

Received: January 28, 2022; Revised: April 18, 2022; Accepted: April 24, 2022

การพัฒนาอาหารเช้าเพื่อสุขภาพกราโนล่าอินทผลาลัม

The development of healthy breakfast date palm granola

นุจรี สอนสะอาด^{1*} สารินรัตน์ ไหมทอง¹ สุวรรณี บุญมี¹ นฤทธิ วาดเขียน¹วิทวัส ไตรรัตน์ภิกุล¹ ประชิต อยู่หว่าง² และธนันต์ อยู่หว่าง²Nootjaree Somsaard^{1*}, Sarinrat Maithong¹, Suwannee Boonmee¹, Narit Wardkhean¹,Wittawat Trirattanapikul¹, Prachit Yuwang² and Thananun Yuwang²¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ สุรินทร์²โครงการจัดตั้งคณะนวัตกรรมเกษตรและเทคโนโลยี สถาบันสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

*Corresponding Author E-mail Address : Nootjaree46@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบแห้งอินทผลาลัมที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C ปริมาณน้ำเชื่อม 50, 100, 150 กรัม และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กราโนล่า ผลการศึกษา พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอินทผลาลัมมากที่สุด คือ 50 °C โดยอินทผลาลัมมีสีเหลืองมากที่สุด b* เท่ากับ 7.64 และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคมากที่สุด การเติมน้ำเชื่อมที่ 50, 100 และ 150 กรัม พบว่าการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาลัมมีผลทำให้มีปริมาณโปรตีน 10.16 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย 15.07 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า กราโนล่าที่เติมน้ำเชื่อม 100 กรัม ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติและการยอมรับโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 6.77 และ 7.00 อายุการเก็บรักษากราโนล่าอินทผลาลัม พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่ากรด (0.08 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม) และค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) โดยมีค่าเท่ากับ 6.21 มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กรัม ดังนั้นจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการพัฒนากราโนล่าที่มีการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาลัมส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและยังมีคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีนและใยอาหารที่เพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้น้ำผึ้งอย่างเห็นได้ชัดเจน

คำสำคัญ: กราโนล่า อินทผลาลัม น้ำเชื่อมอินทผลาลัม

Abstract

The objectives of this study were to investigate the drying of date palm at 50, 60 and 70°C, 50, 100, 150 g syrup content and shelf life of granola products. The results were found that the optimum temperature for date palms were 50°C, with the most yellow color of dates palm with b^* 7.64 and the highest overall consumer acceptance. The addition of the syrup at 50, 100, 150 g was found that the addition of date syrup resulted in an increase of 10.16% protein and 15.07% fiber and there was a statistically significant difference ($p \leq 0.05$) compared to the control formula. The sensory evaluation found that 100 g of granola added to syrup gave the highest taste and overall acceptance scores of 6.77 and 7.00 respectively. The shelf life of granola products, it was found that there was an increase in acid value (0.08 milligrams of potassium hydroxide required to neutralize the free fatty acids present in one gram of oil) and peroxidase (6.21 milliequivalents of active oxygen per one gram of oil). Therefore, the results indicated that the development of granola with the addition of date palm syrup promoting in the product being more acceptable to consumers and still nutritious, especially the added protein and dietary fiber. It is significantly more than the use of honey.

Keywords: Granola, Date palm, Date palm syrup

บทนำ

กราโนล่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทซีเรียล ที่มักนำมารับประทานเป็นอาหารเช้าซึ่งมีส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น ข้าวโอ๊ต ถั่ว และน้ำผึ้ง เป็นส่วนประกอบ ซึ่งกราโนล่าที่รับประทานมีรสชาติหวานและมีความกรอบสูง การผลิตกราโนล่าจะมีส่วนผสมของแห้ง และมีการใช้สารในการยัดเกาะ ซึ่งสารที่ช่วยในการยัดเกาะในผลิตภัณฑ์กราโนล่า ได้แก่ น้ำผึ้ง และน้ำตาล (Bas et al., 2011) ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์กราโนล่ามากยิ่งขึ้นเนื่องจากกราโนล่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยมีปริมาณไขมันต่ำ คาร์โบไฮเดรตที่เป็นกลุ่มสารเยื่อใยอาหารที่ละลายน้ำได้ โดยไฟเบอร์กลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติในการต้านการย่อยโดยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ และถูกหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้แล้วได้กรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย สำหรับทิศทางในการพัฒนากราโนล่า เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีการพัฒนากราโนล่าให้มีรูปแบบที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เช่น การเพิ่มส่วนผสมที่เป็นธัญพืชที่ไม่ขัดสี นอกจากนี้ยังมีการเติมโปรตีนจากสัตว์ เช่น เวย์โปรตีน หรือไข่ขาว เพิ่มเป็นทางเลือกในการเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น และยังมีกรเติมผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (McSweeney and Day, 2016) ดังนั้นผลิตภัณฑ์กราโนล่าจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการที่จะนำมาพัฒนา ถึงอย่างไรก็ตามกราโนล่ายังมีข้อจำกัดคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงทำให้ผู้บริโภคมีความลังเลในการเลือกซื้อ ซึ่งถ้าสามารถพัฒนาการเลือกใช้สารทดแทนความหวานที่สามารถทดแทนน้ำตาลทรายได้จะเป็นแนวทางที่น่าสนใจมากสำหรับผู้บริโภคเนื่องจากกราโนล่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าและเป็นสารจากธรรมชาติ

อินทผลัม (*Phoenix dactylifera* L.) เป็นพืชอเนกประสงค์ที่มีการขยายพันธุ์ และใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากการปรับตัวที่ดีเยี่ยมให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย การใช้ประโยชน์ของอินทผลัมมีความโดดเด่นในด้านอาหาร อาหารสัตว์ ยารักษาโรค (Al-Yahya and Manickavasagan, 2012) และยังพบว่า อินทผลัมผลไม้เป็นแหล่ง

สารอาหารที่มีราคาไม่แพง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน และแร่ธาตุในอาหาร (ซีลีเนียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก โยอาหาร วิตามิน แคโรทีนอยด์ และกรดไขมัน) นอกจากนี้ยังมีโพลีฟีนอล แอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ แทนนิน โพรไซยานิดิน สเตอรอล ฟลาโวนอยด์ ฟลาโวน แอนโทไซยานิดิน ไอโซฟลาโวน ไฟโตเอสโตรเจน กรดฟีนอล อนุพันธ์ของกรดซินนามิก สารระเหย ซึ่งมีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาก (Hussain et al., 2020) สารสกัดจากผลอินทผลัม ที่เป็นสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูง พบว่ามีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและป้องกันโรคหัวใจ (Alhaidar et al., 2017) และนอกจากนี้ยังพบว่า อินทผลัมอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 70 - 80 % w/w โยอาหาร 8.7% โปรตีน 1.8% วิตามิน เหลือแร่ และวิตามิน (Ghnimi et al., 2017)

น้ำเชื่อมจากอินทผลัมมีศักยภาพซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และยังประกอบด้วยเกลือแร่ 15 ชนิด ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมตามวัยและกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกาย นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามินอย่างน้อย 6 ชนิด อันได้แก่ วิตามิน B1 thiamine วิตามิน B2 riboflavin nicotinic acid วิตามิน A และวิตามิน C (Ibrahim et al., 2021) แนวคิดการนำน้ำเชื่อมจากอินทผลัมมาใช้ทดแทนสารยัดเกาะที่เป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป อีกทั้งการเติมอินทผลัมอบแห้งจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อพัฒนากราโนล่าที่มีคุณประโยชน์ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคกลุ่มผู้รักสุขภาพ รวมถึงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับอินทผลัมให้กับเกษตรกรผู้ปลูกอินทผลัม และงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งอินทผลัมเพื่อใช้เป็นส่วนผสมกรานอล่า ศึกษาปริมาณน้ำเชื่อมอินทผลัมที่เหมาะสมในการผลิตกรานอล่า และศึกษาอายุการเก็บรักษาของกรานอล่าอินทผลัม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของการอบแห้งอินทผลัมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์กรานอล่า

1.1 การเตรียมอินทผลัมและการอบแห้งอินทผลัม

เตรียมตัวอย่างอินทผลัม (สายพันธุ์โคเนซี จากสวนเกษตรอำเภอบราสาท จังหวัดสุรินทร์) ในการอบแห้ง โดยใช้อินทผลัมนำมาปอกเปลือก คว้านเมล็ด ล้าง และบรรจุใส่ถุง แล้วนำมาแช่ในตู้แช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20°C นำอินทผลัมที่ทำการแช่แข็งมาทำการละลายโดยการนำมาทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งอินทผลัม 300 กรัม นำมาเกลี่ยเป็นแผ่นบาง ๆ บนถาดที่มีแผ่นพลาสติกกรอง แล้วเข้าอบแห้งที่เครื่องอบลมร้อน รุ่น TD-10A ในการอบแห้งอินทผลัม ในอุณหภูมิที่ 50, 60 และ 70°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของอินทผลัมอบแห้งดังนี้

1) ความชื้นแบบอินฟราเรด (Infrared moisture analyzer) นำตัวอย่างอินทผลัมอบแห้งมาวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด OHAUS รุ่น MB25 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ลงในภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วนำไปใส่เครื่องอินฟราเรดเพื่อวัดความชื้น ทำการวัดค่า 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

2) ค่าสี นำตัวอย่างอินทผลัมอบแห้ง มาวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ HunterLab รุ่น UltraScan VIS ด้วยระบบ CIE ที่มีค่า L^* a^* และ b^*

3) การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส นำตัวอย่างอินทผลัมอบแห้ง วัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture analyzer รุ่น TA-XT Plus กดด้วยหัวตัด HDP/BS ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตร/วินาที โดยรายงานเป็นค่าความแข็งและค่าความเหนียว โดยแต่ละตัวอย่างทำการวัดซ้ำ 5 ครั้ง

4) ค่า Water activity (a_w) นำตัวอย่างอินทผลัมอบแห้ง วัดปริมาณน้ำอิสระโดยใช้เครื่องวัดค่า a_w ยี่ห้อ AQUALAB รุ่น series 3TE ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ

5) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (9-Point Hedonic Rating Scale) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่ออินทผลัมอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ โดยประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Rating Scale) ใช้ผู้ทดสอบช่วงที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) นำมาค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

2. ศึกษาปริมาณน้ำเชื่อมที่เหมาะสมในการเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมในผลิตภัณฑ์กราโนล่า

นำอินทผลัมจำนวน 1 กิโลกรัม เติมน้ำ 1.5 ลิตร นำมาปั่น แล้วนำมากรองแยกกากอินทผลัมออก นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ต้มสกัดจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สุดท้ายเท่ากับ 50 องศาบริกซ์ โดยน้ำเชื่อมมีความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 47.86 และค่าวอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.88 การผลิตกราโนล่าที่มีการเติมน้ำเชื่อมอินทผลัม ส่วนผสมดังตารางที่ 1 ขั้นตอนการผลิตกราโนล่าดังรูปที่ 1 การศึกษาการเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมโดยการเติมในปริมาณที่แตกต่างกัน ในปริมาณ 50, 100 และ 150 กรัม โดยคิดเป็นร้อยละ 8.1, 16.2 และ 24.4 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ตามลำดับ และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 1 ส่วนผสมกราโนล่าอินทผลัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)			
	control	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ข้าวโอ๊ตดิบ	230	230	230	230
อัลมอนต์อบ	80	80	80	80
น้ำผึ้ง	100	-	-	-
น้ำเชื่อมอินทผลัม	-	50	100	150
น้ำมันมะพร้าว	20	20	20	20
เมล็ดฟักทอง	65	65	65	65
อินทผลัมอบแห้ง	100	100	100	100
แป้งสาลี	20	20	20	20

ขั้นตอนการผลิตกราโนล่าอินทผลัม

นำน้ำมัน แป้งสาลี และน้ำเชื่อมผสมกับข้าวโอ๊ต ทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน



เทใส่ถาดอบสแตนเลสที่รองด้วยฟอยด์ นำไปอบในเครื่องอบไฟฟ้า

ที่อุณหภูมิ 160 °C นาน 20 นาที (ส่วนที่1)



นำอัลมอนด์สไลด์ เมล็ดฟักทองและอินทผลัมที่อบแห้งแล้ว

นำมาผสมกับส่วนผสมที่ 1 ผสมให้เข้ากัน



บรรจุใส่กระปุกพลาสติกปิดสนิท

รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตกราโนล่าอินทผลัม

2.1 การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของกราโนล่าอินทผลัม

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC (2000) ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ HunterLab รุ่น UltraScan VIS ด้วยระบบ CIE ที่มีค่า L*, a* และ b* ค่าเนื้อสัมผัส เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT Plus วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่อง water activity ยี่ห้อ AQUALAB รุ่น series 3TE

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกราโนล่าอินทผลัม

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000) ตามวิธีของ Kjeldahl คำนวณปริมาณโปรตีนโดยใช้ factor 6.25 และรายงานในรูปร้อยละโปรตีน การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย (AOAC, 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000) การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตนำผลการทดสอบจากการหาปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน ความชื้น มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด พลังงานทั้งหมด

โดยใช้สูตรดังนี้

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = $100 - (\%เถ้า + \%ไขมัน + \%โปรตีน + \%ความชื้น)$

พลังงานทั้งหมด (Kcal) = (คาร์โบไฮเดรต (กรัม)×4) + (ปริมาณโปรตีน (กรัม) ×4) + (ปริมาณไขมัน (กรัม) ×9)

2.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (9-Point Hedonic Rating Scale)

ประเมินคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Rating Scale) ใช้ผู้ทดสอบช่วงที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of Variance, ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลัม

ศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยเก็บกราโนล่าอินทผลัมในถุงซิปล็อคชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ด้วยไนเป็นพลาสติก PE (Polyethylene) food grade เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C และทำการทดสอบในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ค่าความชื้นด้วย เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด OHAUS รุ่น MB25 ปริมาณน้ำอิสระโดยใช้เครื่องวัดค่า a_w ยี่ห้อ AQUALAB รุ่น series 3TE ค่าเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA-XT Plus วิเคราะห์ค่า Acid value (A.V.) ซั่งตัวอย่าง

5 กรัม เติมน้ำตาล 70 มิลลิลิตร เติมน้ำฟอสฟอรัส 1 มิลลิลิตร ไตรเตทด้วย KOH ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล คำนวณหาค่า Acid value (A.V.) จำนวนมิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ค่า Peroxide value (P.V.) ไตรเตทสารละลายตัวอย่าง กับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ เข้มข้น 0.002 นอร์มอล มีสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.01 นอร์มอลเป็นอินดิเคเตอร์ รายงานปริมาณค่า Peroxide value ในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กรัม

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

นำตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณยีสต์รา ซึ่งตัวอย่าง 25 กรัม เจือจางโดยใช้ Peptone water เข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 225 มิลลิลิตร ทำการเจือจางที่ระดับการเจือจาง 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} และ 10^{-4} โดยใช้เทคนิค Spread plate การวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมดเพาะเลี้ยงบนอาหาร Plate count agar บ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวนยีสต์รา เพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 3 ถึง 5 วัน รายงานจำนวนจุลินทรีย์ CFU/g อาหารตัวอย่าง

4. การวางแผนและการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (CRD, Completely Randomize Design) และการยอมรับของผู้บริโภควางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD, Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่างด้วย ANOVA (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test รายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\text{Mean} \pm \text{SD}$) โดยใช้ค่าจากการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ ($n=3$)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งอินทผาลัมที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C อบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าระดับของอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้สีของอินทผาลัมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนโดยพบค่า L^* จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a^* ของอินทผาลัมมีค่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิที่ 50°C สีของอินทผาลัมมีค่าสีเหลืองที่มากที่สุด (b^*) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.64 ซึ่งค่า a^* จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับอุณหภูมิที่ 60 และ 70°C โดยอินทผาลัมจะมีสีเหลืองที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ซึ่งการเปลี่ยนสีของอินทผาลัมอบแห้งโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทำให้สีของอินทผาลัมมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดโดยปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดจากการใช้ความร้อนจะเป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reactions) (Benjakul et al., 2005) ผลของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนี้จะมีผลต่อคุณภาพอาหารและการยอมรับ ในบรรดาปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์ ปฏิกิริยา Maillard เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการอบของอินทผาลัมมากที่สุด โดยการเกิดปฏิกิริยา Maillard เกิดจากปฏิกิริยาจากสารกลุ่มคาร์บอนิลที่มีน้ำตาลรีดิวซ์ อัลดีไฮด์หรือคีโตน และหมู่อะมิโนของกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนใดๆ โดยผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยา Maillard (MRPs) ที่ก่อตัวขึ้นจำนวนมากคือ 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) และ 2-furaldehyde (2F) ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นตัวชี้วัดของปฏิกิริยา Maillard ในอาหารหลายชนิด เช่น น้ำผลไม้ น้ำผึ้ง สุรา ซีเรียลสำหรับทารก และอาหารเข้าซีเรียล แม้ว่า HMF จะเรียกว่าสารประกอบฟอร์ฟูรัลหลักและเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในอาหารบางชนิด 2F นั้นเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรสชาติในอาหาร (Demirhan et al., 2015) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าจากผลของการอบอินทผาลัมโดยใช้ความร้อนนอกจากจะทำให้สีของอินทผาลัมเปลี่ยนแปลงยังส่งผลให้รสชาติ และกลิ่นของอินทผาลัมเปลี่ยนแปลงจากผลสด

ตารางที่ 2 ค่าสีของอินทผาลัมอบแห้ง

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
อินทผาลัมอบแห้ง	50	46.51±3.81 ^a	3.85±0.01 ^b	7.64±1.46 ^a
	60	23.56±0.01 ^b	3.98±0.07 ^b	4.02±0.03 ^b
	70	23.30±0.04 ^b	6.60±1.13 ^a	3.92±0.03 ^b

หมายเหตุ: L* คือ ค่าความสว่าง, a* คือ ค่าสีแดง, b* คือ ค่าสีเหลือง

อักษร a-b ในแนวดิ่งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของอินทผาลัมอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C ดังตารางที่ 3 ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอินทผาลัม โดยการให้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 2 ผลจากการอบแห้งที่ระดับที่อุณหภูมิที่ต่างกันจากรายงานของ Hasan et al. (2022) พบว่าการอบแห้งอินทผาลัมสายพันธุ์ Sukkari และ Barakawi ที่อุณหภูมิ 65, 70 และ 75°C เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นจะทำให้อัตราการแห้งสูงขึ้น แต่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70°C เมื่อระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณ Total phenolic content (TPC) และ Hydroxymethylfurfural (HMF) เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลทำให้สีของอินทผาลัมคล้ำขึ้น โดยทั่วไปผลของอินทผาลัมหลังการเก็บเกี่ยวจะมีความชื้นสูงกว่า 30% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เมื่อนำมาอบแห้งจะพบว่าความชื้นจะลดลงจนน้อยกว่า 20% และยังมีผลต่อการความชื้นที่ลดลงจะมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมและมีผลต่อคุณภาพของอินทผาลัมมากที่สุดคือ 50°C เนื่องจากอินทผาลัมที่ได้มีความกรอบมากที่สุดถ้าเปรียบเทียบกับการให้อุณหภูมิสูง เนื่องจากผลของอุณหภูมิสูงมีความเหนียวเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 3 ผลเกิดเนื่องจากอินทผาลัมเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลในปริมาณสูงเมื่อโดนความร้อนสูงจะมีผลให้น้ำตาลในผลอินทผาลัมเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นคาราเมล หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล มีผลทำให้อินทผาลัมมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวเพิ่มมากขึ้น (Makhlouf et al., 2016) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hasan et al. (2022) ที่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นจะทำให้ TPC ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ HMF ซึ่งเป็นสารที่มีสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าอินทผาลัมอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C จะมีค่าความชื้นสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70°C สอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอคทิวิตีซึ่งอินทผาลัมอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C จะมีค่าสูงที่สุด คือ 0.46 รองลงมาคืออบแห้งที่ 60°C และอบแห้งที่ 70°C ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมคือ 50°C เนื่องจากมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมากที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าที่อุณหภูมิ 50°C เนื้อสัมผัสของอินทผาลัมที่ได้มีค่าเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางกายภาพของอินทผาลัมอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (% Wet basis)	วอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity, a_w)	เนื้อสัมผัส (N)
อินทผาลัมอบแห้ง	50	0.57±0.17 ^a	0.46±0.01 ^a	14.51±5.34 ^c
	60	0.28±0.04 ^b	0.44±0.00 ^b	36.25±17.36 ^b
	70	0.22±0.02 ^b	0.34±0.00 ^c	83.50±32.41 ^a

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวดิ่งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ออินทผลัมอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ ดังตารางที่ 4 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนในการยอมรับสูงสุด ทางด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สูงสุดที่อุณหภูมิ 50°C ซึ่งให้ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอุณหภูมิที่ 60 และ 70°C ดังนั้นจะเห็นได้ว่าที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอินทผลัมอบแห้งเพื่อไปใช้ในส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กราโนล่ามากที่สุด คือ อุณหภูมิในการอบอินทผลัมที่อุณหภูมิ 50°C เนื่องจากอินทผลัมอบแห้งมีสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด สอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 3) ที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C ทำให้อินทผลัมมีค่าเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด เช่นเดียวกับค่าสีที่มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมากที่สุด (ตารางที่ 2) จึงนำไปเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลัมในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4 คะแนนทดสอบการยอมรับของอินทผลัมอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C

อุณหภูมิการอบ (°C)	คะแนนทดสอบการยอมรับ				
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
50	6.43±0.90 ^a	6.13±0.86	6.37±0.71 ^a	6.67±0.66 ^a	7.07±0.74 ^a
60	5.63±1.12 ^b	5.77±0.90	5.97±0.85 ^{ab}	6.00±0.70 ^b	6.47±0.57 ^b
70	5.77±1.04 ^b	5.60±0.85	5.83±0.80 ^b	5.93±0.58 ^b	6.53±0.62 ^b

หมายเหตุ: อักษร a-b ในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (mean ±SD, n=30)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการทดลองการเติมน้ำเชื่อมกราโนล่าอินทผลัมที่ระดับ 50, 100 และ 150 กรัม จากการทดลอง พบว่า ค่าสีกราโนล่าอินทผลัมในที่มีการเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมที่แตกต่างกัน พบว่า การเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมทำให้ค่าสี L* และ b* ของกราโนล่าอินทผลัมมีแนวโน้มลดลงแต่ค่าสี a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งกราโนล่าที่เติมน้ำเชื่อมปริมาณ 150 กรัม จะให้ค่า L* ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกราโนล่าที่เป็นสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 54.58 และ 60.17 ตามลำดับ การลดลงของค่าสี L* ในกราโนล่าอินทผลัมเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมใช้สารยึดเกาะที่เป็นน้ำผึ้งโดยธรรมชาติของน้ำผึ้งจะมีความใสและสีเหลืองอ่อน แต่น้ำเชื่อมอินทผลัมจะมีสีคล้ำและแดงกว่าน้ำผึ้ง เนื่องจากมีการสกัดด้วยความร้อนสูงจึงทำให้สีคล้ำและแดง (Nasabi et al., 2017) ส่วนค่าสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำเชื่อมจะมีสีแดงโดยธรรมชาติอยู่แล้วและเมื่อเติมลงไปในส่วนผสมมากจึงส่งผลให้กราโนล่ามีสีแดงที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ค่าสีของกราโนล่าอินทผลัม

ปริมาณน้ำเชื่อม (กรัม)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ควบคุม	60.17 ±0.01 ^b	4.17±0.00 ^d	20.18±0.01 ^a
50	62.71±0.00 ^a	4.43±0.00 ^c	18.93±0.00 ^b
100	60.26±0.01 ^b	4.64±0.00 ^b	18.60±0.01 ^b
150	54.58±0.01 ^c	5.33±0.01 ^a	16.10±0.01 ^c

หมายเหตุ: อักษร a-d ในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า การเติมน้ำเชื่อมอินทผลัมในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำเชื่อมอินทผลัมที่เติมเข้าไปซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในน้ำเชื่อมอินทผลัมมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 47.86 และค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.88 นอกจากนี้ยังพบว่า

กราโนล่าอินทผลาล์มที่มีการเติมน้ำเชื่อมที่ 150 กรัม จะมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) สูงสุดคือมีค่าเท่ากับ 2.53 และ 0.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์ อธิบายได้จากเกิดจากการที่ความชื้นในสารยึดเกาะที่มีความแตกต่างกันโดยน้ำผึ้งจะมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 12-23 (Castro-Munoz et al., 2022) ส่วนน้ำเชื่อมอินทผลาล์มมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 47.86 และเมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลทำให้ความชื้นของกราโนล่าเพิ่มสูงขึ้น การทดสอบวัดค่าเนื้อสัมผัสเพื่อหาค่าความกรอบและค่าความแข็ง พบว่า กราโนล่าเสริมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มมีความแข็งและความกรอบลดลงเนื่องจากเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้กราโนล่าอินทผลาล์มมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ดังตารางที่ 6) พบว่าผลของการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มปริมาณ 50 กรัม ส่งผลให้กราโนล่าอินทผลาล์มมีความกรอบมากที่สุด โดยมีค่าความกรอบสูงสุดเท่ากับ 9.80 นิวตัน การลดลงของความกรอบในกราโนล่าเกิดจากสาเหตุส่วนผสมของแห้งในการผลิตกราโนล่าดูดความชื้นจากน้ำเชื่อมอินทผลาล์มซึ่งมีความชื้นสูงและค่าความแข็งก็ลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากขึ้นแต่ความกรอบลดลงและทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำผึ้ง

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางกายภาพของกราโนล่าอินทผลาล์ม

น้ำเชื่อม (กรัม)	ความชื้น (%)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	เนื้อสัมผัส (N)	
			ความกรอบ	ความแข็ง
ควบคุม	0.95±0.13 ^d	0.45±0.02 ^a	8.60±0.90 ^c	451.60±56.43 ^a
50	1.50±0.23 ^c	0.34±0.00 ^b	9.80±5.40 ^a	280.90±46.56 ^d
100	2.02±0.16 ^b	0.43±0.01 ^a	8.72±3.03 ^b	322.33±77.31 ^c
150	2.53±0.16 ^a	0.46±0.01 ^a	6.60±3.36 ^d	347.83±149.40 ^b

หมายเหตุ: อักษร a-d ในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กราโนล่าที่มีการเติมน้ำเชื่อม อินทผลาล์ม พบว่า ผลในการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ กราโนล่าอินทผลาล์มสูงขึ้น โดยพบว่าการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มที่ปริมาณ 150 กรัม มีปริมาณโปรตีนสูงสุด เท่ากับร้อยละ 10.16 ซึ่งมีปริมาณแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกราโนล่าสูตรควบคุมและสูตรการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มที่ 50 และ 100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 7 นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มมีผลทำให้ปริมาณเยื่อใยในผลิตภัณฑ์มีปริมาณที่สูงขึ้น (Ghnimi et al., 2017) ซึ่งปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรกราโนล่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมน้ำเชื่อมอินทผลาล์มที่ 50 และ 100 กรัม และยังส่งผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ลดลงโดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 79.78 ผลของการใช้น้ำเชื่อมอินทผลาล์มแทนการใช้น้ำผึ้งส่งผลให้กราโนล่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ผลของผลสุกอินทผลาล์มมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โยอาหาร 8.7% และโปรตีน 13.8% (Ghnimi et al., 2017) ยิ่งไปกว่านั้นรายงานของ Ibrahim et al. (2020) รายงานว่าน้ำเชื่อมที่สกัดได้จากอินทผลาล์มจะอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะแหล่งของวิตามิน เช่น วิตามิน B1 thiamine, วิตามิน B2 riboflavin, nicotinic acid, วิตามิน A และ วิตามิน C ซึ่งไม่พบในน้ำผึ้งจึงแสดงให้เห็นได้ว่าการใช้น้ำเชื่อมอินทผลาล์มแทนการใช้น้ำผึ้งจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กราโนล่า

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณน้ำเชื่อมที่ใสในผลิตภัณฑ์กราโนล่า (กรัม)			
	ควบคุม	50	100	150
โปรตีน	5.86±1.42 ^b	7.90±0.33 ^b	7.43±0.42 ^b	10.16±0.43 ^a
ไขมัน ^{ns}	2.75±1.21	1.76±0.37	2.27±0.15	2.72±1.07
เถ้า ^{ns}	1.90±0.10	1.85±0.22	1.91±0.38	2.06±0.02
เยื่อใย	10.81±1.53 ^b	10.08±0.80 ^b	13.52±0.26 ^a	15.07±0.24 ^a
ความชื้น	3.20±0.62 ^c	2.66±0.13 ^c	4.30±0.23 ^b	5.93±0.28 ^a
คาร์โบไฮเดรต	86.30±1.11 ^a	86.20±0.90 ^a	83.60±0.81 ^b	79.78±0.07 ^c
พลังงานทั้งหมด (kcal/100g)	393.34±11.50 ^b	390.34±4.44 ^{ab}	399.97± 8.93 ^{ab}	406.26±3.02 ^a

หมายเหตุ: อักษร a-c ในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อกราโนล่าเสริมอินทผาลัม ทั้ง 4 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม ใช้น้ำผึ้งในปริมาณ 100 กรัม และกราโนล่าเสริมน้ำเชื่อมอินทผาลัมในปริมาณ 50, 100 และ 150 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 7 โดยคะแนนในการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทางด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัส การเติมปริมาณน้ำเชื่อมอินทผาลัมในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้สีของกราโนล่ามีสีที่คล้ำและมีสีเข้มขึ้นและทำให้รสชาติมีความหวานมากขึ้นทำให้ผู้บริโภคไม่เป็นที่ยอมรับ นอกจากนั้นตัวผลิตภัณฑ์กราโนล่ามีความเหนียวไม่กรอบ ด้านกลิ่นมีคะแนนความชอบที่เพิ่มมากขึ้นเพราะการเติมน้ำเชื่อมอินทผาลัมลงไปปริมาณที่มากขึ้นทำให้กราโนล่ามีกลิ่นหอมจากอินทผาลัมมากขึ้น ส่วนคะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผาลัม พบว่า กราโนล่าอินทผาลัมที่มีการเติมน้ำเชื่อมที่ปริมาณ 100 กรัม ได้คะแนนการยอมรับรวมสูงสุด เท่ากับ 7.00 คะแนน พบว่า การยอมรับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับการเติมน้ำเชื่อมอินทผาลัมที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 8 คะแนนทดสอบการยอมรับของกราโนล่าอินทผาลัมมีการเติมน้ำเชื่อมอินทผาลัม

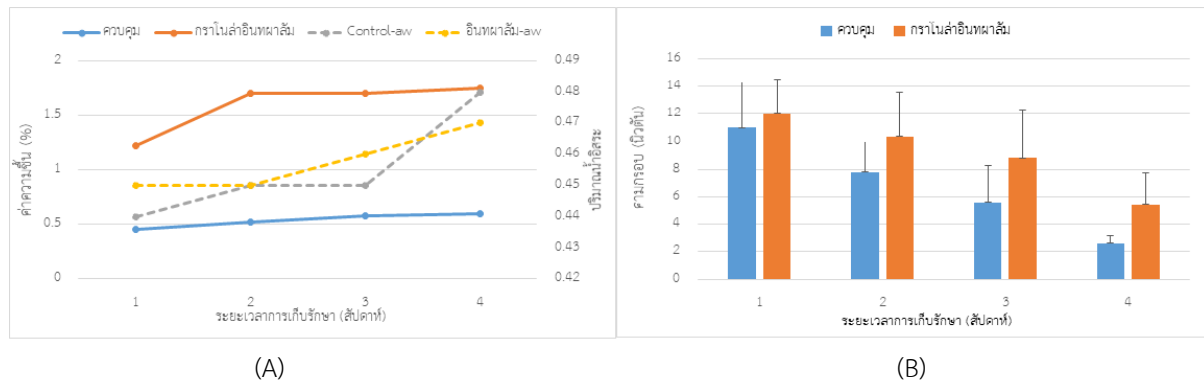
ปริมาณน้ำเชื่อม(กรัม)	คะแนนทดสอบการยอมรับ				
	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบโดยรวม
สูตรควบคุม	6.30±1.08	6.67±1.21	6.33±0.80	6.50±0.97	6.77±0.93 ^{ab}
50	6.60±1.10	6.37±1.15	6.67±0.97	6.67±1.10	6.93±1.14 ^a
100	6.47±0.93	6.53±0.93	6.77±1.04	6.65±0.92	7.00±1.20 ^a
150	6.43±1.16	6.57±1.00	6.63±1.27	6.10±1.15	6.33±1.15 ^{ab}

หมายเหตุ: อักษร a-b ในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Mean±SD, n=30)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

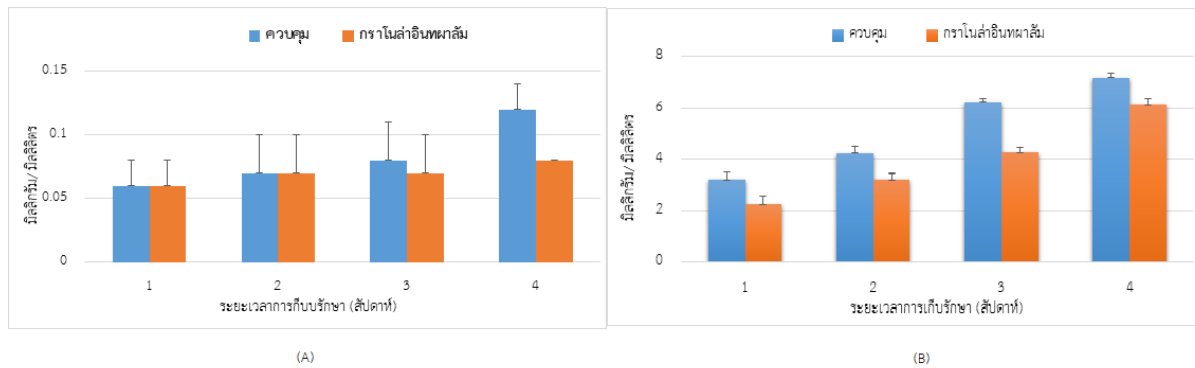
ผลการศึกษาอายุเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผาลัม ค่าความชื้น, ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผาลัมในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม และกราโนล่าอินทผาลัม พบว่า เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กราโนล่าเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผาลัมมีค่าความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยพบว่า เวลาเก็บ 4 สัปดาห์

ความชื้นในผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลาลัมมีค่าสูงกว่ากราโนล่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าความชื้นเท่ากับ 1.75 เปอร์เซ็นต์ แต่พบความชื้นในตัวอย่างกราโนล่าสูตรควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 2(A) จึงส่งผลให้ค่าความกรอบลดลงเมื่อเก็บในระยะเวลาสั้นขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลาลัมมีค่าความกรอบมากกว่าสูตรควบคุมเมื่อระยะเวลาการเก็บนานถึง 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 5.40 แต่เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม มีค่าความกรอบลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานถึง 4 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 2.60 ดังแสดงในภาพที่ 2(B)



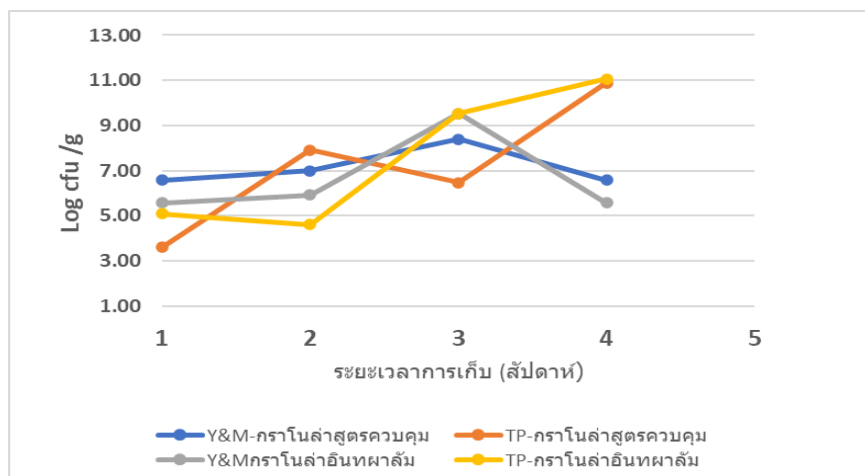
รูปที่ 2 ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (A), ค่าความกรอบ (B) ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลาลัมในระหว่างเก็บรักษา

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม และกราโนล่าอินทผลาลัม พบว่าเมื่อเก็บรักษาสัปดาห์ละ 4 สัปดาห์ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่า Peroxide ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตร พบว่ากราโนล่าสูตรควบคุม มีค่า Peroxide มากกว่าสูตรกราโนล่าอินทผลาลัม แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตรไว้ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นมีผลทำให้ค่า Peroxide มีค่าเพิ่มขึ้น โดยพบว่ากราโนล่าสูตรควบคุมมีปริมาณการเพิ่มขึ้นของค่า Peroxide ที่มากกว่ากราโนล่าอินทผลาลัม โดยมีปริมาณ Peroxide ที่พบในกราโนล่าสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 7.18 มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 3(A) ส่วนการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid value, A.V.) ของผลิตภัณฑ์กราโนล่าอินทผลาลัมในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม และกราโนล่าอินทผลาลัม พบว่า เมื่อเก็บรักษาสัปดาห์ละ 4 สัปดาห์ เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด Acid value ในผลิตภัณฑ์กราโนล่าทั้ง 2 สูตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 4 กราโนล่าสูตรควบคุมมีค่า Acid value เพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรกราโนล่าอินทผลาลัม ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากราโนล่าอินทผลาลัม มีการเปลี่ยนแปลงของค่า Acid value ที่ต่ำกว่ากราโนล่าสูตรควบคุม จึงมีผลน่าจะเป็นไปได้ว่ากราโนล่าอินทผลาลัมจะเก็บได้นานมากกว่าสูตรควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 3(B) เนื่องจากค่า Peroxide เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดสาร Peroxide ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืน ถ้ามีสูงมากแสดงว่าอาหารมีแนวโน้มมีกลิ่นหืนสูง และค่า Acid value เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับการเกิดกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีค่ามากแสดงว่าในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่กรดไขมันอิสระจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นหืนได้มากกว่า ซึ่งจากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของค่า Peroxide และค่า Acid value ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายิ่งเก็บไว้นานกราโนล่ายังมีแนวโน้มเกิดกลิ่นหืนมากขึ้น แต่ในระยะ 4 สัปดาห์ ค่า Peroxide มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเปอร์ออกไซด์ต่อกรัม) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2565)



รูปที่ 3 ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (Peroxide, PV) (A) และ ค่าความเป็นกรด (Acid value, AV) (B) ของผลิตภัณฑ์กรานโนล่าอินทผลัมในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์กรานโนล่าอินทผลัมในระหว่างการเก็บรักษาจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาในผลิตภัณฑ์กรานโนล่าทั้ง 2 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม และกรานโนล่าอินทผลัม เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กรานโนล่าเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าที่ระยะเวลาเก็บรักษากรานโนล่าในสัปดาห์ที่ 1 กรานโนล่าสูตรควบคุมมีปริมาณยีสต์และราสูงกว่ากรานโนล่าอินทผลัม โดยนับจำนวนได้เท่ากับ 6.58 log CFU/g และมีปริมาณจุลินทรีย์ที่พบได้น้อยกว่ากรานโนล่าอินทผลัม นับจำนวนได้เท่ากับ 5.58 log CFU/g แต่เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กรานโนล่า ปริมาณยีสต์และราและจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก ๆ สัปดาห์ทุกสูตร โดยพบว่าปริมาณยีสต์และราที่มีจำนวนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาโดยมีปริมาณที่นับได้สูงสุดในกรานโนล่าสูตรควบคุมและกรานโนล่าอินทผลัมมีจำนวนเท่ากับ 8.40 และ 9.52 log CFU/g และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่นับได้มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับยีสต์รา เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นซึ่งปริมาณสูงสุดที่นับได้เท่ากับ 10.88 และ 11.06 log CFU/g เมื่อระยะเวลา 4 สัปดาห์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ อันเนื่องมาจากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์กรานโนล่าที่สูง สาเหตุเกิดจากความชื้นในน้ำเชื่อมอินทผลัมเริ่มต้นที่สูงส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และมีค่าเกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนด (จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^6 ต่อตัวอย่างอาหาร 1 กรัม) ดังนั้นถ้าจะควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในกรานโนล่าจะต้องมีการลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่านี้เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราของผลิตภัณฑ์กรานโนล่าอินทผลัมระหว่างเก็บรักษา

บทสรุป

จากการศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์กรานอลาอินทผาลัมที่มีการใช้ทั้งน้ำเชื่อมอินทผาลัมและผลอินทผาลัมอบแห้งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำเชื่อมทำให้ผลิตภัณฑ์กรานอลามีปริมาณโปรตีนและใยอาหารเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรานอลาที่ใช้แป้งเป็นสารยึดเกาะ จึงเป็นทางเลือกในการพัฒนากรานอลารูปแบบใหม่ที่เหมาะสมกับผู้บริโภคที่มองหาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากธรรมชาติและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2565). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ และธัญชาติอัดแท่ง. ค้นเมื่อ 9 เมษายน 2565.
<https://zhort.link/KwD>
- Alhaider I.A., Mohamed M.E., Ahmed K.K.M. and Kumar A.H.S. (2017). Date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits as a potential cardioprotective agent: The role of circulating progenitor cells. *Frontiers in Pharmacology*. 8: 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00592>
- Al-Yahya R. and Manickavasagan A. (2012). An overview of date palm production. In A. Manickavasagan, M. Mohamed Essa, and E. Sukumar (Eds.), *Dates production, processing, food, and medicinal values* (pp. 3–12). USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway. NW.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. Arlington, USA: Association of Official Analytical Chemistry.
- Benjakul S., Visessanguan W., Phongkanpa I.V. and Tanaka M. (2005). Antioxidative activity of caramelization products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince. *Food Chemistry*. 90: 231–239.
- Castro-Munoz R., Correa-Delgado M., Cordova-Almeida R., Lara-Nava D., Chavez-Munoz M., Velasquez-Chavez V.F., Hernandez-Torres C.E., Gontarek-Castro E. and Ahmad M.Z. (2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*. 370: 1-18.
- Demirhan B.E., Demirhan B., Sönmez C., Torul H., Tamer U. and Yentür G. (2015). Short communication: Determination of potential 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde and 2 furaldehyde compounds in follow-on milks and infant formulas using the high-performance liquid chromatography method. *Journal of Dairy Science*. 98: 818–822.
- Ghnimi S., Umer S., Karim A. and Kamal-Eldin A. (2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *Nutrition and Food Science Journal*. 6: 1–10.
- Hasan F., Nazir A., Sobti B., Tariq H., Karim R., Al-Marzouqi A.H., Kamal-Eldin A. (2020). Dehydration of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) for the production of natural sweet powder. *NFS Journal*. 27: 13–20.
- Hussaina M.I., Farooq M. and Syede Q.A. (2020). Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) - A review. *Food Bioscience*. 34: 1-12.

- Ibrahim S.A., Ayad A.A., Williams L.L., Ayivi R.D., Gyawali R., Krastanov A. and Aljaloud S.O. (2021). Date fruit: A review of the chemical and nutritional compounds, functional effects and food application in nutrition bars for athletes. *International Journal of Food Science and Technology*. 56(4): 1503–1513.
- Makhlouf I.G., Baklouti S., Mokni A., Danthine S., Attia H., Blecker C. and Masmoudi M. (2016). Effect of ultrafiltration process on physico-chemical, rheological, microstructure and thermal properties of syrups from male and female date palm saps. *Food Chemistry*. 203: 175–182.
- McSweeney P.L.H. and Day L. (2016). Food products and ingredients. In: *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03345-x>
- Nasabi M., Labbafi M. and Khanmohammadi M. (2017). Optimizing nano TiO₂ assisted decoloration process for industrial date syrup utilizing response surface methodology. *Journal of Food Process Engineering*. 40(5): 1–9.