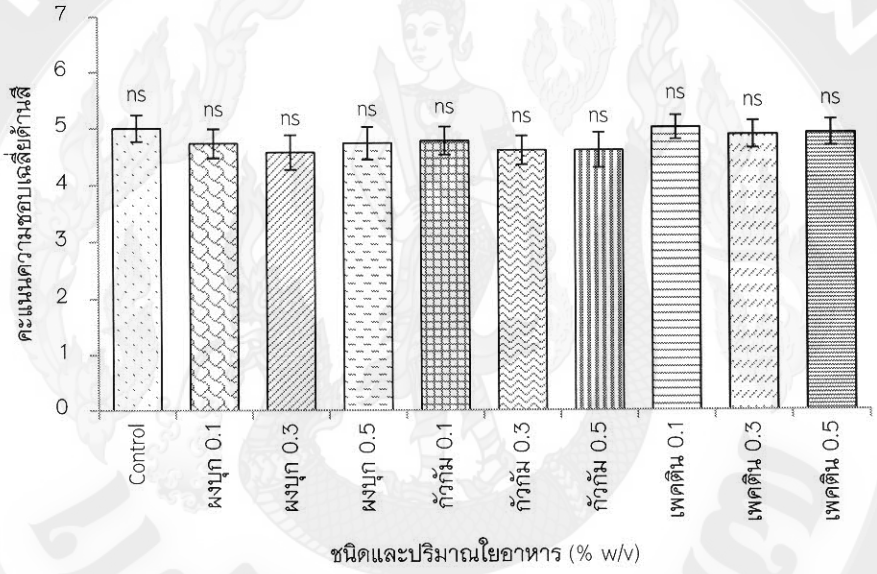
ตารางที่ 5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มที่มีการเติมใยอาหารชนิดต่าง ๆ ที่ระดับแตกต่างกัน

ทรีตเมนต์**	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±S.D.)*				
	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
Control (0)	5.00±1.28^{a}	4.57±1.04^{ab}	4.47±1.63^{a}	4.90±1.37^{a}	4.67±1.21^{a}
ผงบุก 0.1	4.73±1.41^{a}	4.40±1.22^{ab}	4.07±1.41^{a}	4.53±1.07^{ab}	3.77±0.77^{bc}
ผงบุก 0.3	4.57±1.68^{a}	4.20±1.27^{ab}	3.17±1.42^{bc}	2.93±1.57^{c}	3.50±1.28^{bc}
ผงบุก 0.5	4.73±1.57^{a}	3.90±1.37^{b}	2.80±1.52^{c}	2.80±1.52^{c}	3.33±1.49^{bc}
กัวกัม 0.1	4.77±1.36^{a}	4.37±1.07^{ab}	3.97±1.35^{ab}	4.10±1.24^{b}	3.93±1.05^{b}
กัวกัม 0.3	4.60±1.40^{a}	4.30±1.26^{ab}	3.23±1.43^{bc}	3.37±1.56^{c}	3.60±1.40^{bc}
กัวกัม 0.5	4.60±1.71^{a}	3.93±1.51^{b}	2.87±1.53^{c}	2.70±1.51^{c}	3.13±1.46^{c}
เพคติน 0.1	5.00±1.17^{a}	4.70±1.09^{a}	4.43±1.50^{a}	4.50±1.14^{ab}	4.97±1.30^{a}
เพคติน 0.3	4.87±1.33^{a}	4.77±1.14^{a}	4.50±1.38^{a}	4.53±1.04^{ab}	4.73±1.02^{a}
เพคติน 0.5	4.90±1.27^{a}	4.30±1.21^{ab}	4.33±1.77^{a}	4.43±1.30^{ab}	4.60±1.45^{a}

หมายเหตุ : * จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน

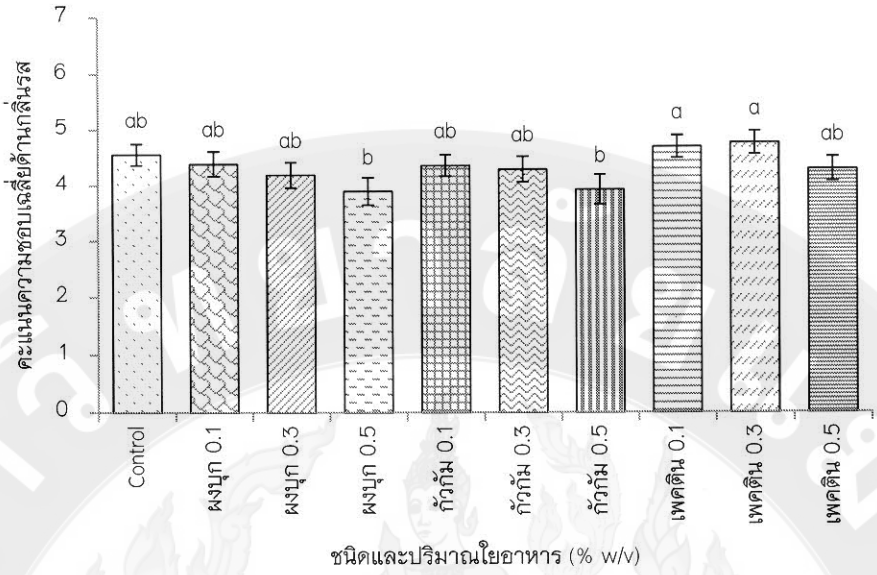
** ชนิดและปริมาณใยอาหาร (น้ำหนัก/ปริมาตร) ที่เติมลงในน้ำมะขามป้อม ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส พบว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1 และ 0.3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยมีความแตกต่างกับน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดผงบุกร้อยละ 0.5 และกัวกัมร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) ซึ่งหมายความว่าชนิดและปริมาณของใยอาหารที่เติมในน้ำมะขามป้อมมีผลต่อกลิ่นรส โดยเมื่อเติมใยอาหารชนิดผงบุกและกัวกัมในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ได้รับความชอบด้านกลิ่นรสของน้ำมะขามป้อมลดลง



ภาพที่ 9 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control

หมายเหตุ : ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)



ภาพที่ 10 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control

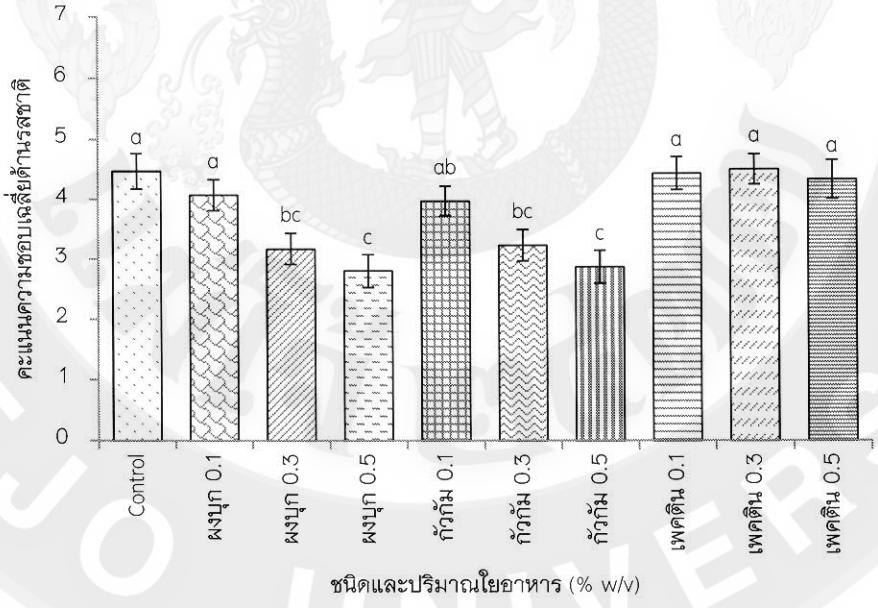
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากภาพที่ 10 พบว่าการเติมใยอาหารชนิดผงบุกและกัวกัมในปริมาณมากขึ้นทำให้คะแนนด้านกลิ่นลดลง เนื่องมาจากผงบุกและกัวกัมมีกลิ่นลักษณะเฉพาะตัว เมื่อเติมในระดับที่มากขึ้นจึงส่งผลให้ผู้ทดสอบนั้นให้คะแนนความชอบน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จุฑาภรณ์, (2548) พบว่าการใช้ปริมาณผงบุกเพิ่มขึ้นทำให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลงเนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำส้มพาสเจอร์ไรซ์มีลักษณะกลิ่นของผงบุกเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ วาสนา, (2548) พบว่าการใช้ปริมาณกัวกัมเพิ่มขึ้นส่งผลให้ขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าที่ได้มีกลิ่นแตกต่างไปจากขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้าเดิม อย่างไรก็ตาม ในการใช้ใยอาหารชนิดผงบุกและกัวกัมร้อยละ 0.1 และ 0.3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เติมลงในน้ำมะขามป้อมนั้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากตัวอย่าง Control และเพคติน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 5 และภาพที่ 10)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติและเนื้อสัมผัส พบว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคติน (ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) ผงบุก (ร้อยละ 0.1 น้ำหนัก/ปริมาตร) และ Control ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

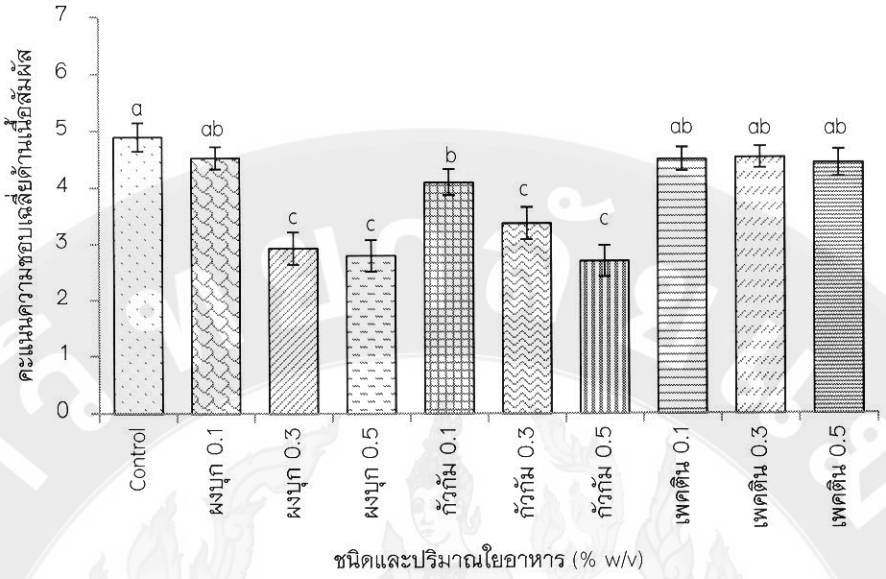
ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมที่เติมใยอาหารชนิดผงบุกและกัวกัมในระดับที่มากขึ้น จะได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน (ตารางที่ 5 ภาพที่ 11 และภาพที่ 12)

เนื่องจากผงบุก กัวกัม และเพคตินนั้นมีคุณสมบัติในการให้ความข้นหนืด โดยในการทดลองพบว่ากัวกัมและผงบุกให้ความข้นหนืดมากกว่าเพคติน ซึ่งอาจเป็นเหตุผลว่าผู้ทดสอบอาจไม่ชอบน้ำมะขามป้อมที่มีลักษณะความข้นหนืดสูง จึงให้คะแนนความชอบในตัวอย่างน้ำมะขามป้อมที่มีความหนืดต่ำมากกว่าน้ำมะขามป้อมที่มีความหนืดสูง Nussinovitch (1997) กล่าวว่าความเข้มข้นของเพคตินที่เจือจางนั้นจะทำให้การไหลเป็นแบบ Newtonian ถ้าสารละลายเพคตินมีความเข้มข้นมากกวาร้อยละ 1 สารละลายเพคตินจะมีคุณสมบัติเป็น Pseudoplastic solution คือเมื่อเพิ่มอัตราเฉือน (Shear rate) มีผลทำให้ความหนืดของของไหลลดลง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้ปริมาณเพคตินเพียงร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร เท่านั้น



ภาพที่ 11 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control

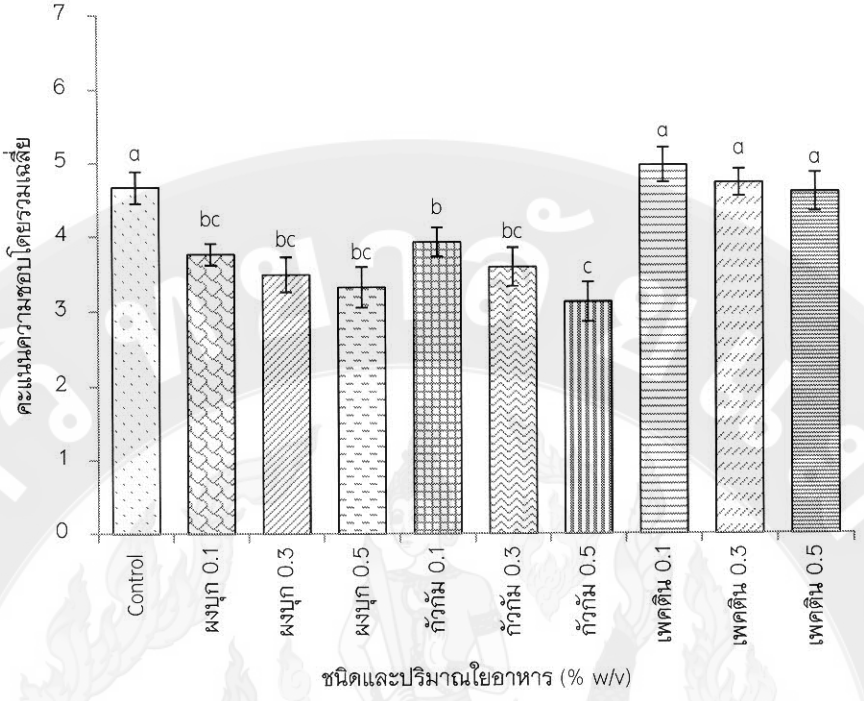
หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P≤0.05)



ภาพที่ 12 คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม แสดงผลดังภาพที่ 12 พบว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ เพคตินร้อยละ 0.1 เพคตินร้อยละ 0.3 เพคตินร้อยละ 0.5 กัวกัมร้อยละ 0.1 ผงบุกร้อยละ 0.1 กัวกัมร้อยละ 0.3 ผงบุกร้อยละ 0.3 ผงบุกร้อยละ 0.5 และกัวกัมร้อยละ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร ตามลำดับ โดยใยอาหารที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ เพคตินร้อยละ 0.1 เพคตินร้อยละ 0.3 และเพคตินร้อยละ 0.5 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$) และไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างที่ไม่เติมใยอาหาร (Control) เช่นกัน ฉะนั้นใยอาหารที่เหมาะสมที่ผ่านการคัดเลือก คือ เพคตินทั้ง 3 ระดับ จึงได้นำใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มาเติมลงในน้ำมะขามป้อมเพื่อทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 13 คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารและ Control

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

3. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

จากผลการศึกษาชนิดและปริมาณใยอาหารที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มชนิดผงบุก กัวกัม และเพคติน (ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) พบว่าใยอาหารที่ได้รับการคัดเลือกโดยได้รับคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุด 3 อันดับแรก เรียงอันดับคะแนนจากมากไปน้อย ได้แก่ น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ จึงได้นำน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินนี้มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มโดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพในด้านการต้านอนุมูลอิสระ เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ในทุก ๆ 7 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ หรือหยุดทำการวิเคราะห์เมื่อจุลินทรีย์เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน หรือพบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่พึงประสงค์

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อมะขามป้อมสดและ Puree

ผลมะขามป้อมที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นมะขามป้อมของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยเก็บเกี่ยวผลมะขามป้อมในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556 จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อมะขามป้อมสดและ Puree พบว่าเนื้อมะขามป้อมสดมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับร้อยละ 2.32 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.77 ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 199.33 มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก/100 กรัมน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 5.67 องศาบริกซ์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 979.67 มิลลิกรัมกรดแกลลิค/มิลลิลิตร สำหรับ Puree นั้นมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเท่ากับร้อยละ 1.05 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.77 ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 91.33 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิก/100 กรัมน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 5.01 องศาบริกซ์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลเท่ากับ 283.33 มิลลิกรัมกรดแกลลิค/มิลลิลิตร

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าเนื้อมะขามป้อมสดและ Puree มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณสารประกอบ ฟีนอล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) โดย Puree มีคุณภาพดังกล่าวต่ำกว่าเนื้อมะขามป้อมสด การเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิต Puree โดยอุณหภูมิถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกระบวนการแปรรูปอาหารเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี นอกจากนี้สภาวะที่มีออกซิเจนยังมีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซีและสารประกอบฟีนอล

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อมะขามป้อมสดและ Puree

คุณภาพ*	ค่าเฉลี่ย±S.D.	
	เนื้อมะขามป้อมสด	Puree
ปริมาณกรดทั้งหมด (% citric acid, w/v)	2.32±0.01[a]	1.05±0.01[b]
ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.77±0.01[a]	2.77±0.01[a]
ปริมาณวิตามินซี (mg ascorbic acid/100g fw)	199.33±3.21[a]	91.33±3.21[b]
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	5.67±0.12[a]	5.01±0.01[b]
ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg GAE/ml)	979.67±5.51[a]	283.33±25.42[b]

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย±S.D. (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคติน ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในระหว่างการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส แสดงผลดังภาพที่ 14 และตารางภาคผนวกที่ ช1 จากการทดลองพบว่าในระหว่างการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์นั้น น้ำมะขามป้อมที่เติมเพคตินร้อยละ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกมากกว่าน้ำมะขามป้อมที่เติมเพคตินร้อยละ 0.3 และ 0.1 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมใยอาหารชนิดเพคตินในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกในน้ำมะขามป้อม โดยปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเติมใยอาหารชนิด เพคตินในปริมาณมากขึ้นโดยสัปดาห์ที่ 0 น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.39, 0.44 และ 0.47 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) และคงที่จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเฉลี่ยเท่ากับ 0.41, 0.45 และ 0.47 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรนงค์ (2549) ได้ทำการศึกษาการผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจาก

ผลฝรั่ง โดยผลการทดลองพบว่า น้ำฝรั่งที่เติมเพคตินมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าน้ำฝรั่งที่ไม่เติมเพคตินและคงที่ตลอดการเก็บรักษา

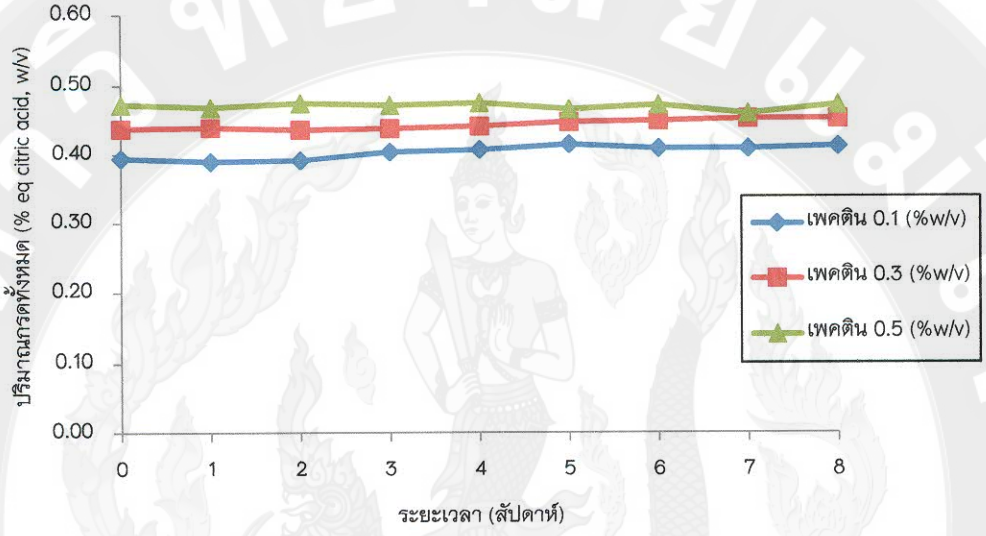
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในสัปดาห์ที่ 0 ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

คุณภาพ*	ปริมาณเพคตินที่เติมในน้ำมะขามป้อม (% w/v)		
	0.1	0.3	0.5
คุณภาพทางกายภาพ			
ค่าสี L*	58.73±0.06[a]	58.62±0.09[b]	57.76±0.10[c]
ค่าสี a*	-0.58±0.05[c]	-0.49±0.03[b]	-0.03±0.01[a]
ค่าสี b*	27.93±0.07[c]	28.29±0.47[b]	29.21±0.18[a]
ความขุ่น (%Transmittance)	0.006±0.000[a]	0.005±0.000[b]	0.004±0.000[c]
ความหนืด (cPs)	26.40±1.88[c]	32.93±1.83[b]	39.73±1.28[a]
คุณภาพทางเคมี			
ปริมาณกรดทั้งหมด (% citric acid, w/v)	0.39±0.03[c]	0.44±0.03[b]	0.47[a]±0.04[a]
ปริมาณความเป็นกรด-ด่าง (pH)	2.70±0.01[a]	2.69±0.00[b]	2.68±0.01[c]
ปริมาณวิตามินซี (mg ascorbic acid/100 g fw)	45.63±4.60[a]	46.60±7.67[a]	48.61±5.44[a]
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	15.00±0.00[a]	15.00±0.00[a]	15.00±0.00[a]
ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg GAE/ml)	79.45±12.14[a]	72.58±9.26[a]	71.84±5.66[a]
การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH° ของสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (% inhibition activit			
ความเข้มข้น 10 μg/ml	10.21±2.64[a]	10.16±1.22[a]	10.05±1.57[a]
ความเข้มข้น 100 μg/ml	32.71±4.47[a]	31.15±2.12[a]	31.04±2.36[a]
ความเข้มข้น 1000 μg/ml	84.82±1.32[a]	85.27±1.69[a]	85.49±2.48[a]

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย±S.D. (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ ยกเว้นความหนืดวิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารละลายเพคตินที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.20-3.60 (สารละลายความเข้มข้นร้อยละ 1) ฉะนั้นเมื่อทำการเติมเพคตินลงในน้ำมะขามป้อมปริมาณร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จึงส่งผลทำให้น้ำมะขามป้อมที่เติมใยอาหารชนิดเพคตินมีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกสูงขึ้นและปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกคงที่ตลอดการเก็บรักษา

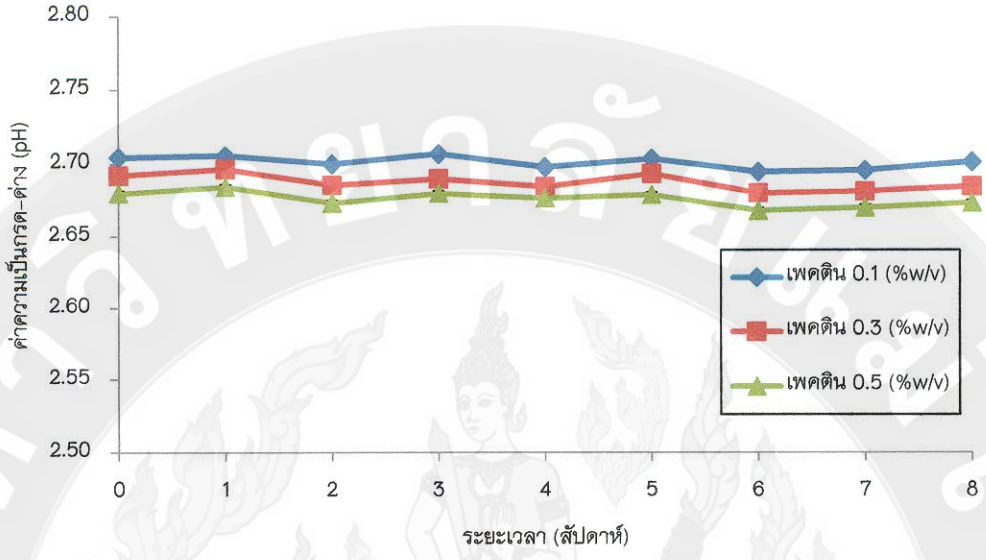


ภาพที่ 14 ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละเทียบเท่ากับกรดซิตริก) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

เช่นเดียวกันกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงผลดังภาพที่ 15 และตารางภาคผนวกที่ ช2 จากการทดลองพบว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 2.70, 2.69 และ 2.68 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$) และคงที่ตลอดการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณเพคตินที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมะขามป้อม โดยการเติมเพคตินในระดับที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความ

เป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้นด้วย

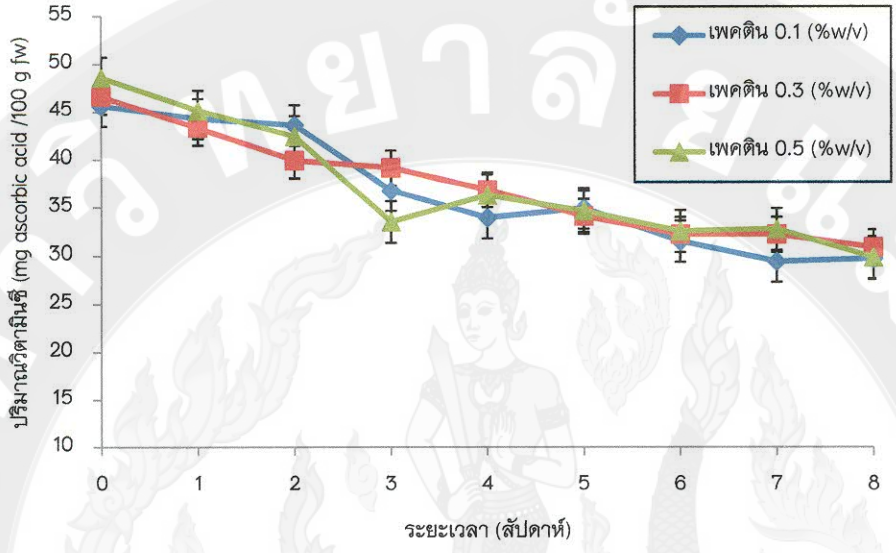


ภาพที่ 15 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

การวิเคราะห์หาวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในระหว่างการเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 16 และตารางภาคผนวกที่ ช3 พบว่า ปริมาณวิตามินซีในน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Umnat (2010) ได้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มโดยไม่ได้เติมใยอาหารที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วรนงค์ (2549) ซึ่งได้ทำการศึกษาการผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจากผลฝรั่ง พบว่าปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเช่นกัน โดยปริมาณวิตามินซีของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารทั้ง 3 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

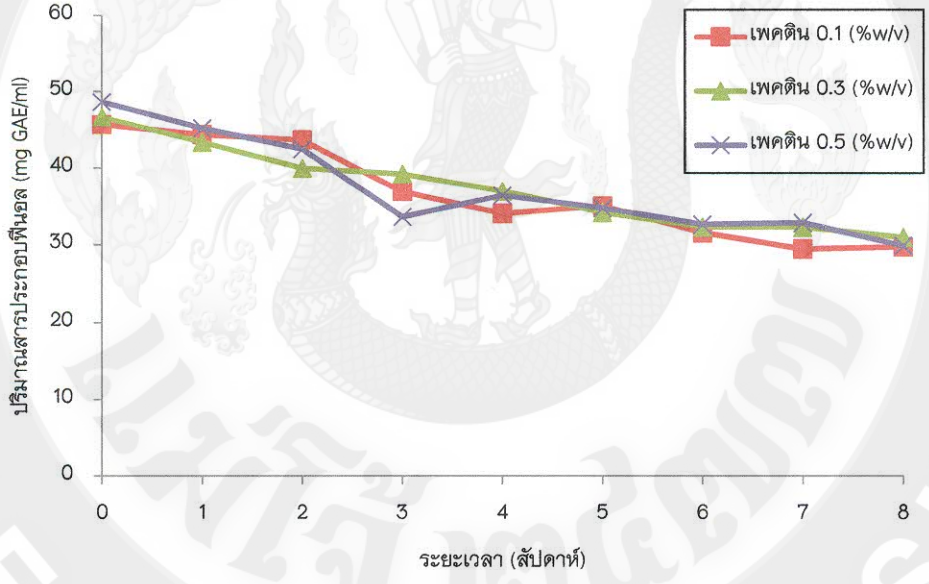


ภาพที่ 16 ปริมาณวิตามินซีของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

การสูญเสียวิตามินซีเริ่มต้นทันทีตั้งแต่วิตามินซีทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ (Gregory, 1996 cited by Polydera, Stoforos and Taoukis, 2003) สภาวะบรรยากาศที่มีออกซิเจนในภาชนะบรรจุมีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีในน้ำผลไม้ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ ระยะเวลา อุณหภูมิในการเก็บรักษา และคุณสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนของภาชนะบรรจุ (Kanner *et al*, 1992; Marcy *et al*, 1984; Nagy. 1980 cited by Franworth *et al*, 2001) วิตามินซีเป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์อย่างแรง (Strong reducing agent) ที่มีความคงตัวต่ำ สลายตัวง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน (นิธิยา, 2545) นอกจากนี้ จินตนา (2543) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้สำเร็จรูป รายงานว่าสภาพการเก็บรักษาน้ำ

ผลไม้มีอิทธิพลต่อการสูญเสียของวิตามินซีเป็นอย่างมาก ทั้งแสงสว่างและความร้อนเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้วิตามินซีถูกทำลาย ฉะนั้นจึงควรเก็บรักษาน้ำผลไม้ในสภาพที่เหมาะสมเพื่อให้วิตามินซีถูกทำลายน้อยที่สุด สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลนั้นพบว่ากลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 16 และตารางภาคผนวกที่ ช7) ซึ่งไม่สอดคล้องกับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ลดต่ำลง แต่ทั้งนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเป็นไปได้ว่าในระหว่างการเก็บรักษาน้ำผลไม้อาจมีสารบางอย่างเกิดขึ้นซึ่งทำปฏิกิริยากับสาร Folin-Ciocalteu ที่ใช้ในการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลจึงส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น (Vinson *et al*, 2001 cited by Umnat, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอุมา (2547) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในน้ำมะเกี๋ยงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษายาวนานขึ้น



ภาพที่ 17 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

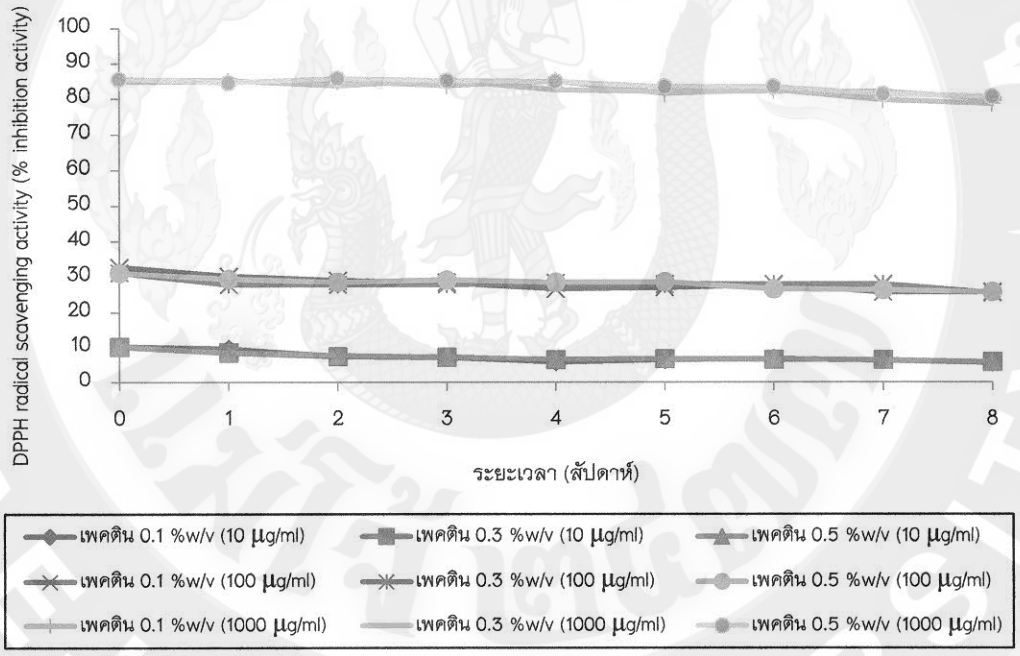
หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 องศาบริกซ์ และคงที่ตลอดการเก็บรักษา จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินนั้นมีผลต่อปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เนื่องด้วยคุณสมบัติของเพคตินซึ่งเป็นสารสกัดที่ได้จากพืชและเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) โดยเป็นสารที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับโมเลกุลของน้ำ สารกลุ่มนี้ไม่ละลายในน้ำแต่จะแขวนลอย (Disperse) อยู่ในน้ำ โดยจับกับโมเลกุลของน้ำ (Hydrate) ได้ดี เพคตินเป็นสารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมเลกุลเดี่ยวมาต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่เพคตินมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (Thickening agent) และเพิ่มความคงตัว (Stabilizing agent) ดังนั้นเพคตินจึงช่วยจับกับโมเลกุลของน้ำมะขามป้อมและแขวนลอยกระจายอยู่ในภาชนะบรรจุน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่มที่ปิดสนิท ทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษาในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ซึ่งในงานวิจัยของ Umnat (2010) ได้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะขามป้อมพร้อมดื่ม โดยไม่ได้เติมใยอาหาร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำมะขามป้อมมีค่าลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา เนื่องจากจุลินทรีย์

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) โดยวิธี DPPH° Scavenging assay ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส แสดงผลดังภาพที่ 18 และตารางภาคผนวกที่ ช4, ช5, ช6 ซึ่งเป็นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ โดยผลที่ได้แสดงเป็นค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูล DPPH จากผลการทดลองพบว่าค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูล DPPH ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น โดยปริมาณเพคตินที่เติมลงไปในน้ำมะขามป้อมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในน้ำมะขามป้อม เช่น วิตามินซี เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอล โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (Polyphenols) โดยสารประกอบเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ (เจนจิรา และ ประสงค์, 2544; Liu *et al*, 2008) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงนั้นมีผลมาจากสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้เกิดการสลายตัว เช่น การสลายตัวของวิตามินซี จากผลการศึกษาปริมาณวิตามินซีในข้างต้น พบว่า ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงจนถึงสัปดาห์สุดท้าย (สัปดาห์ที่ 8) ของการเก็บรักษา ซึ่งวิตามินซีมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี ฉะนั้นจึงทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย



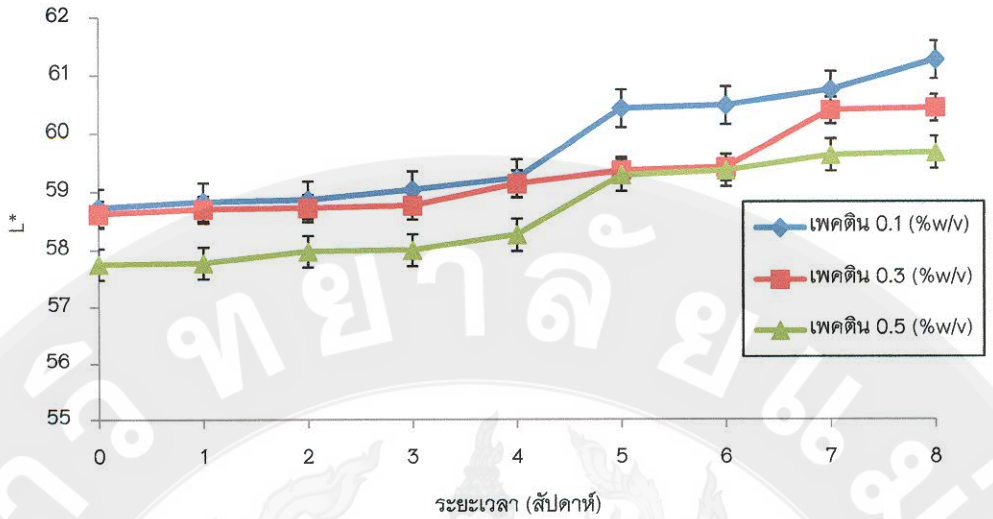
ภาพที่ 18 ผลของความเข้มข้นสารสกัดจากน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร (Extract) ที่มีต่อการยับยั้งอนุมูล DPPH (ร้อยละ) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของ Extract 10, 100 และ 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

3.4 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

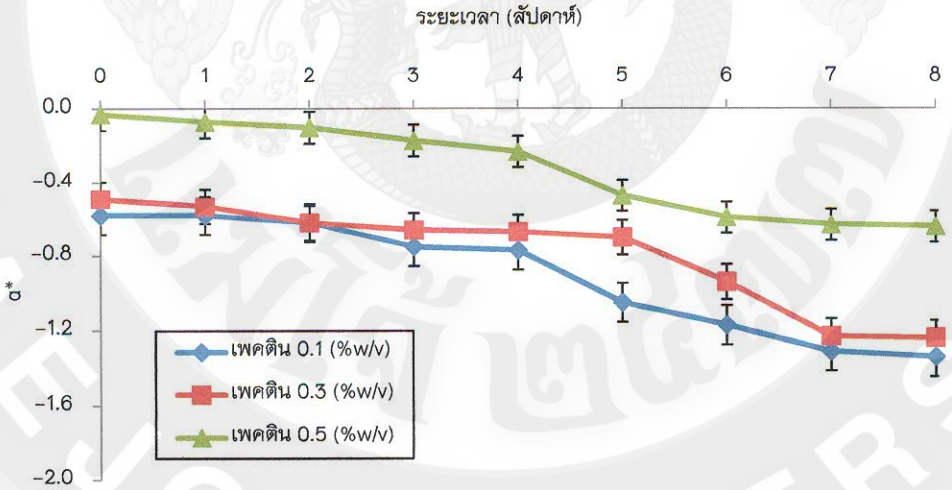
การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์ พบว่าในสัปดาห์เดียวกันของการเก็บรักษานั้นการเติมใยอาหารชนิดเพคตินลงในน้ำมะขามป้อมในระดับที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่า L* (ความสว่าง) ลดลง ในขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) และ ค่า a* (สีแดง) เพิ่มขึ้น แสดงผลดังภาพที่ 19, 20 และ 21 (ตารางภาคผนวกที่ ช8, ช9, ช10) ค่า L* ที่ลดลงนั้นอาจเนื่องมาจากเพคตินที่ผสมลงในน้ำมะขามป้อม โดยเพคตินจัดเป็นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (Soluble fiber) ซึ่งหมายถึงใยอาหารที่ละลายน้ำแล้วดูดซับน้ำไว้กับตัวโดยให้ความหนืด และเพคตินยังเป็นสารเพิ่มความคงตัวให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้เพคตินลอยกระจายตัวอยู่ในน้ำมะขามป้อมแม้ในการวิเคราะห์ค่าสีนั้นจะทำการเขย่าตัวอย่างและทำให้ตกตะกอนแล้วก็ตาม และสีขาวขุ่นของเพคตินอาจมีผลต่อค่าสี ปริมาณเพคตินที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่า L* ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความขุ่น (% Transmittance) ที่ลดลงด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรนงค์ (2549) พบว่าค่า L* จะลดลงเมื่อเติมปริมาณเพคตินเพิ่มขึ้น Yen and Lin (1996) อ้างอิงจาก วรนงค์ (2549) กล่าวไว้ว่า ความร้อนจากการพาสเจอร์ไรซ์จะไปทำลายสารประกอบเพคติน ทำให้สารประกอบเพคตินสามารถจับกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในน้ำผลไม้ เช่น โปรตีน แล้วเกิดการตกตะกอนเป็นผลทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าถ้าเติมเพคตินในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ความขุ่นเพิ่มมากขึ้นด้วย (% Transmittance ลดลง) แสดงว่าค่า L* ก็ลดลงด้วยเช่นกัน

เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น จะเห็นว่าทั้ง 3 ทรีตเมนต์ มีค่า L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) และค่า a* (สีแดง) ลดลง โดยในสัปดาห์แรกน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) มีค่า L* เท่ากับ 61.25, 60.42 และ 59.66 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับสัปดาห์สุดท้าย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 58.73, 58.62 และ 57.76 ตามลำดับ โดยนิธิยา (2545) กล่าวไว้ว่าผักและผลไม้ที่มีสีเขียวเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนสีจะเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษายาวนานขึ้น



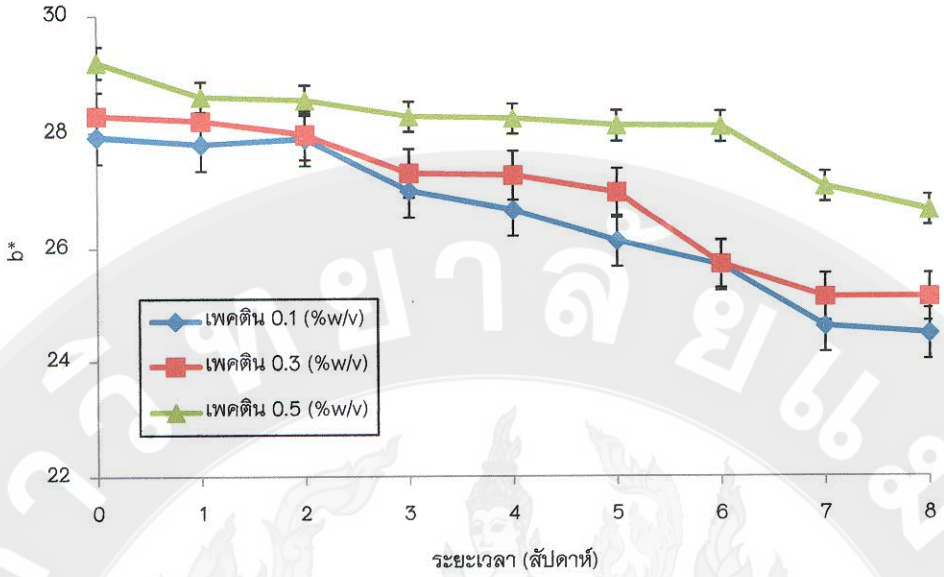
ภาพที่ 19 ค่า L* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5



ภาพที่ 20 ค่า a* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

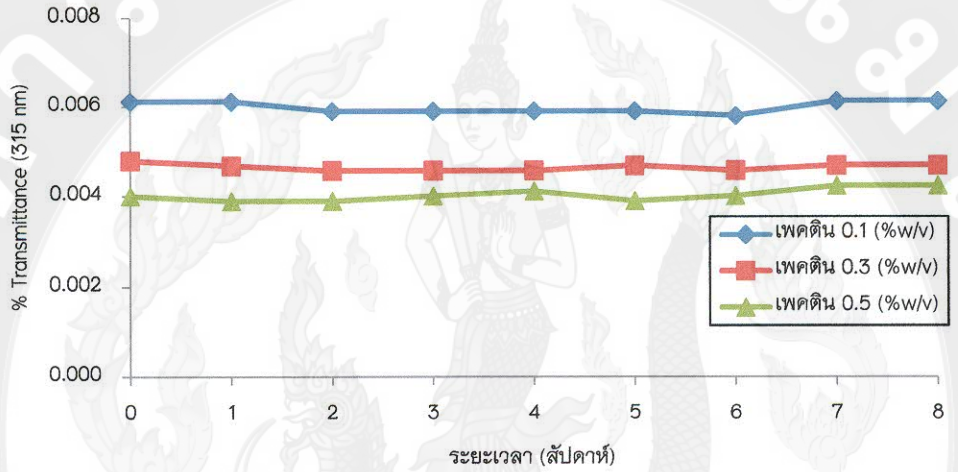


ภาพที่ 21 ค่า b* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

ความขุ่นของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงผลดังภาพที่ 22 และตารางภาคผนวกที่ ช11 ซึ่งค่าที่ได้แสดงเป็นค่าร้อยละของการส่องผ่าน (% Transmittance) แสดงถึงการมีสารแขวนลอยที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำมะขามป้อมซึ่งทำให้เกิดความขุ่นขึ้น โดยค่าการส่องผ่านมากหมายถึงตัวอย่างมีความขุ่นน้อย และถ้าค่าการส่องผ่านน้อยหมายถึงตัวอย่างมีความขุ่นมาก จากการทดลองเมื่อเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเพคตินที่เติมในน้ำมะขามป้อมที่เพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละของความขุ่นลดลง ในขณะที่ความหนืดกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และยังสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ลดลง จึงส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้นด้วย ร้อยละของค่าความขุ่นที่ลดลงเนื่องจากเพคตินจัดเป็นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และยังเป็นสารให้ความคงตัวดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น อนุภาคของเพคตินจะพองตัวและกระจายตัวอยู่ในน้ำมะขามป้อม เมื่อเติมเพคตินในน้ำมะขามป้อมเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า

การส่องผ่านน้อยลง และค่าความขุ่นคงที่ตลอดการเก็บรักษา โดย Umme *et al* (1999) รายงานว่าเพียวเร่ (Puree) ทุเรียนเทศที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์จะมีความขุ่นคงที่เมื่อทำการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาวะการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความขุ่น

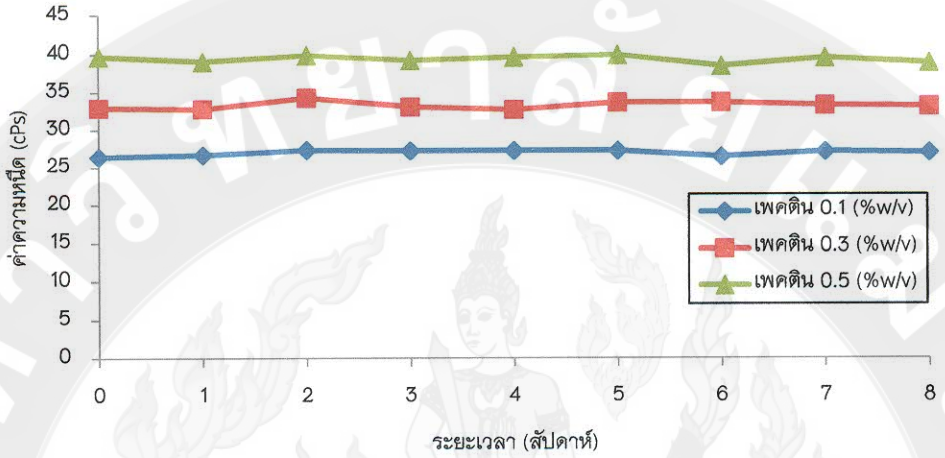


ภาพที่ 22 ค่าร้อยละการส่องผ่าน (% Transmittance) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

ความหนืดของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงผลดังภาพที่ 23 จากการทดลองพบว่าค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเพคตินที่เติมในน้ำมะขามป้อมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเพคตินมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดความหนืดไดเชนเดียวกับกัวกัมและผงบุก นอกจากนี้ Wang, Pagan and Shi (2002) อ้างอิงจาก วรนงค์ (2549) ยังกล่าวอีกว่าเพคตินประกอบด้วยกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งมีค่า pK_a ประมาณ 3.5 โดยอัตราส่วนของกรดที่สลายตัว (Dissociated acid) ต่อกรดที่ไม่สลายตัว (Non- dissociated acid) จะลดลงจากค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ต่ำลง ส่งผลทำให้ส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) ในโมเลกุล

เพคตินมีจำนวนน้อยลง แนวโน้มในการเกิดเจลจึงเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำมะขามป้อมมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเติมปริมาณเพคตินลงในน้ำมะขามป้อมเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 23 ค่าความหนืด (cPs) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

หมายเหตุ : น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

4.3.5 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์ แสดงผลดังตารางที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 พบว่าตลอดการเก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จนถึงสัปดาห์ที่ 8 ไม่พบเชื้อสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) โคลิฟอร์ม (Coliform) และเอสเชอริเชีย โคไล (*E. coli*) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 cfu/ml ยีสต์และราน้อยกว่า 5 cfu/ml ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนด โดยกำหนดให้เครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 500 cfu/ml ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 cfu/ml

ผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม (ปริมาณเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 2.68-2.70 จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกรด

สูง (High acid food) ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกวา 3.7 จึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ Umme *et al* (1999) รายงานว่าน้ำทุเรียนเทศมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 3.7 จะประกอบด้วยกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ กรดมาลิก กรดออกซาลิก กรดซิตริก เป็นต้น ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ ยกเว้นจุลินทรีย์ประเภทที่ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูงจึงจะสามารถเจริญได้ ฉะนั้นผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) จึงมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 8 สัปดาห์ เนื่องด้วยปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	ยีตส์และรา (cfu/ml)	สตาฟิโลค็อกคัสออเรียส (cfu/ml)	โคลิฟอร์ม (MPN/ml)	เอสเชอริเชียโคไล (MPN/ml)
0	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	ND
7	9	3	ND	ND	ND
8	10	4	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	ยีตส์และรา (cfu/ml)	สตาฟิโลค็อกคัสออเรียส (cfu/ml)	โคลิฟอร์ม (MPN/ml)	เอสเชอริเชียโคไล(MPN/ml)
0	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	ND
7	5	1	ND	ND	ND
8	6	5	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/ml)	ยีตส์และรา (cfu/ml)	สตาฟิโลค็อกคัสออเรียส (cfu/ml)	โคลิฟอร์ม (MPN/ml)	เอสเชอริเชียโคไล(MPN/ml)
0	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	ND
7	5	3	ND	ND	ND
8	7	4	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์

4. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม (ปริมาณเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) กลุ่มเป้าหมายตั้งแต่อายุต่ำกว่า 25 ปี ถึงอายุสูงกว่า 40 ปี จำนวน 50 คน และตอบแบบสอบถาม โดยในแบบสอบถามประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ทดสอบหรือผู้บริโภค พฤติกรรมการบริโภค และข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม สถานที่ทำการทดสอบคือบริเวณภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจะต้องมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 6-15 องศาเซลเซียส และต้องเขย่าให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการเสิร์ฟ แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ฉ2

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามหรือประชากรศาสตร์

ผู้บริโภคมีจำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 21 คน เพศหญิง 29 คน คิดเป็นร้อยละ 42 และ 58 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 36-40 ปี รองลงมาคือ 31-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 และ 20 ตามลำดับ ระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีและระดับปริญญาตรีร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ ผู้บริโภคมีอาชีพเป็นพนักงานและข้าราชการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ มีรายได้มากกว่า 15,000 บาท/เดือน (ตารางที่ 11)

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่าผู้บริโภคชอบบริโภคมะขามป้อม จำนวน 35 คน รู้สึกเฉย ๆ กับการบริโภคมะขามป้อม จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และ 30 ตามลำดับ โดยนิยมบริโภคในรูปแบบของผลมะขามป้อม (ร้อยละ 50) มากกว่ารูปแบบของเครื่องดื่ม (ร้อยละ 25) และยังมีผู้บริโภคบางคนนิยมบริโภคในรูปแบบของการดอง แช่อิ่ม และเชื่อม (ร้อยละ 25) ผู้บริโภคชอบบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้ถึงร้อยละ 96 และรู้สึกเฉย ๆ ร้อยละ 4 ซึ่งความถี่ในการบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้อยู่ที่ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ (ร้อยละ 60) เหตุผลในการเลือกซื้อน้ำผลไม้ คือ ต้องการคุณค่าทางอาหาร (ร้อยละ 37) และดื่มเพื่อดับกระหาย (ร้อยละ 30) สำหรับสถานที่ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้คือ ร้านสะดวกซื้อ และซุปเปอร์สโตร์ คิดเป็นร้อยละ 39 (ตารางที่ 12)

4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม (ปริมาณเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร) แสดงดังตารางที่ 13 จากการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 7-point hedonic scale โดยผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของทั้ง 3 ทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยคุณลักษณะด้านสีอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก สำหรับคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ทั้งนี้ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร

พร้อมดื่มร้อยละ 100 ซึ่งได้ให้ราคาของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มที่มีปริมาณ 250 มิลลิลิตร/ขวด ในราคาที่มากกว่า 15 บาท (ร้อยละ 56) และหากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายผู้บริโภคร้อยละ 76 บอกว่าจะซื้อแน่นอน เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีความแปลกใหม่ สะดวกต่อการบริโภค และมีรสชาติที่ดี สำหรับผู้บริโภคร้อยละ 24 บอกว่าจะซื้อบางโอกาส เนื่องจากยังไม่คุ้นเคยในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 11 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ลักษณะทางประชากรศาสตร์		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	21	42
	หญิง	29	58
อายุ	ต่ำกว่า 25 ปี	5	10
	26-30 ปี	11	22
	31-35 ปี	10	20
	36-40 ปี	20	40
	มากกว่า 40 ปี	4	8
การศึกษา	ปริญญาตรี	15	30
	สูงกว่าปริญญาตรี	35	70
อาชีพ	นักศึกษา	5	10
	ข้าราชการ	12	24
	อื่น ๆ	33	66
รายได้/เดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	5	10
	5,001-10,000 บาท	0	0
	10,001-15,000 บาท	2	4
	มากกว่า 15,000 บาท	43	86

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการบริโภคของผู้ตอบแบบสอบถามในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

พฤติกรรมการบริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านชอบบริโภคมะขามป้อมหรือไม่		
ชอบ	35	70
ไม่ชอบ	0	0
เฉย ๆ	15	30
ท่านนิยมบริโภคมะขามป้อมในรูปแบบใด		
รับประทานสด	25	50
เครื่องดื่ม	15	30
อื่น ๆ	10	20
ท่านชอบบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้หรือไม่		
ชอบ	48	96
ไม่ชอบ	0	0
เฉย ๆ	2	4
ความถี่ในการบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้ของท่านต่อสัปดาห์		
น้อยกว่า 1 ครั้ง	5	10
1-2 ครั้ง	30	60
3-4 ครั้ง	8	16
มากกว่า 4 ครั้ง	7	14
ท่านซื้อ และ/หรือ เลือกบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้ด้วยเหตุผลใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ราคาไม่แพง	10	7
ต้องการคุณค่าทางอาหาร	50	37
อยากลองรสชาติใหม่	30	22
ภาชนะบรรจุ	5	4
ดื่มเพื่อดับกระหาย	40	30
ส่วนใหญ่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้จากที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven	50	39
ร้านค้าทั่วไป เช่น ร้านขายของชำ สหกรณ์ร้านค้า	13	10
ซุปเปอร์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี แมคโคร	50	39
ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ทอปส์	15	12

ตารางที่ 13 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ระดับเพคติน (w/v)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ย±S.D.)*				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบ^{ns} โดยรวม
0.1	6.24±0.92	5.98±0.71	5.90±0.99	5.94±1.02	5.98±0.82
0.3	6.10±0.95	5.80±0.81	6.04±0.78	6.12±0.87	5.98±0.68
0.5	6.18±0.77	5.92±0.66	5.80±0.83	5.84±0.96	5.92±0.72

หมายเหตุ : * จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P>0.05)

ตารางที่ 14 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ข้อมูลการยอมรับ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ท่านชิมหรือไม่		
ยอมรับ	50	100
ไม่ยอมรับ	0	0
ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม ที่มีปริมาณ 250 มิลลิลิตรต่อขวด ควรมีราคาเป็นเท่าใด		
10 บาท	0	0
12 บาท	10	20
15 บาท	12	24
มากกว่า 15 บาท	28	56
หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่		
ซื้อแน่นอน	38	76
ซื้อบางโอกาส	12	24
ไม่ซื้อทันทีอาจซื้อโอกาสต่อไป	0	0
ไม่ซื้อแน่ ๆ	0	0

สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะขามป้อม คืออัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม (Puree) ต่อน้ำ 1:2 ระดับน้ำตาล 15 องศาบริกซ์ ใช้ปริมาณกรดตามธรรมชาติ และเติมใยอาหารชนิดเพคติน (ปริมาณร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 น้ำหนัก/ปริมาตร)

เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินในระดับเพคตินสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกเพิ่มขึ้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินยาวนานขึ้น พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณเพคตินที่เติมลงใน น้ำมะขามป้อมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยร้อยละของการยับยั้งอนุมูล DPPH มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินยาวนานขึ้น สำหรับสารประกอบฟีนอลค่อนข้างคงที่และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 5

การเติมใยอาหารชนิดเพคตินลงในน้ำมะขามป้อมในระดับที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่า L* (ความสว่าง) ลดลง ในขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) และ ค่า a* (สีแดง) เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาในระยะ เวลาที่ยาวนานขึ้น ส่งผลให้ค่า L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) และค่า a* (สีแดง) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าความขุ่น (% Transmittance) พบว่าเมื่อเติมใยอาหารชนิดเพคตินลงในน้ำมะขามป้อมในระดับที่มากขึ้น ค่าความขุ่นจะลดลง ในขณะที่ความหนืดกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และคงที่ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ลดลง จึงส่งผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้นด้วย

คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ไม่พบเชื้อสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) โคลิฟอร์ม (Coliform) และเอสเชอริเชีย โคไล (*E. coli*) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 cfu/ml ยีสต์และราน้อยกว่า 5 cfu/ml ตลอดการเก็บรักษา ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดประกาศกระทรวงสาธารณสุข

การยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่าผู้บริโภคทุกคนให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ โดยคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารชนิดเพคตินร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 เท่ากับ 5.98, 5.98 และ 5.92 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จินตนา ดำรงนุกูล. (2543). การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้สำเร็จรูป. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

จุฑาภรณ์ นวลตาล. (2548). การศึกษาปริมาณผงบุกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการตกตะกอนในน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. (2554, พฤษภาคม). "อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ : แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา" วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์. 1(1) : หน้า 59-70.

ธีรนันท์ ประคองพันธ์. (2541). การสกัดและใช้ประโยชน์เส้นใยอาหารและเซลลูโลสจากแกนสับปะรด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (อาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

นคร เหลืองประเสริฐ, นวลปรางค์ ไชยตะขบ, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ และ นิภา เขื่อนควบ. (2553). การวิจัยเพื่อคัดเลือกพันธุ์มะขามป้อม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://rdi.ku.ac.th/ kasetresearch52 /04-plant/nakorn/plant_00.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ประสงค์ เทียนบุญ. (2556). ใยอาหาร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/ wiki/word/ 1102/ dietary-fiber. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

ประสงค์ เทียนบุญ. (ม.ป.ป). ใยอาหาร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : www.med.cmu.ac.th/ped601-fiber % 20PNST%2025. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

พัชราภรณ์ วชิรศิริ. (2550). การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้า. การเรียนรู้อิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(คหกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). Dietary fiber/เส้นใยอาหาร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1102/ dietary-fiber. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มีนาคม 2557).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). Oligosaccharide/โอลิโกแซ็กคาไรด์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki /word/1100/ oligosaccharide. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มีนาคม 2557).

มะขามป้อม. (2556). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://pineappleeyes.snru.ac.th/animal/pupan / index. php?q =node/83. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

มะขามป้อม. (2556). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.sites.google.com/site/kanlayaneek otakoon/ k14. (วันที่ค้นข้อมูล : 8 มกราคม 2557).

ใยอาหารกับสุขภาพทางเดินอาหาร. (2557). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.nutrilite.co.th/ nutrilite/healthinfo/food01.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

รมณย์ ฉัตรวิรุฬห์, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. (2555). "การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะขามผสมใยอาหาร" เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. กรุงเทพฯ : หน้า 308-317. [รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์].

รุ่งนภา ประกอบกิจ. (2538). การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุ้กกี้. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรนงค์ ทองสมบัติ. (2549). การผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจากผลฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วันดี ญาณไพศาล. (2543). "มะขามป้อม : ตัวแทนผลิตภัณฑ์สมุนไพร" วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร. 19-20 (2) : หน้า 41-56.

วาสนา นาราศรี. (2548). การศึกษาหาปริมาณกัวกัมที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมจีนจากแป้งข้าวเจ้า. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

สวามินี นวลแขกุล. (2547). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยอาหารจากกากที่เหลือจากการผลิตน้ำนมข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา โกมล. (2542). การผลิตน้ำส้มเขียวหวานเติมใยอาหาร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุนทร ตรีนันทวัน. (2556). มะขามป้อม สมุนไพรที่ไม่ควรมองข้าม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://edte ch.ipst.ac.th/index.php.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 19 ตุลาคม 2556).

สุภารัตน์ อำนาจ. (2556). เคมีอาหาร. แพร่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ. (เอกสารประกอบการสอน).

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2555). การพัฒนากระบวนการผลิตแป้งข้าวที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Resistant Starch). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.nstda.or.th/pub/2012/20121203-45-production-rice-resistant-digestion-enzymes-resistant-starch-v2.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มีนาคม 2557).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). "น้ำมะขามป้อม" มผช. 487/2547.

แหล่งพืช ผัก ผลไม้ที่ให้ใยอาหาร. (2557). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.nutrilite.co.th/nutrilite/healthinfo/food01.html. (วันที่ค้นข้อมูล : 22 มีนาคม 2557).

อรอุมา ปัทมกนกพร. (2547). การเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีโนลิคระหว่างการเก็บผลไม้และน้ำผลไม้. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

Antonio Zamora. (2005). Guar gumstructure. [Online]. Available : http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html. (Access date : 23 March 2014).

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. AOAC International. Gaithersburg. Maryland.

BAM. (2002). Bacteriological Analytical Manual. 8th ed. In FDA Bacteriological Analytical Manual online. Verginia Arlington, USA : the Association of official Analytical Chemists, Inc.

Christensen, S.H. (1986). Pectin, in Food Hydrocolloids. Cited by Nussinovitch, A. (1997). Hydrocolloid Applications : Gum Technology in the Food and Other Industries. Chapman &Hall. New York. p.83-104.

Farnworth, E.R., LagaceÂ, M., Couture, R., Yaylayanc, V. and Stewart, B. (2001). "Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice" Food Research International. 34 : p.25-30.

Ghosal, S., V.K. Tripathi and S, Chauhan. (1996). Active constituents of *Emblica officinalis* : part 1-The chemistry and antioxidative effects of two new hydrolysable tannin, Emblicanin A and B. อ้างอิงจาก วันดี ญาณไพศาล. (2543). "มะขามป้อม : ตัวแทนผลิตภัณฑ์สมุนไพร" วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร. 19-20 (2) : หน้า 41-56.

Gregory, T.F. (1996). Vitamins. New York. Marcel Dekker, Inc. Cited by Polydera, A.C., Stoforos, N.G., Taoukis, P.S. (2003). "Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice" Food Chemistry. 60 : p.21–29.

Jose, J. K., Kuttan, G. and Kuttan, R. (2001). "Antitumour activity of Emblicaofficinalis" Journal of Ethnopharmacology. 75 : p.65–69.

Kanner S. B., Kavanagh T. J., Grossmann A., Hu S.-L., Bolen J. B., Rabinovitch P. S. and Ledbetter J. A. (1992). Sulfhydryl oxidation down-regulates T-cell signaling and inhibits tyrosine phosphorylation of phospholipase Cy I. Cited by Farnworth, E.R., LagaceÂ, M., Couture, R., Yaylayanc, V. and Stewart, B. (2001). "Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice" Food Research International. 34 : p.25–30.

Liu, X., M, Zhao, J. Wang, B. Yang, and Y. Jiang. (2008). "Antioxidant activity of methanolic extract of emblica fruit (*Phyllanthus emblica* L.) from six regions in China" Food Composition and Analysis. 21 : p.219–228.

Liu, X.L., Zhao, M.M., Wua, K.G., Chai, X.H., Yu, H.P ., Tao, Z.H. and Wang, J.S. (2012). "Immunomodulatory and anticancer activities of phenolics from emblica fruit (*Phyllanthus emblica* L.)" Food Chemistry. 131 : p.685–690.

Luo, W., Zhao, M. M., Yang, B., Ren, J., Shen, G. L. and Rao, G. H. (2011). "Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from *Phyllanthus emblica* L" Food Chemistry. 126 : p.277–282.

Marcy, J.E., T.R. Graumlich., P.G. Grandall and M.R. Marshall. (1984). Factors affecting storage of orange concentrate. Cited by Farnworth, E.R., LagaceÂ, M., Couture, R., Yaylayanc, V. and Stewart, B. (2001). "Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice" Food Research International. 34 : p.25–30.

May, C.D. (1992). Pectin, in Thickening and gelling Agents for Food. Cited by Nussinovitch, A. (1997). Hydrocolloid Applications : Gum Technology in the Food and Other Industries. Chapman&Hall. New York. p.83-104.

Michel, F., Doublier, J.L. and Thibault, J.F. (1982). Investigation on high methoxyl pectins by potentiometry and viscometry. Cited by Nussinovitch, A. (1997). Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries. Chapman& Hall. New York. p.83-104.

Nagy, S. (1980). Vitamin C contents of citrus fruit and their product : A review. Cited by Farnworth, E.R., LagaceÂ, M., Couture, R., Yaylayanc, V. and Stewart, B. (2001). "Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice" Food Research International. 34 : p.25–30.

Nussinovitch, A. (1997). Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries. Chapman& Hall. New York. p.83-104.

Plant Cell Wall. (2014). [Online]. Available : http://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/cell wall.html. (Access date : 22 March 2014).

Polydera, A.C. , Stoforos, N.G. and Taoukis, P.S. (2003). "Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice" Food Chemistry. 60 : p.21–29.

Singleton, V. L., R. Orthofer, and R.M. Lamuela-Raventos. (1999). "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent" Oxidants and Antioxidants. Part A. 299 : p.152-178.

Umme, A., Salmah, Y., Jamilah, B. and Asbi, B.A. (1999). Microbial and enzymatic changes in natural soursoup puree during storage. Food Chem. 65 : p.315-322

Umnat, S. (2010). Optimization of emblic fruit (*Phyllanthusemblica L.*) processing methods for maximum retention of functional properties. Doctor of philosophy thesis (food science).Philippines : Graduate school university of the philippines los baños.

Vinson, J.A., X. Su, L. Zubik, and P. Bose. (2001). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. Cited by Umnat, S. (2010). Optimization of emblic fruit (*Phyllanthus emblica L.*) processing methods for maximum retention of functional properties. Doctor of philosophy thesis (food science).Philippines : Graduate school university of the philippines los baños.

Wang, Q., Pagan, J. and Shi, J. (2002). Pectin from fruits. อ้างอิงจาก วรนงค์ ทองสมบัติ. (2549). การผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจากผลฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร). ม.ป.ท. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

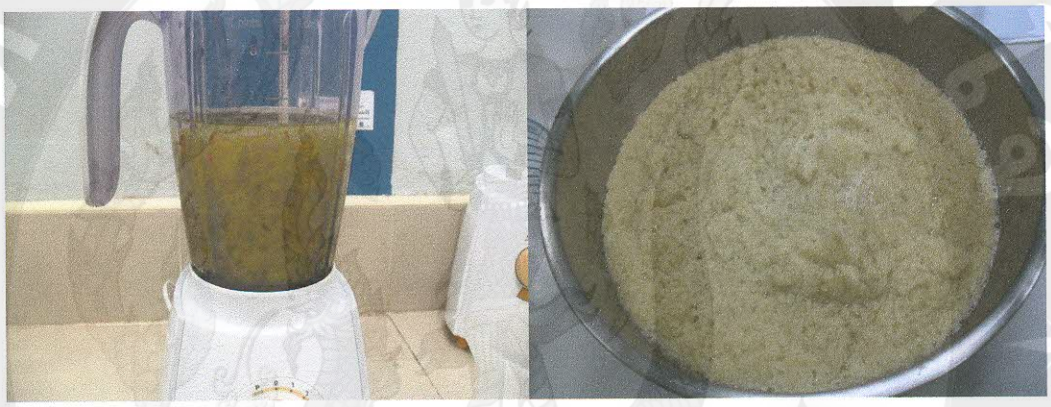
Yen, G.C. and Lin, H.T. (1996). Comparison of high pressure treatment and thermal pasteurization effects on the quality and shelf of guava puree. อ้างอิงจาก วรนงค์ ทองสมบัติ. (2549). การผลิตใยอาหารและน้ำฝรั่งพร้อมดื่มเติมใยอาหารจากผลฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร). ม.ป.ท. : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการดำเนินการวิจัย

ภาพภาคผนวก ก1 แยกเมล็ดและเนื้อมะขามป้อม



ภาพภาคผนวก ก2 ปั่นเนื้อมะขามป้อม 1 ส่วน : น้ำบริโภค 1 ส่วน

ภาพภาคผนวก ก3 เนื้อมะขามป้อม (Puree)

ภาพภาคผนวก ก4 น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ภาพภาคผนวก ก5 การประเมินทางประสาทสัมผัส

ภาพภาคผนวก ก6 การระเหยเมทานอลออกโดยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator)

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ข1 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (AOAC. 2000)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ปิเปต
2. ขวดรูปชมพู่
3. บิวเรต
4. โถดูดความชื้น
5. กระดาษกรอง เบอร์ 4

<u>สารเคมี</u>

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)
3. โพแทสเซียมไบพธาเลต หรือ KHP ($KHC_8H_4O_4$)
4. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH)

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร

2. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร

<u>การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล</u>

1. นำโพแทสเซียมไบพธาเลตใส่กระจกนาฬิกาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 1-2 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 0.8 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นต้ม 25 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นปิเปตตัวอย่างที่กรองได้ 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมฟีนอล์ฟธาลีน 2-3 หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ซึ่งจะเปลี่ยนสีหรือให้จุดยุติเป็นสีชมพู

2. คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก เมื่อมิลลิอิควิวาเลนท์กรดซิตริกเท่ากับ 0.07 โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดซิตริก 0.07 กรัม โดยใช้สูตรดังนี้

กรดทั้งหมด (%) = ปริมาตร NaOH (มิลลิลิตร) x ความเข้มข้น NaOH (N) x 0.070 x 100 / ปริมาตรและ/หรือน้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิลิตรและ/หรือกรัม)

(เทียบในรูปกรดซิตริก)

ภาคผนวก ข2 ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี 2,6-dichlorophenolindophenol (AOAC, 2000)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ขวดรูปชมพู่
2. กระดาษกรอง
3. บิวเรต
4. ปิเปต

<u>สารเคมี</u>

1. กรดเมทาฟอสฟอริค (HPO_3)
2. 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (Sodium salt)
3. โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)
4. กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี ($C_6H_8O_6$)

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

1. สารละลายกรดเมทาฟอสฟอริคความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยชั่ง HPO_3 มา 30 กรัม ละลายในกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร และกรอง นำส่วนที่ใสบรรจุขวดเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเพื่อรอการนำไปใช้

2. สารละลายอินโดฟีนอลเตรียมโดยชั่ง 2,6-dichorophenol indophenol 50 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตละลายอยู่ 42 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง บรรจุในขวดสีชา เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

3. สารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) เตรียมโดยชั่งกรดแอสคอร์บิกบริสุทธิ์ 50 มิลลิกรัม แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายกรดเมทาฟอสฟอริค

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ไตเตรทสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานด้วยสารละลายอินโดฟีนอลและบันทึกผล จากนั้นปิเปตตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดเมทาฟอสฟอริคปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันประมาณ 2-3 นาที แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยกรดเมทาฟอสฟอริคในขวดวัดปริมาตร

2. นำสารละลายในข้อ 1. มา 10 มิลลิลิตร ไตเตรทกับสารละลายอินโดฟีนอลจนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนที่คงตัว วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำแบลงค์โดยการไตเตรทกรดเมทาฟอสฟอริคปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายอินโดฟีนอล จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณวิตามินซีของตัวอย่างต่อ 100 กรัม ดังนี้

ปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง (มิลลิกรัม/100 กรัม) $= (X-B) \times (F/E) \times (V/Y) \times 100$

โดยที่ X = ค่าเฉลี่ยปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ไตเตรทน้ำมะขามป้อม (มิลลิลิตร)

B = ค่าเฉลี่ยปริมาตรของสารละลายอินโดฟีนอลที่ไตเตรทแบลงค์(มิลลิลิตร)

F = มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิกที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอินโดฟีนอล 1 มิลลิกรัม

E = น้ำหนักและ/หรือปริมาตรของตัวอย่าง (กรัมและ/หรือมิลลิลิตร)

V= ปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่างที่ปรับก่อนการปิเปตเพื่อการไตเตรท

Y = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ปิเปตเพื่อหาปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ภาคผนวก ข3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Metler Toledo

<u>การวัดค่า pH ตัวอย่าง</u>

1. นำตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำส่วนใสไปวิเคราะห์

2. ทำการวัดตัวอย่างโดยเครื่อง pH meter หลังจากการปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 และ pH 7

ภาคผนวก ข4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. Hand refractometer

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ปรับค่าของเครื่องมือโดยใช้น้ำกลั่น ให้ค่าอยู่ที่ 0 องศาบริกซ์ นำตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 2-3 ชั่วโมง นำส่วนใสของตัวอย่างวัดด้วย Hand refractometer ค่าที่อ่านได้แสดงเป็นปริมาณของของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในหน่วยองศาบริกซ์

ภาคผนวก ข5 ปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric (Umnat. 2010 ; Singleton *et al*. 1999)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
2. แท่งแก้วคนสาร
3. กระดาษกรอง
4. ไมโครปิเปต
5. กรวยกรอง
6. หลอดทดลอง

<u>สารเคมี</u>

1. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7
2. เมทานอล (CH_3OH)
3. น้ำปราศจากไอออน (DI water)
4. กรดแกลลิค (Gallic acid)
5. Folin-Ciocalteu reagent

<u>วิธีการ</u>

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานแกลลิค (Standard curve)

1.1 เตรียมสารละลายเมทานอลต่อน้ำปราศจากไอออน (Met:DI) อัตราส่วน 1:5 ปริมาตร/ปริมาตรเตรียม 1000 มิลลิลิตร

1.2 ชั่งกรดแกลลิค 0.250 กรัม เติมสารละลาย Met:DI ปริมาตร 250 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

1.3 ปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 0,5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิลิตรและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.25มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตรเป็นแบลงค์

1.4 ปิเปตสารละลายมาตรฐานจากข้อ 1.3 ปริมาตร 125 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำปราศจากไอออน 0.5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 125 ไมโครลิตร และตั้งทิ้งไว้ 6 นาที

1.5 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7 ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตรและน้ำปราศจากไอออนปริมาตร1.125 มิลลิลิตรตั้งทิ้งไว้ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

1.6 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรหน่วยที่วัดได้ออกมาเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิค/กรัมน้ำหนักสด (mg of gallic acid/g fw)

2. การสกัดตัวอย่าง

2.1 ชั่งตัวอย่างสด 1 กรัม เติมเมทานอล 50 มิลลิลิตรคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง กรองและวัดปริมาตรทั้งหมดที่กรองได้

2.2 นำสารละลายที่ได้ 125 ไมโครลิตรผสมกับน้ำปราศจากไอออนปริมาตร0.5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตรและตั้งทิ้งไว้ 6 นาที

2.3 เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7 ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตรและน้ำปราศจากไอออน1.125 มิลลิลิตรตั้งทิ้งไว้ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

3. การคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอล

3.1 ทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคโดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้และวิเคราะหการถดถอยเชิงเสน (Linear regression)

3.2 หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานแกลลิค

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

ภาคผนวก ค1 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH° scavenging assay (Umnat. 2010)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ไมโครปิเปตขนาด 10-200 และ 20-1000 ไมโครลิตร
2. หลอดทดลอง
3. หลอดเก็บตัวอย่างฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร

<u>สารเคมี</u>

1. เมทานอล (CH_3OH)
2. DPPH° (1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl)

<u>การเตรียมสารเคมีและตัวอย่าง</u>

1. สารละลาย DPPH° ร้อยละ 0.004 ในเมทานอล โดยชั่ง DPPH° 0.004 กรัม ละลายในเมทานอล และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดสีชาเก็บรักษาในตู้เย็น

2. การเตรียมตัวอย่าง โดยการสกัดซึ่งในการสกัดตัวอย่างนั้นจะใช้ตัวอย่าง 25 กรัม (น้ำหนักสด) สกัดในเมทานอล 100 มิลลิลิตร ทำการคนตัวอย่างกับเมทานอลให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งได้สารสกัดไม่มีสี นำสารสกัดที่ได้ไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารที่สกัดได้มาทำการระเหยเมทานอลออกโดยใช้เครื่องระเหยแบบหมุนที่ (Rotary evaporator) 50 องศาเซลเซียส นำสารที่สกัดได้ไปละลายในเมทานอลที่ระดับความเข้มข้น 10, 100 และ 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. ปิเปตสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในเมทานอล (ที่มี DPPH° ร้อยละ 0.004) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งไว้ในที่มืด 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ใช้น้ำกลั่นแทนสารสกัดเป็นแบลงค์

2. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาร้อยละการยับยั้งอนุมูล DPPH (% DPPH scavenging activity) ดังนี้

$$\% \text{ DPPH scavenging activity} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

โดยที่ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

ภาคผนวก ง

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ภาคผนวก ง1 การวิเคราะห์ค่าสี

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. เปิดเครื่องวัดสี โดยเสียบสายอุปกรณ์ต่อกับเครื่องให้เรียบร้อย ก่อนที่จะทำการเสียบสายเข้ากับปลั๊กไฟ

2. ทำการปรับมาตรฐานสี (Standardize) โดยใช้แผ่นเทียบสีดำมาตรฐาน และแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานและทำการตรวจสอบค่าแผ่นสีขาวโดยความต่างของ Scale xyz หรือ L*a* b* ต้องไม่เกิน 0.3 หน่วย ถ้าเกินให้ทำความสะอาดแผ่นเทียบสีดำมาตรฐาน และแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานแล้วทำการปรับมาตรฐานสีใหม่อีกครั้ง

3. ทำการวัดตัวอย่างโดยนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในแก้วสำหรับวัดค่าสี แล้วนำไปวางลงไปบนเครื่อง Hunter Lab แล้วใช้ฝาสีดำครอบให้สนิทค่าที่วัดได้แสดงเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

4. เมื่อทำการวัดค่าสีเสร็จแล้วปิดเครื่องและทำความสะอาดให้เรียบร้อย

ภาคผนวก ง2 การวิเคราะห์หาความหนืด

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องวัดความหนืด ยี่ห้อ Brookfield
2. บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. เช็คระดับลูกน้ำที่เครื่อง โดยปรับขาตั้งทั้งสาม แล้วเปิดเครื่องวัดความหนืดโดยเสียบสายอุปกรณ์ต่อกับเครื่องให้เรียบร้อย ก่อนที่จะทำการเสียบสายเข้ากับปลั๊กไฟ

2. เลือกรหัสของหัวเข็ม (Spindle) และปรับความเร็วรอบ (Speed) โดยจะเลือก Speed ที่อ่านค่าได้เข้าใกล้ 100 มากที่สุด

3. เขย่าตัวอย่างแล้วรินตัวอย่างลงในบีกเกอร์ให้ท่วมรอยที่หัวเข็ม วัดความหนืดของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 10 วินาที

5. นำค่าที่ได้ไปคูณกับ Factor แสดงหน่วยเป็น Centipoises (cps)

6. เมื่อทำการวัดความหนืดเสร็จแล้วปิดเครื่องและทำความสะอาดให้เรียบร้อย

ภาคผนวก ง3 การวิเคราะห์ค่าความขุ่น

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. Spectrophotometer

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1. เปิดเครื่อง Spectrophotometer เลือกโปรแกรม % Transmittance

2. เขย่าตัวอย่างแล้วตั้งทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง แล้วนำส่วนใสของตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรใส่ในคิวเวต แล้ววางลงในช่อง Sample holder วัดที่ความยาวคลื่น 315 นาโนเมตร ปิดฝาครอบตัวอย่าง กดปุ่ม Start ผลที่ได้แสดงเป็นค่า % Transmittance

ภาคผนวก จ

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก จ1 การวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC. 1990)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. หม้อฆ่าเชื้อ (Autoclave)
2. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
4. จานเพาะเชื้อ (Plate)
5. หลอดทดลอง (Tube)
6. ปิเปต (Pipette)
7. ขวด Media

<u>สารเคมี</u>

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)
2. สารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1
3. น้ำกลั่น

<u>การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar</u>

1. ชั่ง PCA มา 22.5 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร
2. ต้มให้เดือดจนส่วนผสมละลายหมด
3. บรรจุลงขวด Media นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

<u>การเตรียมสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1</u>

1. ชั่งเปปโตน 0.1 กรัมละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2. บรรจุลงขวด Media นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวด Media ที่บรรจุ สารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร90มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายความเข้มข้น 10^{-1}

2. ปิเปตสารละลายความเข้มข้น 10^{-1} มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายความเข้มข้น 10^{-2} ทำเช่นนี้จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-3}

3. ปิเปตสารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ลงในจานเพาะเชื้อ ความเข้มข้นละ 1 มิลลิลิตร ทำ 3 ซ้ำ

4. นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เทลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้แล้วประมาณ 10-15 มิลลิลิตร จากนั้นทำการ Pour plate ให้เข้ากัน รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว

5. คว่ำจานเพาะเชื้อลง นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่มี 30-300 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ย

6. คำนวณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml) โดยหาค่าเฉลี่ยของโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่นับได้และคูณด้วยส่วนกลับของค่าความเข้มข้น (Dilution)

ภาคผนวก จ2 การวิเคราะห์หาปริมาณยีสต์และรา (AOAC. 2000)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. หม้อฆ่าเชื้อ (Autoclave)
2. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
4. จานเพาะเชื้อ (Plate)
5. หลอดทดลอง (Tube)
6. ปิเปต (Pipette)
7. ขวด Media

<u>สารเคมี</u>

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA)
2. สารลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
3. กรดทาร์ทาริกความเข้มข้นร้อยละ 10
4. น้ำกลั่น

<u>การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar</u>

1. ชั่ง PDAมา 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. ต้มให้เดือดจนส่วนผสมละลายหมดบรรจุลงขวด Media นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

3. เตรียมกรดทาร์ทาริกความเข้มข้นร้อยละ 10 สำหรับปรับความเป็นกรด-ด่าง โดยชั่งมา 10 กรัม ใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร บรรจุลงในขวด Media ปิดฝานำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

4. ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ให้เป็นกรด-ด่างประมาณ 3.5 ด้วยกรดทาร์ทาริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมให้เข้ากัน

<u>การเตรียมสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1</u>

1. ชั่งเปปโตน 0.1 กรัมละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2. บรรจุลงขวด Media นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ปิเปตตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวด Media ที่บรรจุสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายความเข้มข้น 10^{-1}

2. ปิเปตสารละลายความเข้มข้น 10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายเข้มข้น 10^{-2} ทำเช่นนี้จนได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-3}

3. นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เทลงบนจานเพาะเชื้อประมาณ 10-15 มิลลิลิตร รอจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว

4. ปิเปตสารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} ลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ความเข้มข้นละ 1 มิลลิลิตร ทำ 2 ซ้ำ จากนั้นทำการ Spread plate ให้เข้ากัน

5. คว่ำจานเพาะเชื้อลง นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่มี 30-300 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ย

6. คำนวณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml) โดยหาค่าเฉลี่ยของโคโลนีในจานเพาะเชื้อที่นับได้และคูณด้วยส่วนกลับของค่าความเข้มข้น (Dilution)

ภาคผนวก จ3 การวิเคราะห์หาปริมาณ Coliform และ *E.coli* (AOAC. 2000)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. หลอดดักก๊าซ(Durham tube)
2. หลอดทดลอง(Tube)
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
4. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
5. หม้อฆ่าเชื้อ (Autoclave)
6. จานเพาะเชื้อ (Plate)

<u>สารเคมี</u>

1. Lauryl SulphateTryptose Broth (LST)

2. Brillian Green Lactose Bile Broth (BGLB)

3. สารละลายเจือจาง Phosphate buffer

<u>การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ</u>

1. ละลายผง LST ปริมาณ 35.6 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตรปิเปตอาหารลงในหลอดทดลองหลอดละ 9 มิลลิลิตรที่มีหลอดดักก๊าซจากนั้นนำไปเข้าหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาทีความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันจะได้อาหารที่เจือจาง 1:10 หรือ 10^{-1} ทำการเจือจางจนถึงที่อัตราส่วน 10^{-3}

<u>วิธีวิเคราะห์</u>

1.การวิเคราะห์ขั้นแรก (Presmptive test)

1.1 ใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรที่ฆ่าเชื้อแล้วดูดสารละลายตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่างๆลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ LST ความเจือจางละ 3 หลอด

1.2 บ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.3 ตรวจนับจำนวนหลอดทดลองที่มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซแล้วเทียบตามตารางผนวกที่ จ1 รายงานผลเป็น MPN/g ก๊าซที่เกิดนั้นเป็นการคาดว่าจะมีโคลิฟอร์มในตัวอย่างอาจจะเกิดจากการย่อยน้ำตาลแลกโตส จึงต้องนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนยืนยันต่อไป

2.การวิเคราะห์ขั้นยืนยัน (Confirm test)

2.1 นำอาหารในหลอดทดลองที่มีก๊าซเกิดขึ้นหลอดละ 1 ลูปเพาะลงในหลอดทดลองที่มี BGLB ที่มีหลอดดักก๊าซแล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมงถ้ามีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซแสดงว่าเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3.การตรวจวิเคราะห์ขั้นสมบูรณ์ (Complete test)

3.1 ใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกลงบนจานอาหารเพาะเชื้อที่มี EMB agar โดยวิธี Streak plate นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2 สังเกตโคโลนีที่มีสีเขียวเป็นมันวาวเหมือนรอยตัดโลหะ จะเป็นโคโลนีของ *E.coli* ส่วนโคโลนีที่มีสีม่วงตรงกลางเข้มใหญ่เยิ้มเป็นของ *Enterobacter aerogenes*

3.3 เขี่ยโคโลนีที่เป็นโคโลนีเดี่ยว ๆ ลงบน Nutrient agar slant เพื่อใช้ในการย้อมสี (Gram-stain) และดูลักษณะของแบคทีเรีย

ภาคผนวก จ4 การวิเคราะห์หาปริมาณ *Staphylococcus aureus* (BAM. 2002)

<u>อาหารเลี้ยงเชื้อ</u>

1. Baird-Parker medium (BP) หรือ Mannitol salt agar (MSA)
2. Brain heart infusion (BHI) broth
3. Coagulate plasma
4. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

1.ปิเปตตัวอย่าง ๆ ละ 10 มิลลิลิตร ลงในขวดปลอดเชื้อ

2. เติมสารละลายสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์จำนวน 90 มิลลิลิตร

3. ทำการเจือจางให้เป็น 1:10, 1:100 และ 1:1000 ตามลำดับ โดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

<u>การตรวจนับ *S. aureus*</u>

1. ดูดตัวอย่างจากระดับความเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker medium (BP) หรือ Mannitol salt agar (MSA)จำนวน 2 ซ้ำ

2. ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อที่เกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจานและอบเพาะเชื้อที่ 35±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงตรวจสอบลักษณะโคโลนีเมื่อครบ 30 ชั่วโมง โดยเลือกนับโคโลนีที่มีสีดำขอบขาวและแววใสรอบโคโลนีมีบริเวณใส (Clear zone) เลือกจากจานที่เชื้อเจริญ 20-200 โคโลนี

3. ทำเครื่องหมายตำแหน่งของโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าว แล้วนำจานอาหารไปบ่มต่ออีก 18 ชั่วโมง นับโคโลนีที่มีสีดำแววหรือไม่มีขอบขาวและไม่มีบริเวณใสด้วย

4. ถ่ายโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S. aureus* ลงใน BHI และอบเพาะเชื้อที่ 35±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นดูดตัวอย่าง จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดสอบแล้วเติม Coagulate plasma จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ตรวจอีกครั้งเมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมง

5. อบเพาะเชื้อที่ 35±0.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตรวจผลการแข็งตัวของ Plasma ถ้ายังไม่แข็งตัวให้เก็บหลอดไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วตรวจผลเมื่อครบ 2 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ จ1 การประมาณปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับความเข้มข้น 0.1, 0.01 และ 0.001 กรัมอย่างละ 3 หลอด

ความเข้มข้น			MPN/g or ml
10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	
0	0	0	<3
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	1	0	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1,100
3	3	3	>2,400

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ฉ1 แบบสอบถามความชอบโดยวิธี 7-Point Hedonic Scale

ผลิตภัณฑ์ น้ำมะขามป้อม

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุดและบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

7 = ชอบมาก 6 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง 1 = ไม่ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ2 แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

ผลิตภัณฑ์ น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

วันที่.....

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้อิสระเรื่อง "การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม" ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านช่วยตอบแบบสอบถามนี้ ข้อมูลที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ และจะไม่มีผลใด ๆ ต่อผู้ตอบทั้งสิ้น ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

คำแนะนำ กรุณาทำเรื่องหมาย ✓ ในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านคิดว่าเหมาะสมที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) ต่ำกว่า 15 ปี ( ) 15-20 ปี

( ) 21-25 ปี ( ) 26-30 ปี

( ) 31-35 ปี ( ) 36-40 ปี

( ) มากกว่า 40 ปี

3. การศึกษา

( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือ ป.ว.ช. ( ) อนุปริญญา หรือ ป.ว.ส.

( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

( ) นักเรียน ( ) นักศึกษา

( ) ข้าราชการ ( ) แม่บ้าน

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

( ) ต่ำกว่า 5,000 บาท ( ) 5,000-10,000 บาท

( ) 10,001-15,000 บาท ( ) มากกว่า 15,000 บาท

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภค

6. ท่านชอบบริโภคมะขามป้อมหรือไม่

( ) ชอบ

( ) ไม่ชอบ

( ) เฉย ๆ

7. ท่านนิยมบริโภคมะขามป้อมในรูปแบบใด

( ) รับประทานสด

( ) เครื่องดื่ม

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

8. ท่านชอบบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้หรือไม่

( ) ชอบ

( ) ไม่ชอบ

( ) เฉย ๆ

9. ความถี่ในการบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้ของท่านต่อสัปดาห์

( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง

( ) 1-2 ครั้ง

( ) 3-4 ครั้ง

( ) มากกว่า 4 ครั้ง

10. ท่านซื้อ และ/หรือ เลือกบริโภคเครื่องดื่มน้ำผลไม้ด้วยเหตุผลใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ราคาไม่แพง

( ) อยากลองรสชาติใหม่

( ) ดื่มเพื่อดับกระหาย

( ) ต้องการคุณค่าทางอาหาร

( ) ภาชนะบรรจุ

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

11. โดยส่วนใหญ่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้จากที่ใด

( ) ร้านสะดวกซื้อ เช่น 7-Eleven

( ) ร้านค้าทั่วไป เช่น ร้านขายของชำ สหกรณ์ร้านค้า

( ) ซุปเปอร์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี แมคโคร

( ) ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ทอปส์

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

12. คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่ม

กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มที่เสนอให้ แล้วให้คะแนนความชอบที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ดังนี้

7 = ชอบมาก 6 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง 1 = ไม่ชอบมาก

รหัสตัวอย่าง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม

13. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ท่านชิมหรือไม่

( ) ยอมรับ (ทำต่อข้อ 13.1) ( ) ไม่ยอมรับ (ทำต่อข้อ 13.2)

13.1 ถ้าท่านรู้สึกยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ เพราะอะไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) อร่อย ( ) มีความแปลกใหม่

( ) มีประโยชน์ต่อร่างกาย ( ) สะดวกในการบริโภค

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

13.2 ถ้าท่านรู้สึกไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ เพราะอะไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ไม่คุ้นเคย ( ) ไม่ชอบรสชาติผลิตภัณฑ์

( ) ไม่ชอบเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ ( ) อื่น ๆ ระบุ.....

14. ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์น้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารพร้อมดื่มที่มีปริมาณ 250 มิลลิลิตรต่อขวด ท่านคิดว่าควรมีราคาเป็นเท่าใด

( ) 10 บาท ( ) 12 บาท

( ) 15 บาท ( ) มากกว่า 15 บาท

15. หากมีผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อแน่นอนเพราะ.....

( ) ซื้อบางโอกาสเพราะ.....

( ) ไม่ซื้อทันที อาจซื้อโอกาสต่อไปเพราะ.....

( ) ไม่ซื้อแน่ ๆ เพราะ.....

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ (ค่าเฉลี่ย±S.D)

ตารางภาคผนวกที่ ช1 ปริมาณกรดทั้งหมดของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	Total acidity (% Eq citric acid, w/v)		
	P0.1[ns]	P0.3[ns]	P0.5[ns]
0	0.39±0.03[c]	0.44±0.03[b]	0.47±0.04[a]
1	0.39±0.04[b]	0.44±0.05[a]	0.47±0.04[a]
2	0.39±0.05[b]	0.44±0.06[ab]	0.48±0.04[a]
3	0.40±0.05[b]	0.44±0.07[ab]	0.47±0.04[a]
4	0.40±0.04[b]	0.44±0.04[ab]	0.48± 0.05[a]
5	0.41±0.11[a]	0.45±0.05[a]	0.46±0.07[a]
6	0.41±0.05[b]	0.45±0.07[ab]	0.47±0.06[a]
7	0.41±0.04[b]	0.45±0.02[a]	0.46 ±0.04[a]
8	0.41±0.05[b]	0.45±0.05[ab]	0.47±0.04[a]

หมายเหตุ : [a, b, c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	2.70±0.009^{a,A}	2.69±0.004^{b,ABC}	2.68±0.007^{c,AB}
1	2.70±0.017^{a,A}	2.70±0.015^{ab,A}	2.68±0.010^{b,A}
2	2.70±0.016^{a,A}	2.68±0.005^{b,ABCD}	2.67±0.005^{c,BCD}
3	2.71±0.011^{a,A}	2.69±0.010^{b,ABCD}	2.68±0.010^{b,AB}
4	2.70±0.012^{a,A}	2.68±0.013^{b,BCD}	2.68±0.009^{b,ABCD}
5	2.70±0.005^{a,A}	2.69±0.012^{b,AB}	2.68±0.010^{c,ABC}
6	2.69±0.011^{a,A}	2.68±0.012^{b,D}	2.67±0.014^{c,D}
7	2.70±0.014^{a,A}	2.68±0.013^{b,CD}	2.67±0.009^{b,CD}
8	2.70±0.009^{a,A}	2.680±.005^{b,BCD}	2.67±0.005^{c,BCD}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช3 ปริมาณวิตามินซีของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	Ascorbic acid content (mg ascorbic acid /100 g fw)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	45.63±4.60^{ns,A}	46.60±7.67^{ns,A}	48.61±5.44^{ns,A}
1	44.31±3.44^{ns,A}	43.34±3.15^{ns,AB}	45.14±2.27^{ns,AB}
2	43.61±5.86^{ns,A}	39.93±4.21^{ns,BC}	42.43±4.49^{ns,B}
3	36.81±8.65^{ns,B}	39.17±5.83^{ns,BC}	33.54±5.89^{ns,CD}
4	33.96±7.05^{ns,BCD}	36.88±9.45^{ns,BC}	36.32±7.90^{ns,C}
5	34.93±5.81^{ns,BC}	34.10±8.76^{ns,CD}	34.66±7.71^{ns,CD}
6	31.53±1.72^{ns,BCD}	32.22±3.43^{ns,DE}	32.57±4.92^{ns,CD}
7	29.44±2.59^{ns,D}	32.22±5.42^{ns,DE}	32.78±4.25^{ns,CD}
8	29.72±3.42^{ns,CD}	30.90±2.64^{ns,E}	29.86±5.43^{ns,D}

หมายเหตุ : $^{A-E}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช4 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	DPPH radical scavenging activity (% inhibition activity)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	$10.21\pm2.64^{ns,A}$	$10.16\pm1.22^{ns,A}$	$10.05\pm1.57^{ns,A}$
1	$9.61\pm1.48^{ns,A}$	$8.50\pm2.73^{ns,B}$	$8.37\pm1.90^{ns,B}$
2	$7.41\pm1.43^{ns,B}$	$7.40\pm1.20^{ns,C}$	$7.60\pm1.30^{ns,BC}$
3	$7.03\pm0.50^{ns,BC}$	$7.19\pm0.62^{ns,C}$	$7.09\pm0.43^{ns,CD}$
4	$5.85\pm1.59^{ns,BC}$	$6.41\pm0.78^{ns,CD}$	$6.50\pm0.78^{ns,CD}$
5	$6.74\pm0.47^{ns,BC}$	$6.68\pm0.82^{ns,CD}$	$6.71\pm0.91^{ns,CD}$
6	$6.41\pm1.39^{ns,BC}$	$6.50\pm0.78^{ns,CD}$	$6.59\pm0.80^{ns,CD}$
7	$6.32\pm1.34^{ns,BC}$	$6.39\pm0.68^{ns,CD}$	$6.39\pm0.68^{ns,D}$
8	$5.63\pm1.62^{ns,C}$	$5.77\pm0.58^{ns,D}$	$5.71\pm0.60^{ns,E}$

หมายเหตุ : $^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P>0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช5 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	DPPH radical scavenging activity (% inhibition activity)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	32.71±4.47^{a,A}	31.15±2.12^{a,A}	31.04±2.36^{a,A}
1	30.15±1.46^{a,B}	27.82±1.53^{b,B}	29.38±0.64^{a,AB}
2	28.93±1.54^{a,BC}	27.82±1.53^{a,B}	28.50±1.87^{a,BC}
3	28.38±1.89^{a,BCD}	27.82±1.53^{a,B}	29.06±1.03^{a,AB}
4	26.60±1.45^{b,DE}	28.26±1.38^{a,B}	28.40±1.43^{a,BC}
5	27.04±1.93^{a,CDE}	27.82±1.53^{a,B}	28.54±3.49^{a,BC}
6	27.82±1.53^{a,CDE}	27.82±1.53^{a,B}	26.58±2.32^{a,CD}
7	25.71±0.89^{b,E}	27.82±1.53^{a,B}	26.34±2.21^{a,bD}
8	26.34±2.51^{a,E}	25.49±0.74^{a,C}	25.69±1.12^{a,D}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-E}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช6 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ระดับความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	DPPH radical scavenging activity (% inhibition activity)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	84.82±1.32^{a,A}	85.27±1.69^{a,A}	85.49±2.48^{a,A}
1	84.77±1.56^{a,A}	85.14±1.35^{a,A}	84.53±1.51^{a,A}
2	84.92±2.02^{ab,A}	83.64±1.89^{b,A}	85.64±0.16^{a,A}
3	83.67±0.17^{b,AB}	85.22±1.36^{a,A}	85.00±0.34^{a,A}
4	84.92±2.02^{b,A}	82.42±2.18^{a,AB}	84.80±1.32^{a,A}
5	81.39±4.61^{a,BCD}	81.86±2.91^{a,AB}	83.28±3.70^{a,AB}
6	82.38±3.03^{a,ABC}	81.86±2.91^{a,AB}	83.27±2.00^{a,AB}
7	79.60±3.81^{a,CD}	81.86±2.91^{a,AB}	81.20±7.34^{a,B}
8	78.55±4.40^{a,D}	79.83±7.11^{a,B}	80.48±3.63^{a,B}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-D}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	Total phenolic content(mg GAE/ml)		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	79.45±12.14^{a,A}	72.58±9.26^{a,ABC}	71.84±5.66^{a,A}
1	73.34±10.68^{a,AB}	75.61±13.49^{a,ABC}	70.55±10.09^{a,A}
2	79.47±16.77^{a,A}	72.78±13.92^{a,ABC}	75.63±22.61^{a,A}
3	74.77±11.08^{a,ABC}	67.52±15.66^{a,BC}	72.56±18.93^{a,A}
4	71.49±3.60^{a,C}	71.18±11.24^{a,C}	69.10±6.21^{a,A}
5	66.66±4.46^{b,BC}	73.92±5.36^{a,ABC}	71.16±9.40^{ab,A}
6	75.54±6.82^{b,AB}	82.05±2.94^{a,A}	81.34±6.16^{a,A}
7	80.40±6.69^{a,A}	77.16±6.17^{a,ABC}	79.77±6.70^{a,A}
8	79.91±5.25^{a,A}	78.72±3.71^{a,AB}	75.03±7.77^{a,A}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A, B, C}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช8 ค่า L* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่า L*		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	58.73±0.06^{a,E}	58.62±0.09^{b,C}	57.76±0.10^{c,E}
1	58.83±0.05^{a,E}	58.70±0.09^{b,C}	57.78±0.11^{c,E}
2	58.86±0.10^{a,E}	58.72±0.33^{a,C}	57.98±0.12^{b,D}
3	59.03±0.72^{a,DE}	58.76±0.54^{a,C}	58.00±0.29^{b,D}
4	59.23±0.13^{a,D}	59.13±0.04^{b,B}	58.26±0.06^{c,C}
5	60.42±0.12^{a,C}	59.36±0.36^{b,B}	59.28±0.21^{b,B}
6	60.47±0.46^{a,BC}	59.41±0.74^{b,B}	59.36±0.36^{b,B}
7	60.73±0.33^{a,B}	60.38±0.10^{b,A}	59.62±0.10^{c,A}
8	61.25±0.02^{a,A}	60.42±0.17^{b,A}	59.66±0.28^{c,A}

หมายเหตุ : 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว

$^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-E}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช9 ค่า a* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่า a*		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	$-0.58\pm0.05^{c,A}$	$-0.49\pm0.03^{b,A}$	$-0.03\pm0.01^{a,A}$
1	$-0.58\pm0.34^{b,A}$	$-0.53\pm0.02^{b,A}$	$-0.07\pm0.02^{a,A}$
2	$-0.62\pm0.06^{b,AB}$	$-0.62\pm0.04^{b,B}$	$-0.10\pm0.03^{a,AB}$
3	$-0.75\pm0.25^{b,BC}$	$-0.66\pm0.05^{b,C}$	$-0.17\pm0.12^{a,BC}$
4	$-0.77\pm0.02^{c,CD}$	$-0.67\pm0.03^{b,CD}$	$-0.23\pm0.07^{a,C}$
5	$-1.05\pm0.03^{c,D}$	$-0.70\pm0.03^{b,CD}$	$-0.47\pm0.02^{a,D}$
6	$-1.17\pm0.08^{c,E}$	$-0.94\pm0.18^{b,D}$	$-0.59\pm0.10^{a,E}$
7	$-1.31\pm0.08^{b,EF}$	$-1.23\pm0.06^{b,E}$	$-0.63\pm0.10^{a,E}$
8	$-1.34\pm0.04^{c,F}$	$-1.24\pm0.11^{b,E}$	$-0.64\pm0.10^{a,E}$

หมายเหตุ : -a* คือสีเขียว และ +a* คือสีแดง

$^{a,\ b,\ c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

$^{A-E}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P\leq0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช10 ค่า b* ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหาร ในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่า b*		
	P0.1	P0.3	P0.5
0	27.93±0.07^{c,A}	28.29±0.47^{b,A}	29.21±0.18^{a,A}
1	27.80±1.27^{a,A}	28.20±1.72^{a,A}	28.62±1.29^{a,AB}
2	27.89±0.42^{a,A}	27.96±0.99^{a,AB}	28.56±0.47^{a,B}
3	26.99±1.25^{b,B}	27.30±1.09^{ab,BC}	28.27±0.80^{a,B}
4	26.66±0.49^{c,BC}	27.26±0.29^{b,BC}	28.23±0.52^{a,B}
5	26.12±0.72^{c,CD}	26.96±0.44^{b,C}	28.11±0.50^{a,B}
6	25.69±0.33^{b,D}	25.71±0.63^{b,D}	28.09±0.72^{a,B}
7	24.61±0.21^{c,E}	25.12±0.50^{b,D}	27.06±0.07^{a,C}
8	24.47±0.08^{c,E}	25.12±0.29^{b,D}	26.65±0.14^{a,C}

หมายเหตุ : -b* คือสีน้ำเงิน และ +b* คือสีเหลือง

$^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

$^{A-E}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช11 ค่าความขุ่น (% Transmittance) ของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	% Transmittance		
	P0.1^{ns}	P0.3^{ns}	P0.5^{ns}
0	0.0061±0.0006^{a}	0.0048±0.0004^{b}	0.0040±0.0000^{c}
1	0.0061±0.0008^{a}	0.0047±0.0005^{b}	0.0039±0.0003^{c}
2	0.0059±0.0008^{a}	0.0046±0.0005^{b}	0.0039±0.0006^{c}
3	0.0059±0.0008^{a}	0.0046±0.0005^{b}	0.0040±0.0009^{b}
4	0.0059±0.0010^{a}	0.0046±0.0005^{b}	0.0041±0.0008^{b}
5	0.0059±0.0008^{a}	0.0047±0.0005^{b}	0.0039±0.0003^{c}
6	0.0058±0.0008^{a}	0.0046±0.0005^{b}	0.0040±0.0000^{c}
7	0.0061±0.0006^{a}	0.0047±0.0007^{b}	0.0042±0.0004^{b}
8	0.0061±0.0006^{a}	0.0047±0.0007^{b}	0.0042±0.0004^{b}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 3 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวกที่ ช12 ค่าความหนืดของน้ำมะขามป้อมผสมใยอาหารในระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าความหนืด (cP)		
	P0.1^{ns}	P0.3^{ns}	P0.5^{ns}
0	26.40±1.88^{c}	32.93±1.83^{b}	39.73±1.28^{a}
1	26.67±2.22^{c}	32.80±2.11^{b}	39.07±1.83^{a}
2	27.33±1.23^{c}	34.27±1.83^{b}	39.87±2.33^{a}
3	27.20±1.26^{c}	33.07±1.49^{b}	39.20±1.47^{a}
4	27.20±1.47^{c}	32.67±1.23^{b}	39.60±2.16^{a}
5	27.20±1.66^{c}	33.60±2.16^{b}	39.87±2.45^{a}
6	26.40±2.85^{c}	33.60±2.16^{b}	38.40±2.41^{a}
7	27.07±1.67^{c}	33.20±2.91^{b}	39.47±2.45^{a}
8	26.93±1.03^{c}	33.07±2.12^{b}	38.80±2.60^{a}

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$) ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัย พร้อมวัน เดือน ปี

(ลงชื่อ).....

(ดร.สุภารัตน์ อำนาจ)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ ..1... เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557

(ลงชื่อ).....

(นางสาวสุรัลชนา กาศสกุล)

ผู้ร่วมวิจัย

วันที่ ..1... เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557

คำรับรอง

รายงานโครงการวิจัยฉบับนี้ได้ผ่านการพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว จึงอนุญาตให้นำส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ได้

(ลงชื่อ).....

(ดร.รัฐพงศ์ ปกแก้ว)

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

วันที่ ..1... เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557

<u>รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ได้ผ่านการพิจารณาโดยผู้บังคับบัญชา</u> เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์ธรรมรงค์ สิงห์อยู่เจริญ)

รักษาการผู้อำนวยการมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

วันที่ ..... เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557