บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

ตอนที่ 1 คุณภาพวัตถุดิบของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของ ข้าวพอง ถั่วทอง เมล็ดทานตะวัน งาดำ และลำไยอบแห้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 คุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ลักษณะคุณภาพ	ประเภทของวัตถุดิบ				
	ข้าวพอง	ถั่วทอง	เมล็ดทานตะวัน	งาดำ	ลำไยอบแห้ง
ทางเคมี					
ค่ากิจกรรมของน้ำ	0.19±0.01	0.34±0.00	0.29±0.00	0.36±0.00	0.53± 0.01
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.76±0.00	4.39±0.00	0.26±0.00	1.07±0.06	12.29±0.20
ปริมาณเส้นใย (g/100g)	0.29±0.06	4.22±0.15	3.16±0.35	11.23±0.63	1.58±0.08
น้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g)	-	-	-	-	59.44±0.22
น้ำตาลซูโครส (g/100g)	-	-	-	-	29.76±0.88
ทางจุลชีววิทยา					
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	3.65×10^3
ยีสต์และรา (CFU/)	< 10	< 10	< 10	< 10	1.25×10^3

หมายเหตุ

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.1 แสดงคุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยาของวัตถุดิบ โดยค่ากิจกรรมของน้ำของข้าวพอง งาดำ เมล็ดทานตะวัน ถั่วทอง มีค่า 0.19, 0.36, 0.29, 0.34 และ 0.53 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าค่ากิจกรรมของน้ำจะต้องไม่เกิน 0.8 และลำไยอบแห้งมีค่ากิจกรรมของน้ำ 0.53 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนื้อลำไยอบแห้ง (มผช.1385/2550) ซึ่งได้กำหนดค่ากิจกรรมของน้ำวอต้องไม่เกิน 0.75 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรภา (2548) ได้ศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าค่ากิจกรรมของน้ำของลำไยอบแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.62

ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร ยังชี้บ่งถึงการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเมื่ออาหารมีค่ากิจกรรมของน้ำ(a_w) 0.6 หรือต่ำกว่า เชื้อราจะหยุดการเจริญเมื่อค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) มีค่า 0.7 หรือต่ำกว่า และยีสต์จะเจริญได้ดีเมื่อมีค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) อยู่ในช่วง 0.7–0.8 (นิธิยา, 2545)

ปริมาณความชื้นของข้าวพอง งาดำ เมล็ดทานตะวัน ถั่วทอง มีค่าร้อยละ 0.76, 1.07, 4.39, 0.26 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช. 902/2548) กำหนดไว้ว่าปริมาณความชื้นจะต้องไม่เกินร้อยละ 10 และลำไยอบแห้งมีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 12.29 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนื้อลำไยอบแห้ง (มผช. 1385/2550) ได้กำหนดปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 18 และผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรภา (2548)ได้ศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าปริมาณความชื้นของลำไยอบแห้งจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 7.78-13.04 ปริมาณความชื้นเป็นปริมาณสารที่ระเหยได้ทั้งหมดในอาหาร ซึ่งมักจะหมายถึงน้ำเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณความชื้นในอาหารจะมีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยที่ปริมาณน้ำในอาหารมีผลต่อการเติบโตของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาเคมีต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณเส้นใยอาหารของข้าวพอง ถั่วทอง เมล็ดทานตะวัน งาดำ และลำไยอบแห้ง มีค่า 0.29, 11.23, 3.16, 4.22 และ1.58 กรัม/100กรัม ตามลำดับ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของลำไยอบแห้งมีค่า 59.44 กรัม/100กรัม และน้ำตาลซูโครสของลำไยอบแห้งมีค่า 29.76 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรภา (2548)ได้ศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และซูโครสของลำไยอบแห้งอยู่ในช่วง 80.72 -57.87 และ 56.35 - 29.76 กรัมต่อ 100 กรัม

วัตถุดิบในการผลิตธัญพืชชนิดแท่ง คือ ข้าวพอง งาดำ เมล็ดทานตะวัน ถั่วทอง มีคุณภาพทางจุลชีววิทยา อยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด คือพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด < 10 โคโลนีต่อกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และพบปริมาณยีสต์และรา < 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าธัญพืชที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ปนเปื้อนอยู่ในธัญพืชจะต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม และปริมาณยีสต์และราจะต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อกรัม ลำไยอบแห้งมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดเช่นกันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเนื้อลำไยอบแห้ง (มผช.1385/2550) กำหนดไว้ว่าเนื้อลำไยอบแห้งตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในลำไยอบแห้ง 3.65×10^3 โคโลนีต่อกรัม และยีสต์และรา 1.25×10^3 โคโลนีต่อกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 2 อัตราส่วนของส่วนผสมของธัญพืชชนิดแท่ง

2.1 ปริมาณของข้าวพอง น้ำตาลทราย และมอลโทเดกซ์ทริน ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

แปรรูปผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ได้ 11 สิ่งทดลอง โดยกำหนดตัวแปร 3 ตัว คือ ข้าวพอง ร้อยละ 20-30 น้ำตาลทราย ร้อยละ 45-55 มอลโทรเด็กซ์ทริน ร้อยละ 20-30 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเวลา 90นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านกายภาพโดยการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ผลการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

สูตร (ข้าวพอง : น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน) (ร้อยละ)	**ความแข็ง (นิวตัน)**
สูตร 1 (27.5 : 52.5 : 20)	258.40 ± 54.88 ^{a}
สูตร 2 (30 : 47.5 : 22.5)	109.80 ± 66.47 ^{c}
สูตร 3 (20 : 55 : 25)	223.47± 81.81 ^{ab}
สูตร 4 (30 : 45 : 25)	79.94 ± 21.33 ^{c}
สูตร 5 (25 : 45 : 30)	131.68 ± 49.63 ^{bc}
สูตร 6 (22.5 : 52.5 : 25)	146.59 ± 81.81 ^{bc}
สูตร 7 (20 : 50 : 30)	152.37 ± 44.89 ^{bc}
สูตร 8 (30 : 50 : 20)	92.64 ± 49.63 ^{c}
สูตร 9 (27.5 : 50 : 22.5)	134.99 ± 82.64 ^{bc}
สูตร 10 (25 : 50 : 25)	148.08 ± 64.70 ^{bc}
สูตร 11 (25 : 55 : 20)	176.17 ± 67.68 ^{bc}

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.2 แสดงผลการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง โดยผลการทดลองที่ได้คือสูตรที่ 1- 11 มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 79.94-258.40 นิวตัน พบว่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่มีความแข็งต่ำ คือ 2, 4, 8 เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายในระดับร้อยละ 45-50 มอลโทรเด็กซ์ทรินอยู่ในระดับร้อยละ 20-25 และข้าวพองอยู่ในระดับร้อยละ 20-30

จากการทดลองพบว่าปริมาณข้าวพองไม่มีผลต่อค่าความแข็ง สามารถใช้เป็นส่วนผสมทุกระดับได้ คือร้อยละ 20-30 มอลโทรเด็กซ์ทรินสามารถใช้ได้ในระดับร้อยละ 20-25 ถ้าหากใช้ปริมาณสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น สำหรับน้ำตาลทรายควรใช้ในระดับต่ำ เพราะจากผลการทดลองทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำตาลนั้นมีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อปริมาณน้ำตาลมากก็จะทำให้ความแข็งสูงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิมลศิริ (2539)ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง พบว่าการใช้ปริมาณน้ำตาลและมอลโทสไซรัปปริมาณมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารน้ำเชื่อมที่มีปริมาณน้ำตาลปริมาณมาก จะทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวส่วนผสมที่ใช้เป็นของแข็งได้ดีขึ้น และรัชดา (2542) ได้พัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืชและศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าน้ำผึ้งมีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์เช่นกัน เนื่องจากน้ำผึ้งนั้นมีปริมาณน้ำตาลสูง และจากผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่เหมาะสมต่อการบริโภค จึงต้องวิจัยในขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ผลด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

สูตร (ข้าวพอง : น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน) (ร้อยละ)	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
สูตร 1 (27.5 : 52.5 : 20)	4.56 ±2.19 ^{abc}	5.08 ±1.37 ^{ns}	3.94 ±1.37 ^{c}	4.02 ^{b} ±2.06 ^{b}	5.03 ±1.13 ^{abc}
สูตร 2 (30 : 47.5 : 22.5)	3.95 ±2.23 ^{c}	4.89 ±1.21 ^{ns}	4.96 ±1.21 ^{ab}	3.76 ^{b} ±2.16 ^{b}	5.05 ±1.31 ^{ab}
สูตร 3 (20 : 55 : 25)	4.01 ±2.24 ^{c}	4.78 ±1.48 ^{ns}	4.58 ±1.48 ^{b}	3.83 ±2.05 ^{b}	4.92 ±1.33 ^{abcd}
สูตร 4 (30 : 45 : 25)	4.48 ±2.33 ^{a}	4.77 ±1.48 ^{ns}	5.20 ±1.48 ^{ab}	5.00 ±1.80 ^{a}	5.24 ±1.33 ^{a}
สูตร 5 (25 : 45 : 30)	4.23 ±2.27 ^{abc}	4.66 ±1.29 ^{ns}	4.99 ±1.29 ^{ab}	3.85 ±2.49 ^{b}	4.94 ±1.23 ^{abcd}
สูตร 6 (22.5 : 52.5 : 25)	4.68±2.18 ^{ab}	4.80 ±1.46 ^{ns}	4.64 ±1.46 ^{b}	4.82 ±2.12 ^{a}	4.96 ±1.31 ^{abcd}
สูตร 7 (20 : 50 : 30)	4.37 ±2.20 ^{abc}	4.93 ±1.31 ^{ns}	4.75 ±1.31 ^{ab}	3.66 ±2.39 ^{b}	4.66 ±1.46 ^{d}
สูตร 8 (30 : 50 : 20)	4.64 ±2.15 ^{abc}	4.84 ±2.08 ^{ns}	4.50 ±2.08 ^{b}	3.86 ±2.45 ^{b}	4.88 ±1.51 ^{bcd}
สูตร 9 (27.5 : 50 : 22.5)	4.52 ±2.16 ^{abc}	4.84 ±1.39 ^{ns}	4.82 ±1.39 ^{ab}	3.89 ±2.26 ^{b}	4.74 ±1.26 ^{cd}
สูตร 10 (25 : 50 : 25)	4.28 ±2.29 ^{abc}	4.87 ±1.29 ^{ns}	4.81 ±1.29 ^{ab}	3.75 ±2.08 ^{b}	4.76 ±120 ^{bcd}
สูตร 11 (25 : 55 : 20)	4.04 ±2.27 ^{bc}	4.98 ±1.56 ^{ns}	4.54 ±1.56 ^{b}	3.80 ±2.21 ^{b}	4.96 ±1.41 ^{abcd}

หมายเหตุ - ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 แสดงผลด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งพบว่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี ความหวาน ความแข็ง และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่คุณลักษณะด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (3.95-4.68) โดยสูตรที่ 1และ 3-10 ได้คะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน และคุณลักษณะด้านความหวานเฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย (3.94-5.20) โดยสูตรที่ 2, 4, 5, 7, 9, 10 ได้คะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย (3.66-5.00) โดยสูตรที่ 4, 6 ได้คะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่ชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย (4.66-5.24) โดยสูตรที่ 1-6 และ 11 ได้คะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน และคุณลักษณะด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยคุณลักษณะด้านกลิ่นอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (4.66-5.08)

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่า ถ้าใช้ปริมาณข้าวพองลดลง จะทำให้คะแนนความชอบลดลง ซึ่งเห็นได้จากสูตรที่ 4 มีปริมาณข้าวพอง 300 กรัมมีคะแนนความชอบโดยรวม 5.24 และสูตรที่ 7 มีปริมาณข้าวพอง 200 กรัมมีคะแนนความชอบโดยรวม 4.66 และถ้ามีปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น จะทำให้คะแนนความชอบลดลง ซึ่งเห็นได้จากสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำตาล 475 กรัมมีคะแนนความชอบโดยรวม 5.05 และสูตรที่ 11 มีคะแนนความชอบโดยรวม 4.96 ขณะเดียวกันถ้าใช้ปริมาณมอลโทรเด็กซ์ทรินลดลง จะทำให้มีคะแนนความชอบเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้จากสูตรที่ 4 มีปริมาณมอลโทรเด็กซ์ทริน 250 กรัมมีคะแนนความชอบโดยรวม 5.24 และสูตรที่ 7 มีปริมาณมอลโทรเด็กซ์ทริน 300 กรัมมีคะแนนความชอบโดยรวม 4.66 จึงได้คัดเลือกสูตรที่ 4 ซึ่งได้คะแนนการยอมรับในแต่ละด้านมากที่สุด มีส่วนประกอบดังนี้ ข้าวพอง 300 กรัม น้ำตาลทราย 450 กรัม มอลโตเด็กตริน 250 กรัม งาดำ 200 กรัม เมล็ดทานตะวัน 200 กรัม ลำไยอบแห้ง 200 กรัม ถั่วทอง 200 กรัม มีค่าความแข็ง 223.47 นิวตัน ปริมาณความชื้น (ฐานเปียก) 6.73 ค่ากิจกรรมของน้ำ 0.49 ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ 12.24 กรัม/100 กรัม และปริมาณน้ำตาลซูโครส 8.80 กรัม/100 กรัม จึงนำสูตรที่ 4 ไปศึกษาในแผนการทดลองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 อัตราส่วนของน้ำตาลทราย และมอลโทเดกซ์ทริน และระยะเวลาที่ใช้ในการอบที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (3x2 Factorial Experiment in Completely Randomized Design) มี 2 ปัจจัยมีดังนี้ 1. อัตราส่วนของน้ำตาลทราย และมอลโทรเด็กซ์ทริน 3 ระดับ คือ 115 : 250 กรัม, 230 : 125 กรัม และ230 : 250 กรัม และปัจจัยที่ 2. เวลาที่ใช้ในการอบ 2 ระดับ คือ 90 และ 120 นาที อบในเครื่องอบลมร้อนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านกายภาพโดยการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

เวลาที่ใช้ในการอบ (นาที)	**อัตราส่วนของ น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน (กรัม)**	**ความแข็ง (นิวตัน)**
90 นาที	115 : 250	49.82 ± 14.06
	230 : 125	54.00± 13.22
	230 : 250	59.57± 14.43
120 นาที	115 : 250	40.42± 8.28
	230 : 125	38.15± 8.62
	230 : 250	51.54 ± 12.68

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งได้ผลดังแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความแข็ง

Source	df	Sum of squares	Mean square	F
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย	2	1088.745	544.372	4.044*
เวลา	1	1838.795	1838.795	13.660*
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย * เวลา	2	139.965	69.983	.520
error	48	6461.430	134.613	

หมายเหตุ

- * หมายถึงความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตาราง 4.4 แสดงผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าค่าความแข็งอยู่ในช่วง 33.15- 54.54 นิวตัน และจากตาราง 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความแข็งพบว่าอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินและเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน และเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการทดสอบทางด้านกายภาพโดยการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งได้ผลดังแสดงในตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

อัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน (กรัม)	ความแข็ง (นิวตัน)
115 : 250	45.98 ± 11.39^{b}
230 : 125	46.08 ± 13.26^{b}
230 : 250	55.55 ± 13.80^{a}

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.6 แสดงผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่า อัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินมีอิทธิพลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยถ้ามีปริมาณของน้ำตาลทรายและมอลโทรเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากอัตราส่วนของ น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 250 กรัม มีค่าความแข็ง 55.55 นิวตัน และอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 115 : 250 กรัม มีค่าความแข็ง 45.98 นิวตัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิมล ศิริ (2539)ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง พบว่าการใช้ปริมาณน้ำตาลและมอลโทสไซรัปปริมาณมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มมากขึ้นด้วยเนื่องจากสารน้ำเชื่อมที่มีปริมาณน้ำตาลปริมาณมาก ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวส่วนผสมที่ใช้เป็นของแข็งได้ดีขึ้น และรัชดา (2542)ได้พัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืชและศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่าน้ำผึ้งมีผลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งน้ำผึ้งนั้นมีปริมาณน้ำตาลสูง

ผลการทดสอบทางด้านกายภาพโดยการตรวจวัดความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

เวลา (นาที)	ความแข็ง (นิวตัน)
90	55.03 ± 13.38^{a}
120	43.36 ± 10.80^{b}

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.7 แสดงผลการตรวจสอบความแข็งของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาทีจะมีค่าความแข็ง 40.42 นิวตัน ซึ่งน้อยกว่า เวลาที่ใช้ในการอบ 90 นาทีจะมีค่าความแข็ง 55.03 นิวตัน ซึ่งการใช้เวลาอบนานขึ้นจะทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหารลดลง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.6

ตาราง 4.8 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

เวลาที่ใช้ในการอบ	อัตราส่วนของ น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน (กรัม)	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความแข็ง	ความชอบโดยรวม
90 นาที	115 : 250	$3.90^{b}\pm1.40$	$3.76^{c}\pm1.14$	$3.90^{de}\pm1.46$	$4.04^{d}\pm1.40$	$4.02^{e}\pm0.96$
	230 : 125	$4.08^{b}\pm1.16$	$3.86^{c}\pm1.25$	$4.32^{c}\pm1.36$	$4.56^{bc}\pm1.18$	$4.72^{c}\pm0.94$
	230 : 250	$4.02^{b}\pm1.16$	$3.94^{bc}\pm1.32$	$4.10^{cd}\pm1.40$	$4.42^{b}\pm1.56$	$4.36^{d}\pm0.91$
120 นาที	115 : 250	$3.90^{b}\pm1.36$	$3.90^{c}\pm1.02$	$3.76^{e}\pm1.32$	$4.74^{ab}\pm1.26$	$4.44^{d}\pm0.94$
	230 : 125	$4.96^{a}\pm1.59$	$4.86^{a}\pm1.20$	$4.84^{a}\pm1.15$	$4.92^{a}\pm1.45$	$5.70^{a}\pm0.83$
	230 : 250	$4.88^{a}\pm1.52$	$3.18^{b}\pm0.97$	$4.58^{ab}\pm1.23$	$4.36^{c}\pm1.31$	$5.10^{b}\pm1.13$

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.8 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในแต่ละสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่คุณลักษณะด้านสีมีคะแนนอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (3.90- 4.96) โดยอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 125, 230 : 250 กรัม และเวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาทีได้รับคะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านด้านกลิ่นมีคะแนนอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือว่าไม่ชอบ (3.18 - 4.86) โดยอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 125 กรัม และเวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาทีได้รับคะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านความหวานมีคะแนนอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ(3.76- 4.84) โดยอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 125, 230 : 250 กรัม และเวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาทีได้รับคะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านความแข็งมีคะแนนอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.04 - 4.92) โดยอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 115: 250, 230 : 125 กรัม และเวลาที่ใช้ในการอบ 90, 120 นาทีได้รับคะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมมีคะแนนอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (4.02 - 5.70) โดยอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 125 กรัม และเวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาทีได้รับคะแนนความชอบในช่วงเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งได้ผลดังแสดงในตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส

Source of variance	df	Mean square				
		กลิ่น	สี	ความแข็ง	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
เวลา	2	12.310*	24.690*	1.240	1.240*	23.626*
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย	1	53.290*	98.010*	3.240	3.240*	98.068*
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย * เวลา	2	22.630*	17.670*	32.760*	32.760*	62.431*
error	845	.826	.935	.965	.965	.530

หมายเหตุ

- * หมายถึง ข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส โดยระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์และอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น, สี, ความหวาน, ความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคุณลักษณะด้านความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์และอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินมีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น, สี, ความแข็ง, ความหวาน, ความชอบโดยรวม

ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าอัตราส่วนของน้ำตาลทราย 225 กรัม และน้ำตาลมอลโทรเด็กซ์ทริน 125 กรัม และใช้เวลาในการอบ 120 นาที ได้รับคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมากที่สุด

ผลการทดสอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

เวลาที่ใช้ในการอบ	**อัตราส่วนของ น้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน (กรัม)**	**ค่ากิจกรรมของน้ำ**	**ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)**
90 นาที	115 : 250	0.46 ± 0.04^{a}	7.74 ± 0.15^{a}
	230 : 125	0.44 ± 0.00^{d}	7.56 ± 0.18^{b}
	230 : 250	0.39 ± 0.00^{b}	7.09 ± 0.29^{c}
120 นาที	115 : 250	0.42 ± 0.00^{bc}	6.78 ± 0.05^{d}
	230 : 125	0.37 ± 0.02^{e}	6.22 ± 0.82^{e}
	230 : 250	0.39 ± 0.05^{cd}	6.66 ± 0.15^{e}

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

Source	df	Sum of squares	Mean square	F
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย	2	.0207	.0103	62.7753*
เวลา	1	.0189	.0189	114.6180*
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย * เวลา	2	.0111	.0055	33.5843*
error	48	.0079	.0002	

หมายเหตุ

- * หมายถึง ข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตาราง 4.10 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าค่ากิจกรรมของน้ำและปริมาณความชื้นของทุกสูตรอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด คือ มาตรฐานสมุนไพรและธัญพืช (มผช. 902/2548) กำหนดไว้ว่าค่ากิจกรรมของน้ำต้องไม่เกิน 0.8 และปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.37-0.46 และมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 6.22-7.74

จากตาราง 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์และอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินมีอิทธิพลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ 120 นาที จะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำลดลงมากกว่า 90 นาที และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินและระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ถ้าหากมีปริมาณน้ำตาลที่ลดลง และเวลาในการอบลดลงจะทำให้มีค่ากิจกรรมของน้ำมีแนวโน้มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

Source	df	Sum of squares	Mean square	F
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย	1	14.989	14.989	494.594*
เวลา	2	3.380	1.690	55.764*
มอลโทรเด็กซ์ทริน : น้ำตาลทราย * เวลา	2	.576	.288	9.507*
error	48	1.455	.030	

หมายเหตุ

- * หมายถึง ข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตาราง 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์และอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินมีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ 120 นาที จะทำให้ปริมาณความชื้นลดลงมากกว่าเวลา 90 นาที และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทรินและระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ถ้าหากมีปริมาณน้ำตาลลดลงและเวลาที่ใช้ในการอบลดลงจะทำให้มีปริมาณความชื้นมีแนวโน้มมากขึ้น ซึ่งการเติมน้ำตาลในของเหลวหรือสารละลายที่มีอยู่จะมีผลทำให้จุดเดือด และจุดเยือกแข็งของสารละลายนั้นเปลี่ยนไป ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิ และเวลาเพิ่มขึ้นในการอบแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ความชื้นเท่าเดิม (อบเชย และขนิษฐา, 2547)

จากผลการทดลองที่ได้ทำการคัดเลือกอัตราส่วนของน้ำตาลทราย : มอลโทรเด็กซ์ทริน 230 : 125 กรัม และเวลาในการอบ 120 นาที ซึ่งมีคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมากที่สุด โดยมีส่วนประกอบดังนี้ ข้าวพอง 300 กรัม น้ำตาลทราย 225 กรัม Maltodextrin 125 กรัม งาดำ 200 กรัม เมล็ดทานตะวัน 200 กรัม ลำไยอบแห้ง 200 กรัม และถั่วทอง 200 กรัม เวลาในการอบ 120 นาที มีค่ากิจกรรมของน้ำ 0.37 ปริมาณความชื้น 6.22 และความแข็ง 33.15 นิวตัน โดยนำไปศึกษาในแผนการทดลองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ศึกษาผลของปริมาณถั่วทอง เมล็ดทานตะวัน งาดำ และลำไยอบแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 2.2 แล้วเติมปริมาณถั่วทอง เมล็ดทานตะวัน งาดำ และ ลำไยอบแห้งที่แตกต่างกัน โดยจะทำทีละชนิดวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยแบ่งการทดลองมีดังนี้

2.3.1 ศึกษาผลของปริมาณถั่วทองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

คุณลักษณะ	ปริมาณถั่วทอง		
	50 กรัม	**100 กรัม**	**150 กรัม**
กลิ่น ns	4.19 ± 1.68	4.39 ± 1.83	4.06 ± 1.55
สี ns	4.68 ± 1.45	4.97 ± 1.45	4.52 ± 1.57
ความแข็ง ns	5.23 ± 1.38	5.81 ± 1.46	5.58 ± 1.04
ความชอบโดยรวม ns	5.19 ± 1.35	5.65 ± 1.52	5.29 ± 1.20

หมายเหตุ

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตาราง 4.13 แสดงผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.06-4.39) คะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.52-4.97) คะแนนความชอบด้านความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.23- 5.81) และคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.19- 5.65)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองนั้นพบว่าทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าระดับปริมาณของถั่วทองนั้นไม่มีผลต่อคุณลักษณะในด้านกลิ่น สี ความแข็ง ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณถั่วทอง 50 กรัม เนื่องจากปริมาณถั่วทองไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส จึงสามารถลดปริมาณและประหยัดต้นทุนในการผลิตลงอีกด้วย และเลือกใช้ในการศึกษาต่อไป

2.3.2 ศึกษาผลของปริมาณเมล็ดทานตะวัน ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

คุณลักษณะ	ปริมาณเมล็ดทานตะวัน		
	50 กรัม	**100 กรัม**	**150 กรัม**
กลิ่น^{ns}	4.29 ± 1.76	4.06 ± 1.77	4.19 ± 1.58
สี^{ns}	4.87 ± 1.45	4.74 ± 1.49	4.90 ±1.47
ความแข็ง^{ns}	5.77 ± 1.17	5.90 ± 1.45	5.39 ± 1.48
ความชอบโดยรวม^{ns}	5.54 ± 1.09	5.45 ± 1.54	5.61 ± 1.54

หมายเหตุ

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.14 แสดงผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.06-4.29) คะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.74-4.90) คะแนนความชอบด้านความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.39-5.90) และคะแนนความชอบด้านความความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.45-5.61)

จากผลการทดลองนั้นทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีคะแนนไม่แตกต่างกัน แสดงว่าระดับปริมาณของเมล็ดทานตะวันนั้นไม่มีผลต่อคุณลักษณะในด้านกลิ่น สี ความแข็ง ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณเมล็ดทานตะวัน 50กรัม เนื่องจากปริมาณเมล็ดทานตะวันไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และเลือกใช้ในการศึกษาต่อไป

2.3.3 ศึกษาผลของปริมาณงาดำ ต่อคุณของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

คุณลักษณะ	ปริมาณงาดำ		
	50 กรัม	**100 กรัม**	**150 กรัม**
กลิ่น ^{ns}	4.45 ± 1.54	4.10 ± 1.64	4.13 ± 1.43
สี ^{ns}	4.87 ± 1.48	5.13 ±1.54	5.03 ± 1.49
ความแข็ง ^{ns}	5.71 ± 1.32	5.77 ± 1.02	5.84 ± 1.23
ความชอบโดยรวม ^{ns}	5.61 ± 1.29	5.84 ± 1.18	5.55 ± 1.17

หมายเหตุ

- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.15 แสดงผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง พบว่าทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่คะแนนความชอบรับด้านกลิ่นเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.10-4.45) คะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (4.87-5.03) คะแนนความชอบด้านความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.71-5.84) และคะแนนความชอบด้านความความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.55 -5.84)

จากการทดลองนั้นทุกคุณลักษณะประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าระดับปริมาณของงาดำนั้น ไม่มีผลต่อคุณลักษณะในด้านกลิ่น สี ความแข็ง ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณงาดำ 50กรัม เนื่องจากปริมาณงาดำไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และเลือกใช้ในการศึกษาต่อไป

2.3.4 ศึกษาผลของปริมาณลำไยอบแห้งต่อคุณของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิมด้วยวิธี Hedonic test แบบ 7 point scale จำนวนผู้ชิม 50 คน แสดงในตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

คุณลักษณะ	ปริมาณลำไยอบแห้ง		
	50 กรัม	**100 กรัม**	**150 กรัม**
กลิ่น ^{ns}	4.55±1.50	4.00±1.46	4.10±1.51
สี ^{ns}	5.19±1.30	4.97 ±1.33	4.74±1.67
ความแข็ง ^{ns}	5.94±0.89	5.71±1.24	5.58±0.99
ความชอบโดยรวม	5.90±1.04 ^{a}	5.90±0.83 ^{a}	5.03±1.56 ^{b}

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ
- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.16 แสดงผลการตรวจสอบด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง โดยพบว่าคุณลักษณะประสาทสัมผัสด้านกลิ่น สี ความแข็ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่คะแนนความชอบด้านกลิ่น เฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (4.00-4.55) คะแนนความชอบด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (4.74-5.19) คะแนนความชอบด้านความแข็งเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.58-5.94) และคะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.03-5.90) โดยสูตรที่มีปริมาณลำไยอบแห้ง 50 และ100 กรัมมีคะแนน

ความชอบมากที่สุด จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณงาดำ 50กรัม เนื่องจากปริมาณงาดำไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดลองได้อัตราส่วนที่เหมาะสม โดยคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในช่วงชอบเล็กน้อย ประกอบด้วย ข้าวพอง 300 กรัม น้ำตาลทราย 225 กรัม มอลโทรเด็กซ์ทริน 125 กรัม งาดำ 50 กรัม เมล็ดทานตะวัน 50 กรัม ลำไยอบแห้ง 50 กรัม และถั่วทอง 50 กรัม เวลาที่ใช้การอบ 120 นาที โดยจะนำไปศึกษาในแผนการทดลองต่อไป

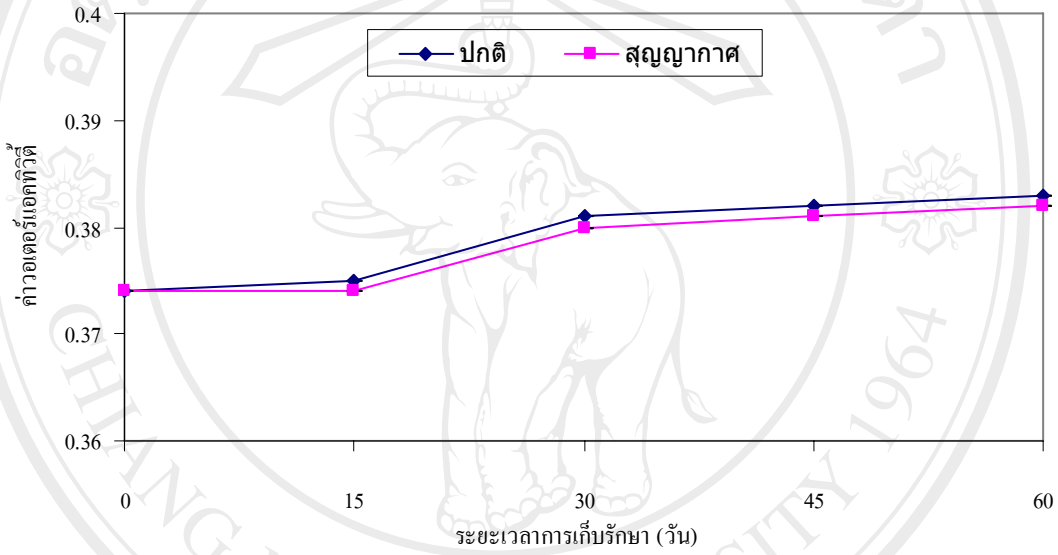
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 3 ศึกษาอายุการบรรจุในสภาวะปกติและสุญญากาศของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง

โดยนำผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งที่ผลิตตามอัตราส่วนที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 มาเก็บรักษาภายใต้สภาวะบรรยากาศธรรมดา และสภาวะสุญญากาศ (Vacuum pack) ที่อุณหภูมิ ห้องนาน 60 วันทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาทุก 15 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมี

ผลการตรวจวัดค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.1



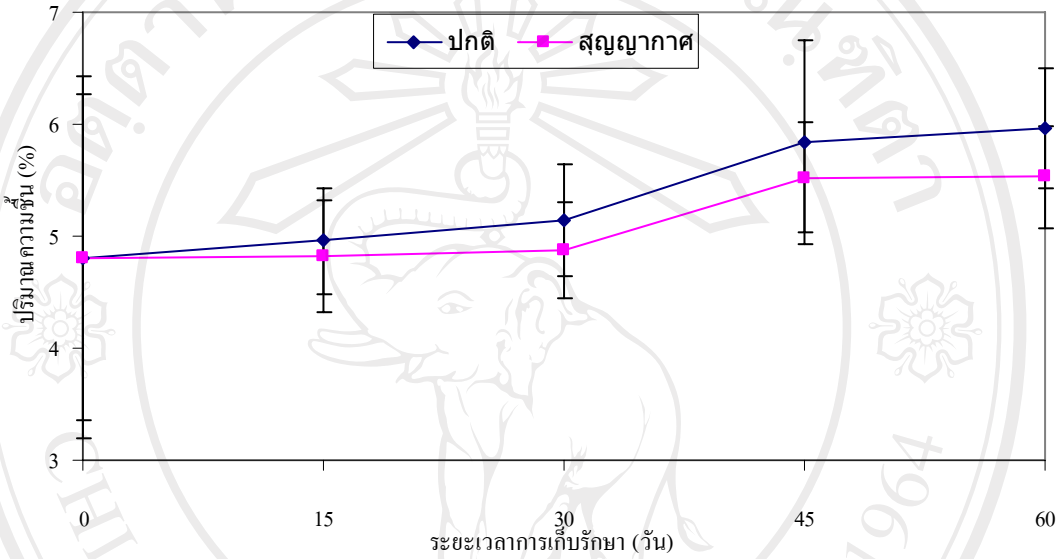
ภาพ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.1 และตารางภาคผนวก ค.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่ากิจกรรมของน้ำในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติและสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งทั้ง 2 สภาวะมีค่ากิจกรรมของน้ำไม่มีความแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในสภาวะปกติมีค่ากิจกรรมของน้ำเริ่มต้น 0.374 เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่ากิจกรรมของน้ำ 0.383 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 2.40% และสภาวะสุญญากาศมีค่ากิจกรรมของน้ำเริ่มต้น 0.374 เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่ากิจกรรมของน้ำ 0.382 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 2.1% ซึ่งทั้ง 2 สภาวะมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษานาน 30 วันหลังจากนั้นมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในระดับที่กฎหมายคือ มาตรฐานชุมชนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมของน้ำจะต้องไม่เกิน 0.8 และสอดคล้องกับ Katz and Labuza (1981) ได้ศึกษาค่ากิจกรรมของน้ำที่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและการทำให้ผิดรูปของขนมขบเคี้ยว พบว่าขนมขบเคี้ยวโดยทั่วไปมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.35-0.50

ผลการตรวจวัดปริมาณความชื้น (%) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.2



ภาพ4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.2 และตารางภาคผนวก ค.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการเก็บรักษาในทั้ง 2 สภาวะ มีปริมาณความชื้นไม่แตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และสภาวะปกติมีค่าเพิ่มมากขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 4.81% เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณความชื้น 5.96% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 23.91% โดยมีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษา 15วัน และและสภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 4.81% เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณความชื้น 5.53% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 14.97% โดยมีปริมาณความชื้นเพิ่มสูงขึ้นหลังจากเก็บรักษา 30วัน จากผลการทดลองผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นอยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนดคือ มาตรฐานชุมชนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าปริมาณความชื้นจะต้องไม่เกินร้อยละ 10

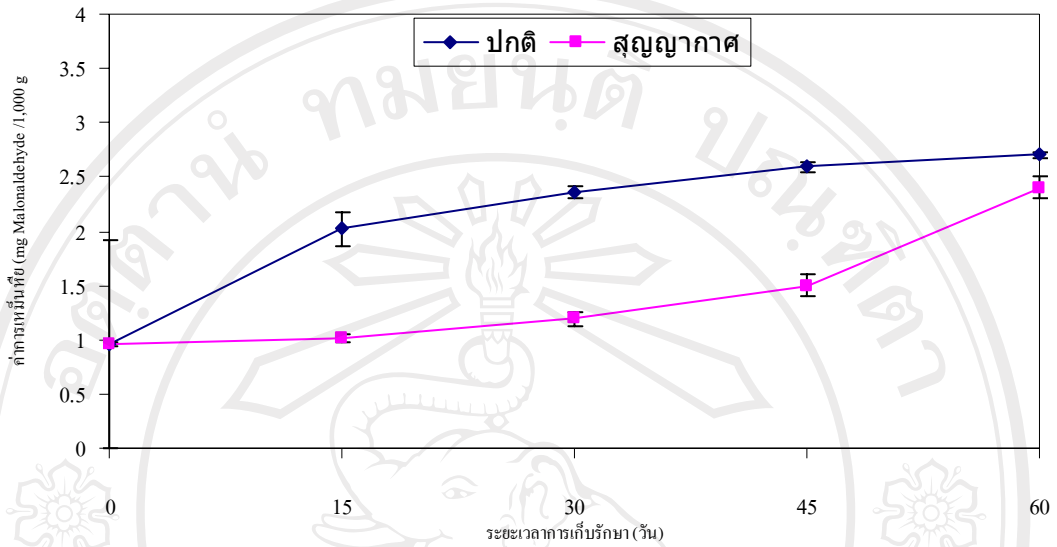
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาค่ากิจกรรมของน้ำและปริมาณความชื้นนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น มีสาเหตุเนื่องจากอาหารได้สัมผัสกับอากาศที่มีความชื้น ซึ่งอาจจะได้จากการที่มีอากาศคงเหลือในบรรจุภัณฑ์ หรือว่ามีการซึมผ่านอากาศเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ และขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ทำให้อาหารดูดซับความชื้น ซึ่งส่งผลให้ค่ากิจกรรมของน้ำและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย และเนื่องจากผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่ง เป็นอาหารจำพวก high hygroscopicity คือเป็นอาหารที่มีน้ำตาลหรือเกลือสูง เมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจมาลย์ และอรนุช (2545)ได้ทำการพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากพืชหัวและศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ ปกรณ์พรรณ (2545) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนลาบาร์และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ ขวัญชนก และจารุพันธ์ (2548)ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบและศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่ากิจกรรมของน้ำและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ Lee and Resurreccion (2006)ได้ศึกษาคุณภาพของถั่วลิสงในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าระหว่างการเก็บรักษาจะมีค่าปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำเพิ่มขึ้น และเช่นเดียวกับจิรภา (2539) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าวและศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

จากผลการทดลองที่ปริมาณความชื้นในสภาวะปกติ และสุญญากาศมีความแตกแตกต่างกัน โดยสภาวะปกติมีค่าเพิ่มขึ้น แต่สภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษานั้น เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาวะปกตินั้นยังคงมีความชื้นหลงเหลืออยู่ภายในภาชนะบรรจุอยู่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มมากขึ้น แต่ในสภาวะสุญญากาศนั้นได้มีการดูดอากาศส่วนใหญ่ออกไปแล้ว จึงทำให้สภาวะสุญญากาศมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของงานวิจัยของ ชูทวีป ปาลกะวงค์ ณ อยุธยา (2545)ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะพร้าวแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเพิ่มของค่ากิจกรรมของน้ำและปริมาณความชื้นได้ดีกว่าสภาวะปกติ แต่การเก็บรักษาในสภาวะปกติและสุญญากาศมีปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการตรวจวัดค่าการเหม็นหืน (mg Malonaldehyde / 1,000g) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.3



ภาพ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าการเหม็นหืนระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.3 และตารางภาคผนวก ค.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการเหม็นหืนในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศ นาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในทั้ง 2 สภาวะมีค่าการเหม็นหืนแตกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสภาวะปกติมีค่าการเหม็นหืนเริ่มต้น 0.96 mg Malonaldehyde /1,000g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่าการเหม็นหืน 2.70 mg Malonaldehyde /1,000g ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 150% และสภาวะสุญญากาศมีค่าการเหม็นหืนเริ่มต้น 0.96 mg Malonaldehyde /1,000g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่าการเหม็นหืน 2.40 mg Malonaldehyde /1,000g ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 60% จากผลการทดลองค่าการเหม็นหืนทั้ง 2 สภาวะอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้คือไม่เกิน 20 mg Malonaldehyde /1,000g

ปริมาณการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาในทั้ง 2 สภาวะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรภา (2539) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว และศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีปริมาณการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการเหม็นหืนคือเมื่อปริมาความชื้นเพิ่มก็จะทำให้ปริมาณการ

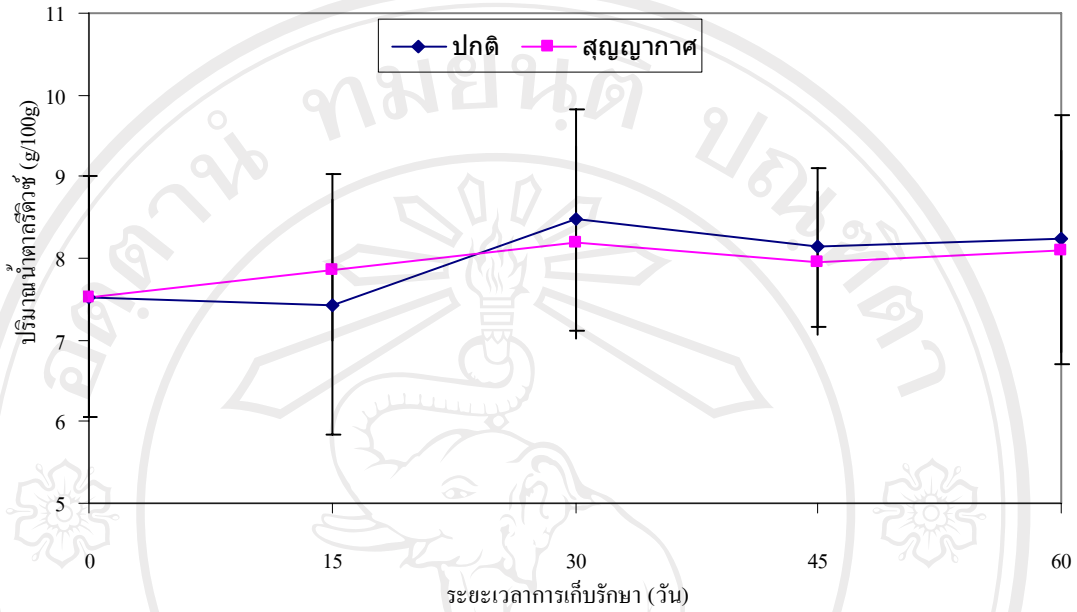
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหม็นหืนเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจมาลย์ และอรนุช (2545) ได้ทำการพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากพืชหัว และได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับงานวิจัยของปกรณ์พรรณ (2545) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กราโนลาบาร์และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ ขวัญชก และจารุพันธ์ (2548) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบและศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าปริมาณการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

การเก็บรักษาในสภาวะปกติมีปริมาณการเหม็นหืนสูงกว่าสภาวะสุญญากาศ นั้นก็เพราะการเก็บในสภาวะปกตินั้นยังคงมีอากาศอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ และเมื่ออาหารได้สัมผัสกับอากาศ ซึ่งในผลิตภัณฑ์นั้นมีส่วนประกอบของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์ และสภาวะสุญญากาศนั้นได้มีการดูดอากาศออกเกือบหมด ทำให้เกิดอัตราการเหม็นหืนต่ำกว่าสภาวะปกติ ดังนั้นการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัชชัย และสนอง (2545) ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชัน และมีปริมาณการเหม็นหืนมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Shikh, Hirata and Ishitani (1985) ได้ศึกษาคุณภาพถั่วลิสงระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารได้ โดยการใช้ vacuum packaging สามารถช่วยรักษาคุณภาพอาหารและทำให้เห็บรักษาได้นานขึ้น และ Jensen *et al.* (2005) ได้ศึกษาคุณภาพของข้าวโอ๊ตบดและมูสลี่ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญของการเพิ่มออกซิเดชันของไขมัน และการรวมตัวของกรดไขมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.4

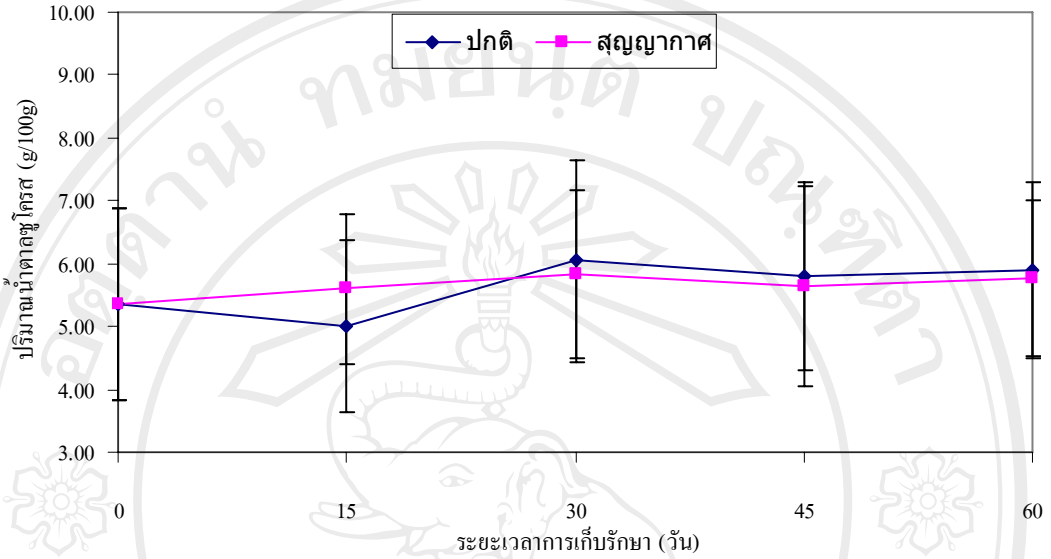


ภาพ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.4 และตารางภาคผนวก ค. 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในทั้ง 2 สภาวะ มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ไม่มีความแตกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสภาวะปกติมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น 7.53 g/100g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 8.23 g/100g และสภาวะสุญญากาศมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น 7.53 g/100g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 8.09 g/100g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลซูโครส (g/100g) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.5



ภาพ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน

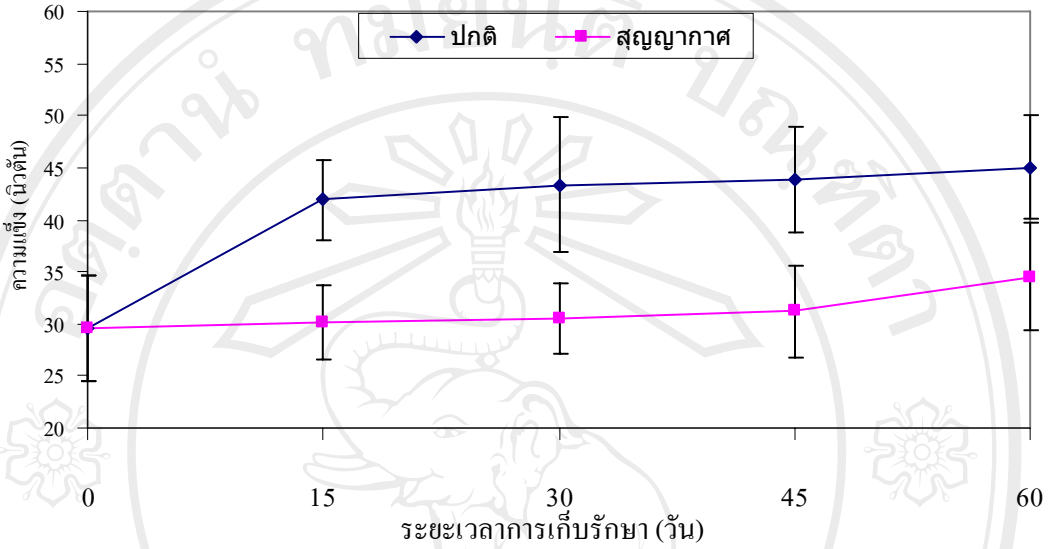
จากภาพ 4.5 และตารางภาคผนวก ค. 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลซูโครสระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในทั้ง 2 สภาวะมีปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่มีความแตกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสภาวะปกติมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเริ่มต้น 5.36 g/100g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีน้ำตาลซูโครส 5.9 g/100g และสภาวะสุญญากาศมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเริ่มต้น 5.36 g/100g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่า 5.77 g/100g

จากผลการทดลองพบว่าระหว่างการเก็บรักษานั้นมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสมีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ ได้กราฟที่ไม่สม่ำเสมอ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะเกิดจากตัวของวัตถุดิบคือ ลำไยอบแห้ง ซึ่งงานวิจัยของสุรภา (2548) ได้ศึกษาคุณภาพของลำไยอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และซูโครสอยู่ในช่วง 80.72 -57.87 และ56.35-29.76 ตามลำดับ ซึ่งก็หมายความว่าลำไยอบแห้งนั้นแต่ละชิ้นที่ไม่ได้มาจากลูกและต้นเดียวกัน ความแก่ ความอ่อนไม่เท่ากัน ก็จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งนั้นมีปริมาณไม่เท่ากัน ซึ่งเห็นได้จากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และซูโครสมีช่วงที่กว้างมาก ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อผลการทดลองทำให้คลาดเคลื่อนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการตรวจวัดความแข็ง (นิวตัน) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.6



ภาพ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.6 และตารางภาคผนวก ค. 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติมีค่าความแข็งมากกว่าการเก็บในสภาวะสุญญากาศตลอดอายุการเก็บรักษา 60 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในสภาวะปกติมีค่าความแข็งเริ่มต้น 29.58นิวตัน เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่าความแข็ง 45.07 นิวตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 52.36%โดยมีความแข็งเพิ่มขึ้นในช่วง 15 วันแรกหลังจากนั้นมีค่าคงที่จนสิ้นสุดการเก็บรักษา และสภาวะสุญญากาศมีค่าความแข็งคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าความแข็งเริ่มต้น 29.58นิวตัน เมื่อครบกำหนด 60 วันมีค่าความแข็ง 34.55 นิวตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้น 16.80%

จากผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาในสภาวะปกติมีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษานาน 15 วันหลังจากนั้นมีค่าคงที่ตลอดอายุการเก็บ มีสาเหตุเนื่องจากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ถ้าหากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นแตกต่างกันกับความชื้นของอากาศที่มีอยู่ภายในภาชนะบรรจุ ในช่วงแรกจะเกิดการปรับสมดุลระหว่างผลิตภัณฑ์กับอากาศในภาชนะบรรจุ ถ้าอากาศมีความชื้นสูงก็จะถ่ายเทไปยังผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

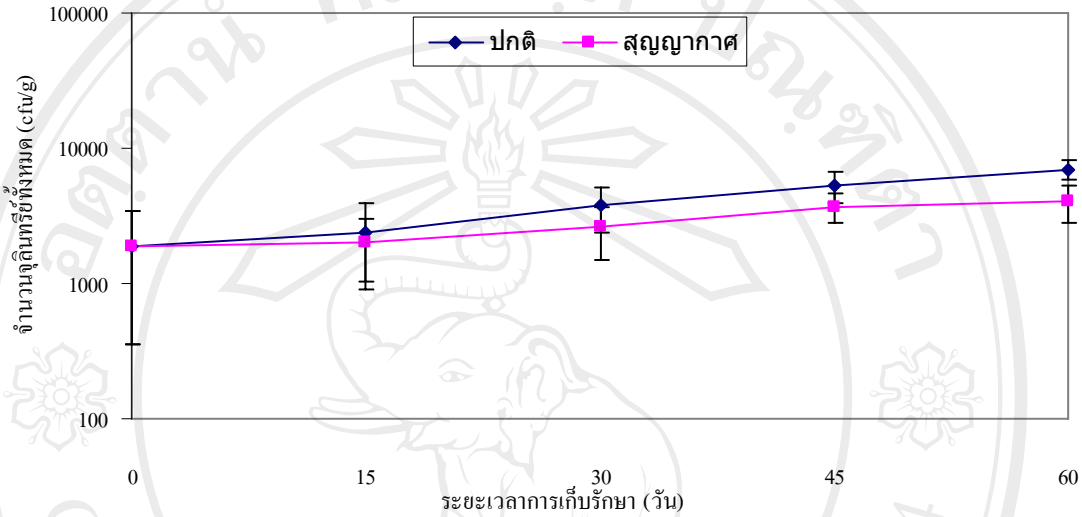
ความชื้นสูงขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวขึ้นและใช้แรงในการทำให้เสียสภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการที่มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาในสภาวะปกติจากภาพ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของขวัญชกและจารุพันธ์ (2548) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบและได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Katz and Labuza (1981) ได้ศึกษาค่ากิจกรรมของน้ำที่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและการทำให้ผิดรูปของขนมขบเคี้ยว พบว่าค่ากิจกรรมของน้ำมีผลต่อความกรอบของขนมขบเคี้ยวและการทำให้ผิดรูป โดยที่ค่ากิจกรรมของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อความกรอบและต้องใช้แรงในการทำให้ผิดรูปสูงขึ้น และ Mazumder, Roopa and Bhattacharya (2006) ได้ศึกษาปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว พบว่าปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยว โดยปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าแรงในการทำให้ขนมขบเคี้ยวเสียสภาพเพิ่มขึ้นด้วย

การเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศนั้นสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งได้เห็นได้จากผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งมีความแข็งคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับธวัชชัย และสนอง (2545) ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศช่วยรักษาความแข็งได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาวะปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.7

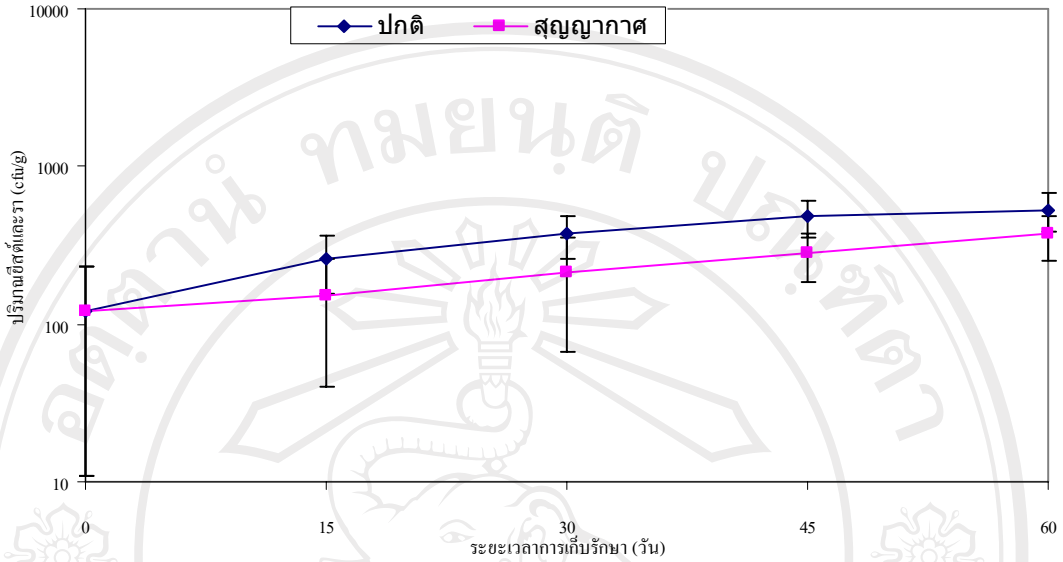


ภาพ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4.7 และตารางภาคผนวก ค. 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติ และสุญญากาศ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสภาวะปกติมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นมีค่า 1.9 $x10^3$ cfu/g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่า 7.0 $x10^3$ cfu/g และสภาวะสุญญากาศมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นมีค่า 1.9 $x10^3$ cfu/g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่า 4.1 $x10^3$ cfu/g โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนั้นอยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนดคือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบจะต้องไม่เกิน 1 x 10^4 โคโลนีต่อกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการตรวจวัดปริมาณยีสต์และรา (cfu/g) ของผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งแสดงในภาพ 4.8



ภาพ 4.8 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราระหว่างการเก็บรักษาธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศนาน 60 วัน

จากภาพ 4. 8 และตารางภาคผนวก ค. 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และราระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศนาน 60 วัน พบว่าการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศมีปริมาณยีสต์และราแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสภาวะปกติมีปริมาณยีสต์และราเริ่มต้นมี 1.2 $x10^2$ cfu/g เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณยีสต์และรา 5.3$x10^2$ cfu/g และสภาวะสุญญากาศมีปริมาณยีสต์และรา เริ่มต้นมี1.2 $x10^2$ cfu/g เพิ่มขึ้น เมื่อครบกำหนด 60 วันมีปริมาณยีสต์และรา 3.7 $x10^2$ cfu/g โดยปริมาณยีสต์และราที่เก็บรักษาในสภาวะปกติและสุญญากาศนั้นอยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนดคือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืช (มผช.902/2548) กำหนดไว้ว่าปริมาณยีสต์และราที่ตรวจพบจะต้องไม่เกิน 1 x 10^3 cfu/g

การที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างเช่นอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เหมาะสมมีสารอาหารเพียงพอเช่นพวกไขมัน คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำอิสระของอาหาร ปริมาณออกซิเจน ซึ่งถ้าหากปัจจัยเหล่านี้มีปริมาณเพียงพอ และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมจุลินทรีย์ก็จะสามารถเจริญเติบโตได้ (มณธิดา, 2546) และจะเห็นได้ว่าสภาวะสุญญากาศนั้นสามารถชะลอการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์รา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ดีกว่าสภาวะปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธวัชชัย และสนอง (2545) ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสภาวะปกติ และมีแนวโน้มของปริมาณจุลินทรีย์มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และชูทวีป (2545) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะพร้าวแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการบรรจุในสภาวะสุญญากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเป็น 2 เท่าของสภาวะปกติ และการบรรจุในสภาวะปกติมีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์เร็วกว่าสภาวะสุญญากาศ เช่นเดียวกับขวัญชกและจารุพันธ์ (2548) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบและได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์ราเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และศรีวิกรณ์ (2549) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแกนสับปะรด แครอท และผักปั้ง และศึกษาอายุการเก็บรักษาพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการศึกษาการบรรจุผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งโดยตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา พบว่าค่ากิจกรรมของน้ำ ความชื้น ความแข็ง การเหม็นหืน ปริมาณจุลินทรีย์ และปริมาณยีสต์และราจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่ากิจกรรมของน้ำ และปริมาณความชื้น การเจริญของจุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.3-0.4 ซึ่งเป็นช่วงที่เอนไซม์ และสับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการออกซิเดชันได้ง่าย และทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืน โดยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลง (นิธิยา, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรภา (2539) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว และศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณการเหม็นหืนมีความสัมพันธ์กัน คือเมื่อปริมาความชื้นเพิ่มก็จะทำให้ปริมาณการเหม็นหืนเพิ่มขึ้นด้วย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Pernill and Jen (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและการเกิดออกซิเดชันของไขมันในธัญพืชและขนมขบเคี้ยว พบว่าความชื้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดออกซิเดชัน และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความแข็งตัวเพิ่มขึ้น ค่าแรงในการเฉือนจึงเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีกลิ่นเหม็นหืน และทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต และLabuza (1980) ได้ศึกษาคุณภาพของธัญพืชและขนมขบเคี้ยวระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ พบว่าการเกิดออกซิเดชันจะเกิดช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปริมาณค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

จากผลการตรวจคุณสมบัติจะใช้ค่าการเหม็นหืน และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราเป็นเกณฑ์กำหนดอายุในการเก็บรักษา ซึ่งการเหม็นหืนนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางเคมีของไขมันและน้ำมัน จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมันหรือไขมันสัมผัสกับความชื้น หรือออกซิเจน ทำให้อาหารนั้นเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (นิธิยา, 2545) และการเหม็นหืนนั้นผู้บริโภคจะสามารถรับรู้ได้จากการดมกลิ่นหรือรับประทาน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์และไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Finley and Given (200) ได้ศึกษาความสำคัญของการเกิดออกซิเดชันต่อผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่าย พบว่าการป้องกันการเกิดออกซิเดชันมีความจำเป็นในผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่าย ซึ่งการเกิดออกซิเดชันของไขมันมีอิทธิพลต่อคุณภาพของอาหารพวกเครื่องเทศ ถั่ว ผลิตภัณฑ์จากเนื้อ และขนมขบเคี้ยว คือปริมาณคุณค่าทางโภชนาการ สารพิษ กลิ่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยปริมาณที่ผู้บริโภคยอมรับค่าการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์ได้คือไม่เกิน 20 mg Malonaldehyde / 1,000g ซึ่งพบว่าในระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วันในทั้ง 2 สภาวะนั้นมีปริมาณการเหม็นหืนยังไม่เกิน 20 mg Malonaldehyde / 1,000g และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราเป็นเกณฑ์กำหนดอายุในการเก็บรักษา เพราะว่าจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในอาหารนั้นผู้บริโภคไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ถ้าหากมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐานแล้วผู้บริโภครับประทานเข้าไปซึ่งอาจจะเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ และผลการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์สมุนไพรและธัญพืชกำหนดไว้ว่าจะต้องตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 cfu/g และปริมาณยีสต์ราไม่เกิน 1×10^3 cfu/g

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ธัญพืชชนิดแท่งในสภาวะปกติและสุญญากาศ ถึงแม้ว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน 60 วันในทั้ง 2 สภาวะ แต่การเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าสภาวะปกติ โดยรักษาลักษณะเนื้อสัมผัส ชะลอการเกิดออกซิเดชัน การเจริญเติบโตของจุลิทรีย์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับของ Shikh, Hirata and Ishitani (1985)ได้ศึกษาการเก็บรักษาถั่วลิสงในสภาวะปกติและสุญญากาศ พบว่าการเก็บในสภาวะสุญญากาศสามารถช่วยรักษาคุณภาพอาหารทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น เช่นเดียวกับชูทวีป (2545) ได้ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษามะพร้าวแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าสภาวะสุญญากาศช่วยรักษาเนื้อสัมผัสคงสภาพเดิมได้นานสภาวะกว่าปกติ ชะลอการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเป็น 2 เท่าของสภาวะปกติ และธวัชชัย และสนอง (2545)ได้ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสงในสภาวะปกติ และสุญญากาศ พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชัน และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการทดลองกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกจากตอนที่ 3 มาเปรียบเทียบกับสิ้นค้าของท้องตลาดมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีได้ผลทดสอบดังนี้

ผลการตรวจคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาดแสดงในตารางที่ 4.17

ตาราง 4.17 ผลการเปรียบผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือกกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนา
คุณภาพทางกายภาพ		
ความแข็ง (นิวตัน)	27.17 ± 1.48 [b]	29.58 ± 2.19 [a]
คุณภาพทางเคมี		
ค่ากิจกรรมของน้ำ	0.388 ± 0.00 [a]	0.374 ± 0.00 [b]
ปริมาณความชื้น (ฐานเปียก) (ร้อยละ)	6.79 ± 0.05 [a]	4.81 ± 0.02 [b]
ปริมาณเส้นใย (g/100g)	8.50 ± 0.93 [a]	2.24 ± 0.17 [b]
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (g/100g)	1.60 ± 1.16 [b]	7.53 ± 1.47 [a]
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (g/100g)	2.10 ± 1.29 [b]	5.36 ± 1.53 [a]

หมายเหตุ

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ตัวเลขที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด พบว่าคุณภาพทางกายภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีค่า 29.58 นิวตัน มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกจากท้องตลาดมีค่า 27.17 นิวตัน มีสาเหตุเนื่องจากผลิตภัณฑ์จากการพัฒนานั้นใช้น้ำตาลมอลโทรเด็กซ์ทรินเป็นสารช่วยให้เกิดการรวมตัวกันของอาหาร เมื่อผ่านการอบแห้งแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งกรอบมีความ

แข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาดซึ่งใช้กลูโคสซีรัปทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเกาะรวมตัวกันอย่างหลวม ใช้แรงในการทำให้เสียสภาพน้อยกว่า

ผลการตรวจวัดค่ากิจกรรมของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมีค่า 0.388 และของท้องตลาดมีค่า 0.374 และปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีค่าร้อยละ 4.81 และของท้องตลาดมีค่าร้อยละ 6.79 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีปริมาณความชื้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนานั้นมีกระบวนการอบให้แห้งในขั้นตอนสุดท้าย จึงทำให้มีความชื้นต่ำกว่าของท้องตลาด

ปริมาณเส้นใยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีค่า 2.24 g/100g และของท้องตลาดมีค่า 8.50 g/100g

ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีค่า 7.53 g/100g และของท้องตลาดมีค่า 1.60 g/100g และปริมาณน้ำตาลซูโครสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนามีค่า 5.36 g/100g และของท้องตลาดมีค่า 2.10 g/100g จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองจะมีมากกว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด ก็เพราะว่าปริมาณน้ำตาลทรายของสูตรที่ได้จากการพัฒนามีมากกว่าของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด และมีเนื้อลำไยอบแห้งซึ่งก็มีปริมาณน้ำตาลสูงเช่นกัน

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลสูง และมีปริมาณเส้นใยต่ำเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งผลิตภัณฑ์พวกอาหารเช้าสำเร็จรูปเป็นอาหารที่มีเส้นใยสูงอาจแก้ไขด้วยการเติมปริมาณเส้นใยลงไปหรือว่าเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบให้มากขึ้นก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น และปริมาณน้ำตาลต่ำ เมื่อมีปริมาณน้ำตาลมากก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีพลังงานสูง ซึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพนั้นไม่ต้องการ ซึ่งเราอาจใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นที่มีคุณคุณสมบัติให้ความหวานแต่ไม่ให้พลังงานมาทดแทนได้ และเพิ่มปริมาณของธัญพืชเพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย หรือใช้เส้นใยอาหารจากแหล่งอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved