บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติของนมผึ้งสด

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งสด ได้ผลดังตารางที่ 4.1-4.3

4.1.1 สมบัติทางกายภาพของนมผึ้งสด

จากการวัดค่าสีของนมผึ้งสด พบว่ามีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดงไปถึงสีเขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลืองไปถึงสีน้ำเงิน (b*) เท่ากับ 71.61±0.15 -5.89±0.04 และ 20.63±0.07 ตามลำดับ มีลักษณะปรากฏเป็นสีครีม คล้ายสีของนมข้นหวานหรือสีเหลืองอ่อนถึงสีเหลือง (Krell, 1996; กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค, 2551)

จากการวิเคราะห์อุณหภูมิการหลอมเหลวของนมผึ้งสดทำโดยใช้เครื่อง DSC พบว่านมผึ้งสดมีอุณหภูมิการหลอมละลายของน้ำแข็งในการแช่แข็งของนมผึ้งสด (ice melting temperature) ที่ -3.06±0.23°C และมีอุณหภูมิการเสื่อมสลาย (degradation temperature) เท่ากับ 145.70±0.14°C (ภาคผนวก ค-20)

4.1.2 สมบัติทางเคมีของนมผึ้งสด

สมบัติทางเคมีของนมผึ้งสด แสดงในตารางที่ 4.1-4.2 พบว่านมผึ้งสดมีค่า a_w เท่ากับ 0.92±0.00 และปริมาณความชื้น 68.77±0.06% ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด เท่ากับ 13.43±0.14 1.15±0.01 1.03±0.00 และ 15.62±0.19% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Krell (1996) ที่รายงานเกี่ยวกับองค์ประกอบของนมผึ้ง พบว่านมผึ้งสดจะมีน้ำอยู่ประมาณ 50-75 % ปริมาณโปรตีน 17-45% ไขมัน 3.5-19% และเถ้าประมาณ 1% ของน้ำหนักแห้ง อีกทั้งพบว่าปริมาณขององค์ประกอบในนมผึ้งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ฤดูกาล แหล่งอาหาร และที่อยู่อาศัยของผึ้ง เป็นต้น (Takenaka, 1982; Ratanavalachai, 2002; Stocker *et al*, 2005; Melliou and Chinou, 2005) และมีรายงานว่านมผึ้งจากจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตอยู่ปริมาณ 67 12.87 4.01 1.14 และ 12.14% โดยเฉลี่ย (Ratanavalachai, 2002) เช่นเดียวเช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Henrique (2007) ที่ศึกษาองค์ประกอบของนมผึ้งจากประเทศบราซิลพบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 63.16 13.12 3.28 1.06 และ 19.36% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีของนมผึ้งสด

สมบัติทางเคมี	ปริมาณ (%wet basis)
ค่า water activity (a_w)	0.92±0.00
ปริมาณความชื้น	68.77±0.06
ปริมาณโปรตีน	13.43±0.14
ปริมาณไขมัน	1.15±0.01
ปริมาณเถ้าทั้งหมด	1.03±0.00
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	15.62±0.19

น้ำตาลในนมผึ้งสด (ตารางที่ 4.2) ประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโ ตส กลูโคส ซูโครส และมอลโตส ปริมาณ 4.06±0.02 3.54±0.04 2.60±0.00 และ 0.59±0.05% ตามลำดับ โดยไม่พบน้ำตาลแลคโตสในนมผึ้งสด ซึ่งรายงานการวิจัยของ Krell (1996) กล่าวว่านมผึ้งสดมีน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคสเป็นส่วนมาก และสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Sesta (2006) ที่ไม่พบน้ำตาลแลคโตสในนมผึ้งสด

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำตาลในนมผึ้งสด

ชนิดของน้ำตาล	ปริมาณของน้ำตาล (% w/w)
ฟรุกโตส	4.06±0.02
กลูโคส	3.54±0.04
ซูโครส	2.60±0.00
มอลโตส	0.59±0.05
แลคโตส	ไม่พบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่น (volatile compound) ในนมผึ้งสด โดยใช้เทคนิค HS-SPME (head space-solid phase microextraction) แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS (รูปที่ 4.1) ซึ่งความสูงของแต่ละพีค และจำนวนพีคในโครมาโตแกรมที่ได้จากการสกัดไอของสารระเหยในบริเวณ head space ของตัวอย่างนมผึ้งสดนั้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงใน library (NISTO5a.L) แสดงผลดังตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงถึงสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในนมผึ้ง สด

ที่สังเคราะห์พบ และพบว่ามี 5 ชนิดที่สามารถระบุได้ คือ Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane, Octanoic acid, Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodeca methyl-cyclopentasiloxane, Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl และ Benzoic acid, 2,5-bis(trimethylsiloxy)-, trimethylsily ester ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Nazzi *et al.* (2009) ที่พบกรดออกทาโนอิกในนมผึ้งที่เป็นส่วนประกอบหลักของสารประกอบที่ระเหยง่าย อย่างไรก็ตามพบว่าสารระเหยง่ายเหล่านี้มีปริมาณที่น้อย สังเกตจากพื้นที่ใต้กราฟที่น้อยมาก

ตารางที่ 4.3 การระบุชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในนมผึ้งสด

Peak No.	Retention time (นาที)	พื้นที่ (%)	สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส
1	13.895	1.14	Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane
2	14.026	1.56	Octanoic acid
3	18.511	1.19	Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodecamethyl-cyclopentasiloxane
4	22.791	0.81	Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl
5	25.839	0.97	Benzoic acid, 2, 5-bis(trimethylsiloxy)-, trimethylsily ester

หมายเหตุ : Peak No. อ้างมาจากรูปที่ 4.1

4.1.3 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งสด

จากตารางที่ 4.4 พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และราน้อยกว่า 10 CFU/g และมีจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานประกาศของกระทรวงสาธารณสุข เรื่องรอยัลเยลลีและผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลีที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสุขลักษณะที่ดีระหว่างการผลิต และฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของรา และแบคทีเรียของนมผึ้งเอง (Kamakura *et al*., 2001; Fontana *et al*., 2004; อิทธิพล, 2545)

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งสด

สมบัติทางจุลชีววิทยา	ปริมาณ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10
จำนวนยีสต์ และรา (CFU/g)	< 10
จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.1 โครมาโตแกรมของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HSSPME-GC-MS ในมะพร้าวสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารปรุงแต่งกลิ่นและรสในการทำนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

4.2.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารปรุงแต่งกลิ่นรส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อคัดเลือกสูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส คือ ผงวานิลลา และผลึกน้ำผึ้งในการผสมเข้ากับนมผึ้งสด ซึ่งจะนำไปใช้ในการผลิตนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมของแต่ละตัวอย่าง พบว่าอัตราส่วนในการผสมของวัตถุดิบในการผลิตนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสนั้นมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสอยู่ในช่วง 6.86±1.17 ถึง 7.37±0.99 5.8±1.23 ถึง 6.91±0.95 5.16±1.61 ถึง 6.82±1.39 4.93±1.40 ถึง 6.49±0.97 และ 5.37±1.38 ถึง 6.74±1.07 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในด้านสี กลิ่นวานิลลา คือสูตรที่ 23 และ 20 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบในด้านรสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวม คือสูตรที่ 25 ได้คะแนน 7.36 6.91 6.82 6.49 และ 6.74 ตามลำดับ

การเติมผลึกน้ำผึ้งในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านสี รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลึกน้ำผึ้งมีรสหวาน กลิ่นหอมของน้ำผึ้ง และสีออกน้ำตาลแดง ทำให้เมื่อเติมผลึกน้ำผึ้งลงในนมผึ้งที่มีสีเหลืองอ่อนกลายเป็นสีเหลืองที่เข้ม มีความน่ารับประทานมากขึ้น คะแนนความชอบในสีจึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณผลึกน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้น และความหวานของผลึกน้ำผึ้งทำให้รสเปรี้ยวในนมผึ้งน้อยลง มีรสชาติที่ดีขึ้น ส่งผลไปถึงคะแนนความชอบรวมที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าสีและรสชาติของผลิตภัณฑ์ ถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งพบว่าปริมาณผลึกน้ำผึ้ง 50% ของปริมาณนมผึ้ง ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ มากที่สุด

เมื่อเติมผงวานิลลาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบในด้าน กลิ่นวานิลลา และความชอบรวมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมผงวานิลลาในปริมาณที่มากขึ้น สามารถปกปิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ของนมผึ้งได้ และส่งให้คะแนนความชอบรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งการเติมผงวานิลลาปริมาณ 5% ของปริมาณนมผึ้ง ทำให้คะแนนความชอบด้านต่างๆ สูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

สูตรที่ (ปริมาณผลึกน้ำผึ้ง, ผงวานิลลา (%))	สี	กลิ่นวานิลลา	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความชอบรวม
1 (10, 1)	6.94^{de}±1.25	5.8^{l}±1.23	5.16^{k}±1.61	5.09^{kl}±1.58	5.48^{jk}±1.41
2 (10, 2)	6.86^{e}±1.17	6.07^{hijkl}±1.16	5.22^{k}±1.44	5.03^{kl}±1.46	5.37^{k}±1.38
3 (10, 3)	6.94^{de}±1.05	6.23^{ghi}±1.03	5.25^{jk}±1.49	4.93^{l}±1.40	5.37^{k}±1.49
4 (10, 4)	7.11^{abcde}±1.04	6.39^{efgh}±1.09	5.44^{ijk}±1.48	5.08^{kl}±1.61	5.54^{ijk}±1.51
5 (10, 5)	7.22^{abcd}±1.07	6.54^{cdefg}±1.24	5.42^{ijk}±1.46	5.22^{ijkl}±1.46	5.66^{hijk}±1.58
6 (20, 1)	7.16^{abcd}±0.90	5.87^{kl}±1.12	5.58^{ghi}±1.29	5.12^{jkl}±1.33	5.58^{ijk}±1.08
7 (20, 2)	7.04^{cde}±0.98	6.04^{ijkl}±0.95	5.68^{ghi}±1.19	5.25^{hijkl}±1.23	5.69^{hijk}±0.99
8 (20, 3)	7.12^{abcde}±0.87	6.24^{ghi}±0.72	5.87^{gh}±1.03	5.36^{ghijk}±1.34	5.89^{fghi}±1.21
9 (20, 4)	7.03^{cde}±0.93	6.46^{defg}±0.72	5.89^{gh}±1.09	5.48^{fghij}±1.18	6.13^{cdefg}±1.10
10 (20, 5)	7.06^{bcde}±0.79	6.71^{abcd}±0.77	5.92f^{gh}±0.93	5.60^{efgh}±1.16	6.26^{cdef}±1.07
11 (30, 1)	7.12^{abcde}±0.88	5.92^{jkl}±0.97	6.08^{efg}±1.15	5.54^{fghi}±1.17	5.81^{ghij}±1.14
12 (30, 2)	7.17^{abcd}±0.87	6.23^{ghi}±0.94	6.17^{efg}±1.21	5.69^{defg}±1.24	5.98^{efgh}±1.24
13 (30, 3)	7.30^{abc}±0.87	6.31^{fghi}±0.97	6.18^{defg}±1.06	5.74^{defg}±1.32	6.07^{defg}±1.14
14 (30, 4)	7.18^{abcd}±0.73	6.51^{cdefg}±1.05	6.19^{cdefg}±1.26	5.72^{defg}±1.16	6.22^{cdef}±1.10
15 (30, 5)	7.26^{abc}±0.71	6.82^{abc}±1.00	6.40^{bcde}±1.02	5.95^{cde}±1.23	6.46^{abc}±1.19
16(40, 1)	7.22^{acbd}±0.97	6.08^{hijkl}±0.95	6.41^{bcde}±0.9	5.87^{cdef}±1.18	6.12^{cdefg}±1.09
17 (40, 2)	7.26^{abc}±0.94	6.27^{fghi}±1.15	6.28^{bcde}f±1.26	5.80^{cdef}±1.22	6.09^{cdefg}±0.95
18 (40, 3)	7.18^{abcd}±1.07	6.48^{defg}±1.08	6.15^{efg}±1.21	5.72^{defg}±1.18	6.06^{defg}±0.98
19 (40, 4)	7.27^{abc}±1.13	6.55^{cdefg}±0.99	6.29^{bcdef}±1.21	5.87^{cdef}±1.34	6.37^{bcd}±1.04
20 (40, 5)	7.22^{abcd}±1.13	6.91^{a}±0.95	6.40^{bcde}±1.06	6.07^{bcd}±1.06	6.45^{abc}±1.02
21 (50, 1)	7.18^{abcd}±1.12	6.14^{hijk}±0.87	6.55^{abcd}±1.35	6.06^{bcd}±1.05	6.20^{cdef}±1.04
22 (50, 2)	7.22^{abcd}±1.13	6.36^{efghi}±1.078	6.64^{ab}±1.35	6.06^{bcd}±0.96	6.37^{bcd}±1.03
23 (50, 3)	7.37^{a}±0.99	6.59^{bcdef}±0.91	6.56^{abc}±1.38	6.16^{abc}±0.95	6.35^{bcde}±1.05
24 (50, 4)	7.32^{abc}±0.95	6.64^{abcde}±1.08	6.79^{a}±1.08	6.42^{ab}±1.04	6.70^{ab}±1.04
25 (50, 5)	7.36^{ab}±1.03	6.88^{ab}±1.07	6.82^{a}±1.39	6.49^{a}±0.97	6.74^{a}±1.07

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นการใช้ผงวานิลลา 5% และปริมาณผลึกน้ำผึ้ง 50% ของปริมาณนมผึ้งสด เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวม เท่ากับ 7.36±1.03 6.88±1.07 6.82±1.39 6.49±0.97 และ 6.74±1.07 ตามลำดับ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลึกน้ำผึ้ง และผงวานิลลาต่อคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่าเมื่อเติมผลึกน้ำผึ้งลงในนมผึ้งสดในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ดังตารางที่ 4.6 และเมื่อเติมผงวานิลลาลงในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นวานิลลา รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนความชอบในด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดยการเติมผลึกน้ำผึ้งสัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านรสหวานมากที่สุด และผงวานิลลาสัมพันธ์กับคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุด

ตารางที่ 4.6 ค่า Pearson's correlation ของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ปัจจัย	สมบัติทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่นวานิลลา	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความชอบรวม
ผลึกน้ำผึ้ง	0.99**	0.11**	0.35**	0.31**	0.26**
ผงวานิลลา	0.38	0.26**	0.26**	0.87**	0.14**

หมายเหตุ : ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

4.2.2 สมบัติของนมผึ้งสูตรของอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

จากการนำนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 25 (ใช้ปริมาณผลึกน้ำผึ้ง 50% และผงวานิลลา 5% ของปริมาณนมผึ้งสด) ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ได้ผลดังตารางที่ 4.7-4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2.1 สมบัติทางกายภาพของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

นมผึ้งสูตรที่เหมาะสม มีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 59.68±0.36 -5.35±0.17 และ 20.92±0.37 ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีสีครีมออกเหลืองซึ่งเข้มกว่าสีของนมผึ้งสด เนื่องจากนมผึ้งสูตรที่เหมาะสมนั้นมีผลึกน้ำผึ้งเป็นส่วนผสม

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC พบว่ามีอุณหภูมิการหลอมละลายของน้ำแข็ง (T_a) ในการแช่แข็งของนมผึ้งสูตรที่เหมาะสมที่ -11.39±0.81°C และมีอุณหภูมิการเสื่อมสลายเท่ากับ 168.35±1.06°C (ภาคผนวก ค-20)

4.2.2.2 สมบัติทางเคมีของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

สมบัติทางเคมีของนมผึ้งสูตรที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าค่า a_w เท่ากับ 0.66±0.00 และปริมาณความชื้น 59.67±0.03% ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเท่ากับ 7.70±0.13 0.85±0.02 0.75±0.00 และ 31.55±0.17% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางเคมีของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

สมบัติทางเคมี	**ปริมาณ (%wet basis)**
ค่า water activity (a_w)	0.66±0.00
ปริมาณความชื้น	59.67±0.03
ปริมาณโปรตีน	7.70±0.13
ปริมาณไขมัน	0.85±0.02
ปริมาณเถ้าทั้งหมด	0.75±0.00
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	31.55±0.17

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณความชื้น ค่า a_w และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าทั้งหมด น้อยกว่านมผึ้งสด แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่านมผึ้งสด ทั้งนี้เนื่องจากมีส่วนผสมของผลึกน้ำผึ้งสูงถึง 50% ซึ่งผลึกน้ำผึ้งมีปริมาณความชื้น และค่า a_w ต่ำ แต่มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาล (Zamora and Chirife, 2006) ดังตารางที่ 4.8

นมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และมอลโตส เท่ากับ 13.59±0.00 12.55±0.00 3.01±0.00 และ 0.32±0.04% ตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วผลึกน้ำผึ้งจะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเป็นส่วนประกอบหลัก (นาวี, 2550; Zamora and Chirife, 2006) ดังนั้นการมีผลึกน้ำผึ้งเป็นส่วนผสมในนมผึ้งทำให้ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคสมีมากขึ้น ซึ่งจากเดิมนมผึ้งสดมีน้ำตาลฟรุกโ ตสและกลูโคสเท่ากับ 4.06±0.02 และ 3.54±0.04% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.8 น้ำตาลในนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

น้ำตาล	ปริมาณของน้ำตาล (% w/w)
ฟรุกโตส	13.59±0.00
กลูโคส	12.55±0.00
ซูโครส	3.01±0.00
มอลโตส	0.32±0.04
แลคโตส	ไม่พบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของสารประกอบที่ระเหยง่ายในนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส โดยใช้เทคนิค HS-SPME แล้ววิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS ได้ผลดังรูปที่ 4.2 สามารถระบุชนิดของสารระเหยได้ดังตารางที่ 4.9 โดยพบว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีสารระเหยหลักๆ 2 ชนิด คือ กรดออกทาโนอิก และเอทิลวานิลลิน (ethyl vanillin) ซึ่งพบว่ากรดออกทาโนอิกเป็นส่วนประกอบหลักของสารประกอบที่ระเหยง่ายที่พบในนมผึ้ง (Nazzi *et al*., 2009) และมีสารเอทิลวานิลลินเป็นสารให้กลิ่นหลักของกลิ่นวานิลลา (Walton *et al*., 2003; Egawa *et al*., 2006)

ตารางที่ 4.9 สารระเหยง่ายที่ตรวจพบในนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

Peak No.	Retention time (นาที)	พื้นที่ (%)	สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส
1	13.844	1.18	Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane
2	14.067	5.78	Octanoic acid
3	21.737	94.22	Ethyl vanillin

หมายเหตุ : Peak No. อ้างมาจากรูปที่ 4.2

4.2.2.3 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส (ตารางที่ 4.10) พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และราน้อยกว่า 10 CFU/g และจำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องรอยัลเยลลีและผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลี (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) แสดงถึงนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.2 โครมาโตแกรมของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HSSPME-GC-MS ในนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสม

สมบัติทางจุลชีววิทยา	ปริมาณ
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	< 10
จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)	< 10
จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3

4.3 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากการนำนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด ผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30% ของปริมาณนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส และทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 3 ระดับ คือ 36 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมี ดังได้ผลตารางที่ 4.11-4.12

4.3.1 ค่าสีของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสสูตรที่เหมาะสมหลังการผสมมอลโตเด็กซ์ตริน

ค่าสี L*, a*, b* และค่า hue angle ของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสที่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินในปริมาณที่แตกต่างกันก่อนนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณมอลโตเด็กตรินมีผลต่อค่าสีของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ค่าสีของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสผสมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้ง

ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (%)	L*	a*	b*	Hue (องศา)
10	$63.45^{c} \pm 0.39$	$-5.84^{ab} \pm 0.04$	$24.42^{c} \pm 0.16$	$81.58^{a} \pm 0.08$
20	$67.60^{b} \pm 0.19$	$-5.88^{b} \pm 0.06$	$25.77^{b} \pm 0.11$	$80.41^{b} \pm 0.10$
30	$70.69^{a} \pm 0.24$	$-5.83^{a} \pm 0.06$	$26.43^{a} \pm 0.16$	$78.84^{c} \pm 0.14$

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.11 พบว่าเมื่อเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้นมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีค่าสี L* และ b* เพิ่มขึ้น และค่า hue angle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เติมลงไปมีผลต่อค่าสี a* ซึ่งปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 10 และ 30% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 20% ค่าสี L* ยังคงมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ค่าสี L* a* และ b* มีค่าสูงสุด คือ 70.69±0.24 -5.83±0.06 และ 26.43±0.16 ตามลำดับ เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว (Macare *et al*., 1993) ทำให้เมื่อผสมกับนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสจึงมีสีอ่อนลง มีค่าความสว่างมากขึ้นตามปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เติมลงไป แสดงว่าปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลต่อค่าสี และพบว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนการทำแห้งนั้นมีเฉดสีแสด

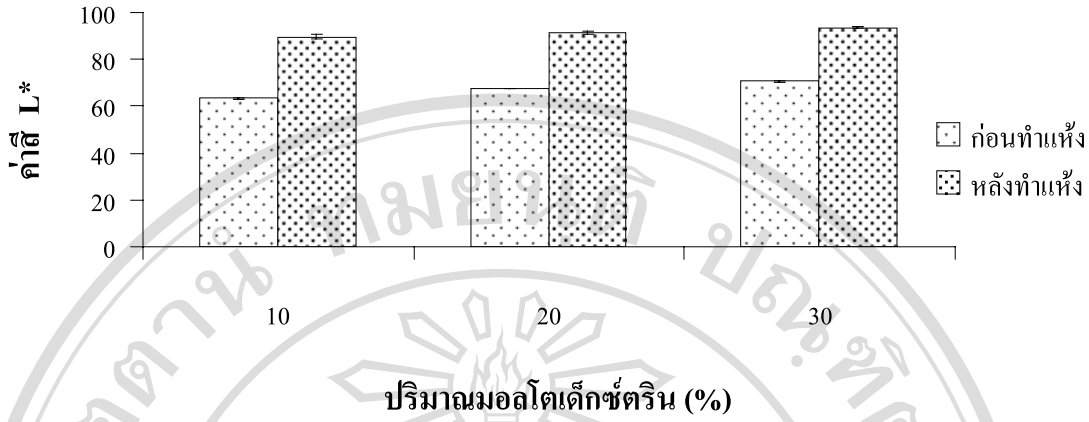
4.3.2 สมบัติทางกายภาพของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

สมบัติทางกายภาพของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้ผลดังตารางที่ 4.12

ค่าความสว่าง (L*)

จากการเปรียบเทียบค่าสี L* ของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้ง (ตารางที่ 4.11) และนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 4.12) พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งมีค่าสี L* มากกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนการทำแห้ง (รูปที่ 4.3) เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการระเหิดน้ำที่อยู่ในตัวอย่างนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสออกไป ทำให้เหลือส่วนที่เป็นของแข็ง คือ ส่วนของนมผึ้งผสมผลึกน้ำผึ้งที่อยู่ในลักษณะของแข็งแห้ง และมอลโตเด็กตริน ซึ่งส่วนของมอลโตเด็กตรินที่ไม่มีส่วนประกอบของน้ำจึงทำให้ค่าความสว่างหลังการทำแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหลังจากการทำแห้งทำให้ตัวอย่างนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสมีลักษณะเป็นของแข็งแห้ง มีรูพรุนมาก ซึ่งลักษณะการที่ตัวอย่างมีรูพรุนมากจึงทำให้ตัวอย่างมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นด้วย และการที่พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีการสะท้อนของแสงมากขึ้น เหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความสว่างมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.3 ค่าสี L* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่าสี L* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่าสี L* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หมายความว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ค่าสี L* มีค่าสูงสุด คือ 93.52±0.42 และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 48 และ 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าสี L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ มีค่า 91.41±2.29 และ 91.83±1.25 ตามลำดับ แต่เมื่อใช้เวลาการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ค่าสี L* ยังคงมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับการทำแห้ง 48 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อใช้เวลาการทำแห้ง 36 และ 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าสี L* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้ค่าสี L* มีค่าสูงสุด คือ 91.83±1.25

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลให้ค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และระยะเวลาในการทำแห้ง 48 ชั่วโมงทำให้ค่าสี L* มีค่าสูงสุด คือ 94.02±0.19

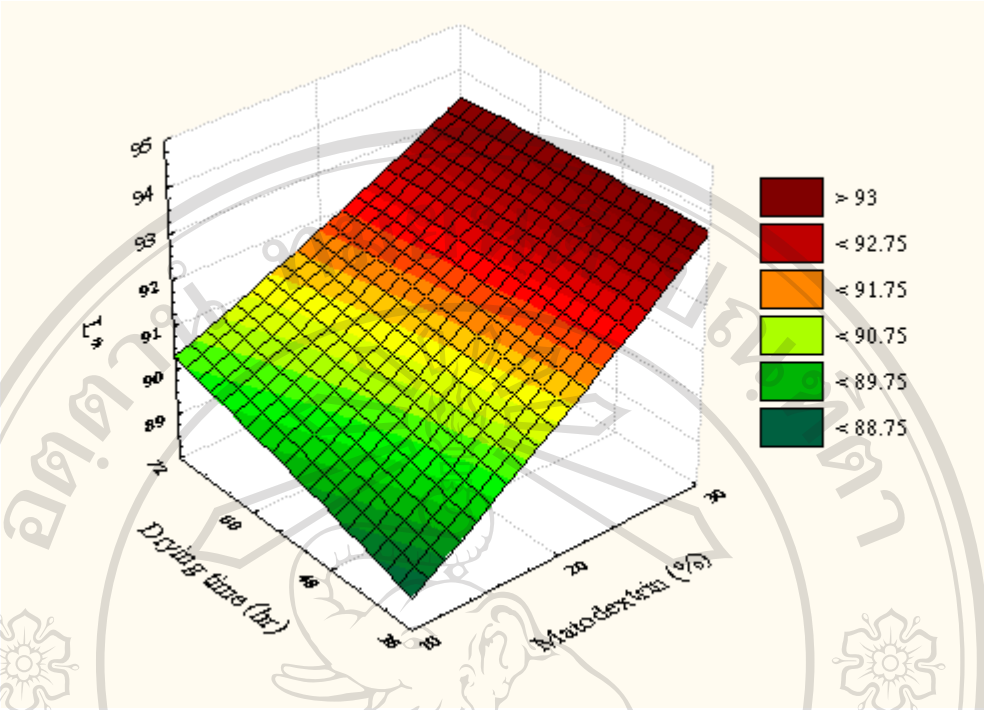
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้ง

ปัจจัย	ค่าสี				ความสามารถในการละลาย (%)	ค่ามุมกอง (°)	ความชื้น (%)	a_w
	L*	a*	b*	Hue (องศา)				
ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (%)								
10	89.46^{c}±0.98	-4.38^{c}±0.24	29.56^{c}±1.12	76.56^{c}±0.24	83.66^{c}±2.80	26.83^{a}±2.46	4.67^{a}±0.54	0.21^{a}±0.04
20	91.38^{b}±0.57	-4.13^{b}±0.39	24.41^{b}±0.97	77.15^{b}±0.56	84.76^{b}±0.92	25.89^{a}±3.05	4.01^{b}±0.50	0.20^{b}±0.02
30	93.52^{a}±0.42	-4.03^{a}±0.17	20.44^{a}±0.43	77.56^{a}±0.40	86.84^{a}±2.90	23.33^{b}±1.94	3.28^{c}±0.30	0.18^{c}±0.02
ระยะเวลาในการทำแห้ง (ชั่วโมง)								
36	91.13^{b}±1.93	-3.95^{a}±0.30	24.43^{b}±4.15	77.10^{ab}±1.09	83.55^{c}±0.96	24.61^{c}±3.06	4.55^{a}±0.75	0.24^{a}±0.03
48	91.41^{ab}±2.29	-4.44^{c}±0.27	25.35^{a}±4.47	77.00^{b}±1.21	84.73^{b}±3.61	25.39^{b}±3.25	3.84^{b}±0.53	0.19^{b}±0.01
72	91.83^{a}±1.25	-4.16^{b}±0.08	24.63^{b}±3.38	77.17^{a}±1.34	86.97^{a}±1.49	26.06^{a}±2.32	3.56^{c}±0.54	0.17^{c}±0.00
ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (%) × เวลาในการทำแห้ง (ชั่วโมง)								
10 × 36	89.03^{d}±0.61	-4.33^{c}±0.05	29.63^{a}±0.58	81.69^{a}±0.11	83.05^{d}±0.62	26.67^{abc} ±2.52	5.38^{a}±0.02	0.27^{a}±0.00
20 × 36	90.96^{c}±0.51	-3.69^{a}±0.08	23.43^{d}±0.18	81.06^{b}±0.13	84.50^{cd}±0.52	26.17^{bc}±0.76	4.62^{b}±0.01	0.23^{b}±0.01
30 × 36	93.39^{a}±0.05	-3.83^{a}±0.07	20.22^{e}±0.18	79.28^{e}±0.15	83.11^{d}±0.99	21.00^{e}±1.00	3.64^{f}±0.02	0.21^{c}±0.01
10 × 48	89.02^{d}±1.32	-4.66^{d}±0.10	30.45^{a}±1.06	81.30^{b}±0.13	80.90^{e}±0.44	29.17^{a}±1.15	4.40^{c}±0.01	0.20^{d}±0.00
20 × 48	91.19^{bc} ±0.36	-4.56^{d}±0.08	25.36^{c}±0.61	79.81^{d}±0.29	84.24^{cd}±0.88	22.67^{ce}±2.52	3.91^{e}±0.06	0.20^{d}±0.01
30 × 48	94.02^{a}±0.19	-4.09^{b}±0.10	20.24^{e}±0.39	78.57^{f}±0.00	89.06^{a}±0.92	24.33^{cd}±0.58	3.20^{h}±0.15	0.18^{ef}±0.01
10 × 72	90.33^{c}±0.29	-4.15^{b}±0.10	28.60^{b}±0.35	81.74^{a}±0.13	87.02^{b}±1.44	24.67^{cd} ±0.76	4.22^{d}±0.02	0.18^{ef}±0.01
20 × 72	92.00^{b}±0.14	-4.15^{b}±0.12	24.43^{c}±0.76	80.37^{c}±0.03	85.55^{c}±0.94	28.83^{ab}±1.26	3.48^{g}±0.04	0.18^{e}±0.01
30 × 72	93.15^{a}±0.23	-4.18^{b} ±0.04	20.87^{e}±0.36	78.66^{f}±0.19	88.35^{ab} ±0.25	24.67^{cd} ±1.15	2.98^{i}±0.02	0.17^{f}±0.00

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



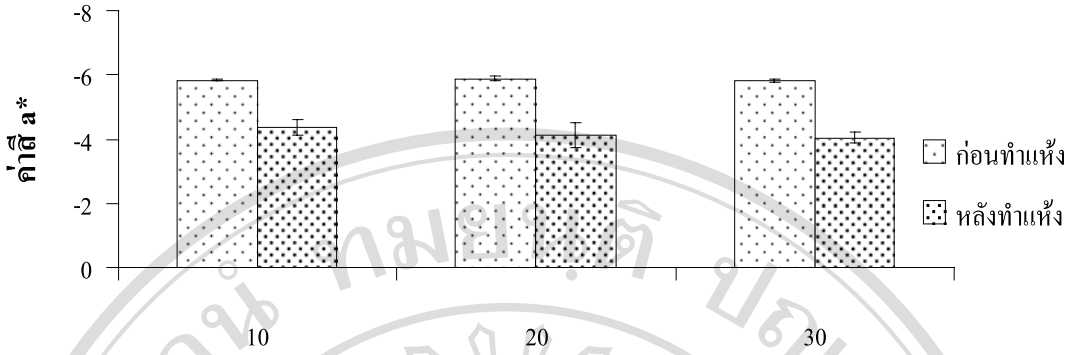
รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่าสี L* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.4 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่าสี L* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และเมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.929) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อค่าสี L* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1)

ค่าสี a*

จากการเปรียบเทียบค่าสี a* ของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้ง (ตารางที่ 4.11) และหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 4.12) พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งมีค่าสี a* น้อยกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนการทำแห้ง (รูปที่ 4.5)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



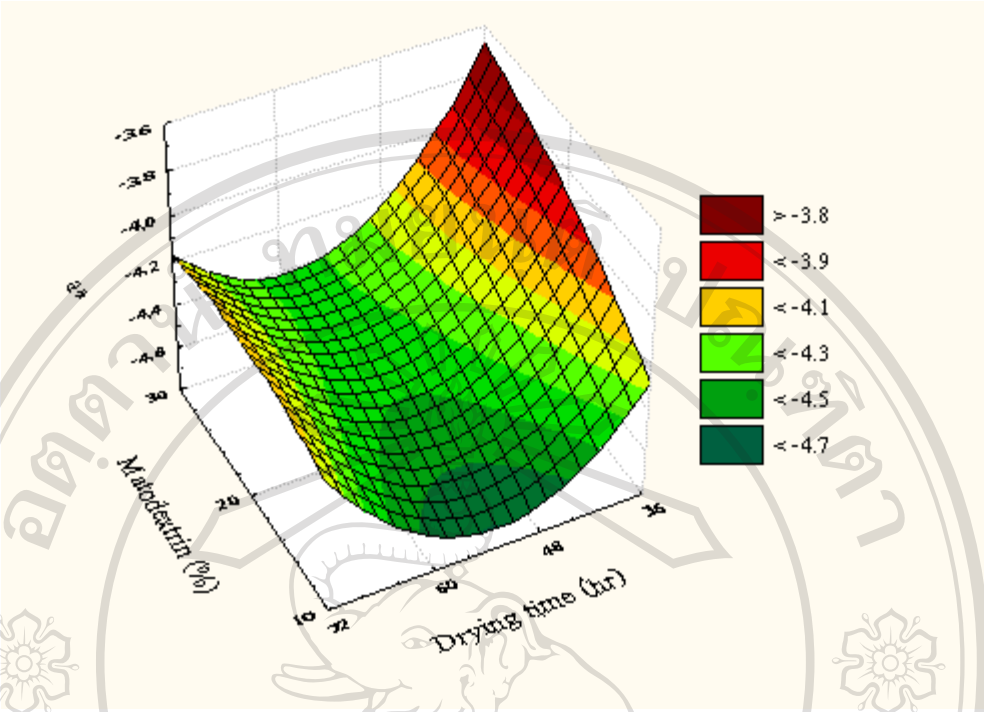
รูปที่ 4.5 ค่าสี a* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หมายความว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลต่อค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ค่าสี a* มีค่าสูงสุด คือ -4.03±0.17 และระยะเวลาในการทำแห้งมีผลทำให้ค่าสี a* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ทำให้ค่าสี a* มีค่าสูงสุด คือ -3.95±0.30

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกันมีผลให้ค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 20% และระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมงทำให้ค่าสี a* มีค่าสูงสุด คือ -3.69±0.08

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่าสี a* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และเมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.469) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสี a* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ -0.287) ซึ่งค่าสี a* ของมาจากสีแดงของผลึกน้ำผึ้งที่เติมลงในนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งการระเหิดน้ำออกจากตัวอย่างที่ผสมผลึกน้ำผึ้ง ทำให้สีของผลึกน้ำผึ้งในตัวอย่างผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสซีดลง

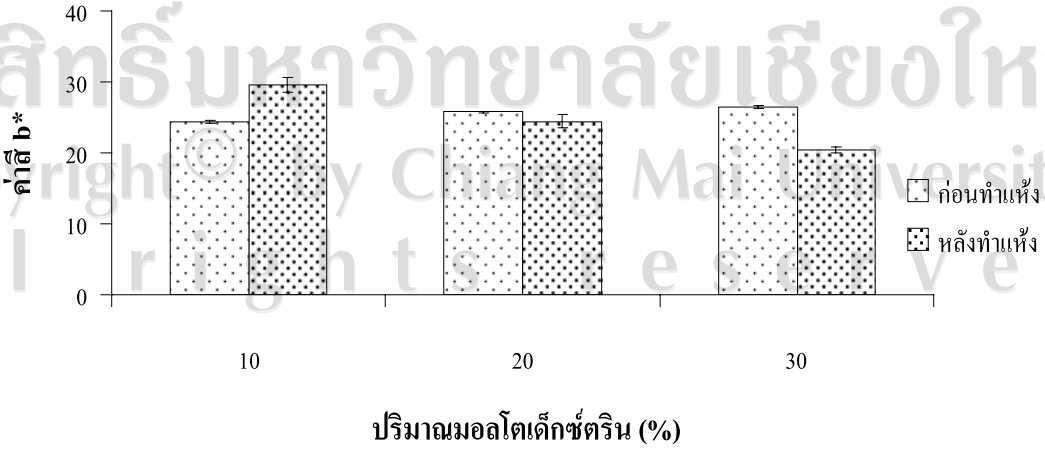
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.6 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่าสี a* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

ค่าสี b*

จากการเปรียบเทียบค่าสี b* ของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้ง (ตารางที่ 4.11) และหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 4.12) พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งมีค่าสี b* มากกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนการทำแห้ง (รูปที่ 4.7)

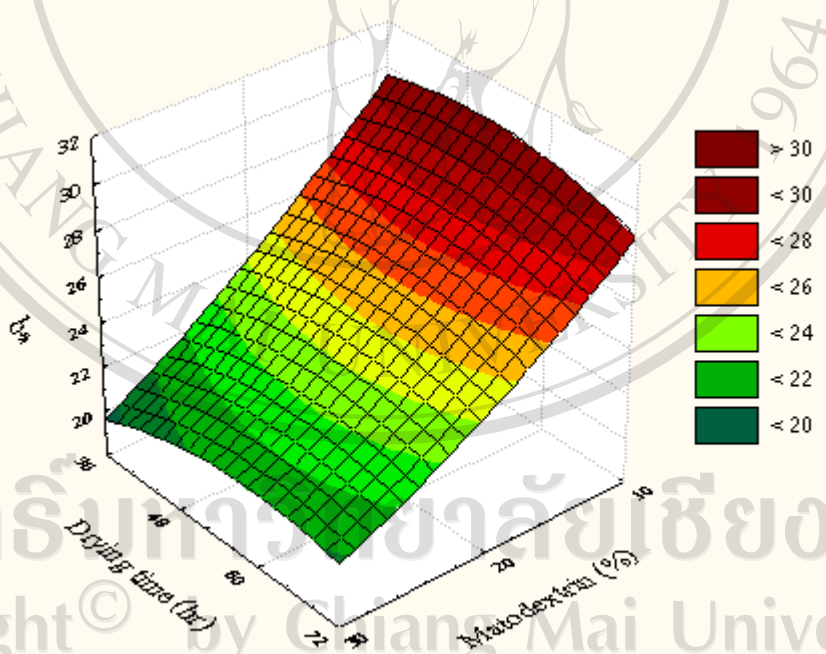


รูปที่ 4.7 ค่าสี b* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หมายความว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลต่อค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ค่าสี b* มีค่าสูงสุด คือ 20.44±0.43 และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 36 และ 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่าสี b* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 24.43±4.15 และ 24.63±3.38 ตามลำดับ และเมื่อใช้เวลาการทำแห้ง 48 ชั่วโมง มีผลทำให้ค่าสี b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการทำแห้งที่ 36 และ 72 ชั่วโมง โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 48 ชั่วโมง ทำให้ค่าสี b* มีค่าสูงสุด คือ 25.35±4.47

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลให้ค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% และระยะเวลาในการทำแห้ง 48 ชั่วโมงทำให้ค่าสี b* มีค่าสูงสุด คือ 30.45±1.06



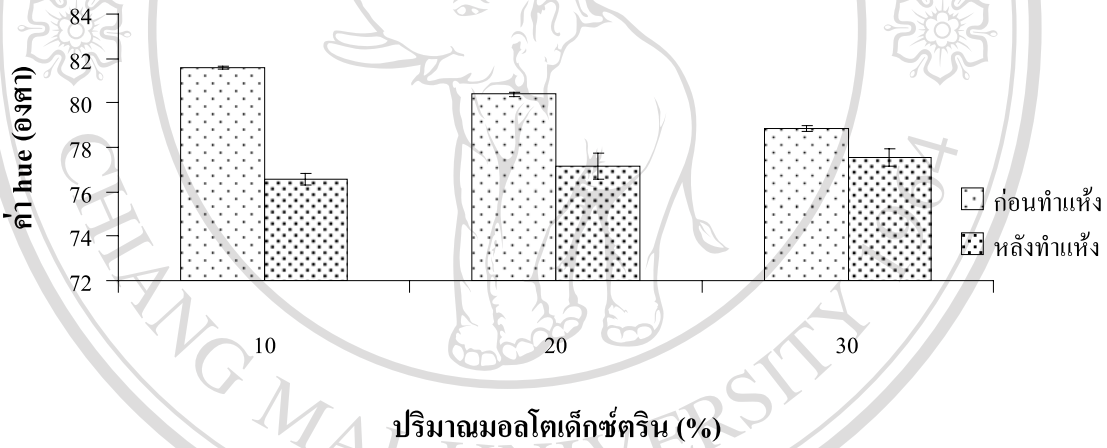
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.8 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่าสี b* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.8 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่าสี b* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และเมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่า b* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.975) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อค่าสี b* อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1)

ค่า hue angle

จากการเปรียบเทียบค่า hue ของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนการทำแห้ง (ตารางที่ 4.11) และหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ตารางที่ 4.12) พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งมีค่า hue น้อยกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนการทำแห้ง (รูปที่ 4.9)



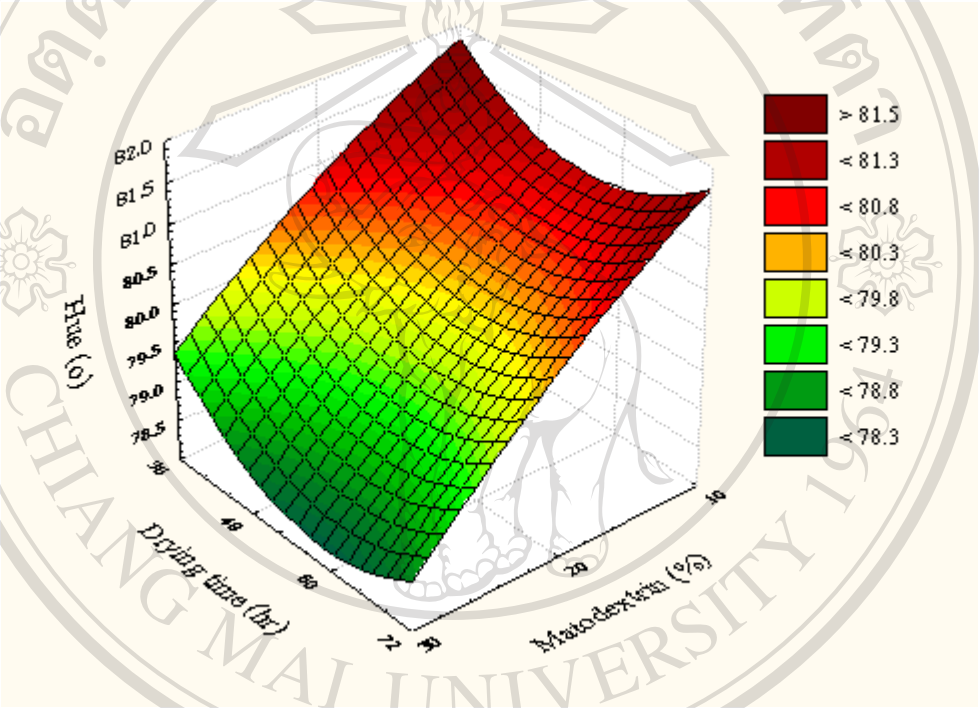
รูปที่ 4.9 ค่า hue angle ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ก่อนและหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่า hue มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หมายความว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลต่อค่า hue ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ค่า hue มีค่าสูงสุด คือ 77.56±0.43 องศา และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 36 และ 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่า hue ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 77.10±1.09 และ 77.17±1.34 องศา ตามลำดับ แต่เมื่อใช้ระยะเวลาการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ค่า hue ยังคงมีค่าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ 77.10±1.09 และ 77.00±1.21 องศา ตามลำดับ กับการทำแห้ง 48 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อใช้ระยะเวลาการทำแห้ง 48 และ 72 ชั่วโมง ส่งผลให้ค่า hue มีความแตกต่างกันอย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้ค่า hue มีค่าสูงสุด คือ 77.17±1.34 องศา

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลให้ค่า hue ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% และระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมงทำให้ค่า hue มีค่าสูงสุด คือ 81.74±0.13 องศา



รูปที่ 4.10 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่า hue angle ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.10 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่าhue angle ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และเมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งส่งผลให้ค่า hue angle มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ มีค่าเท่ากับ 0.939 และ 0.143 ตามลำดับ)

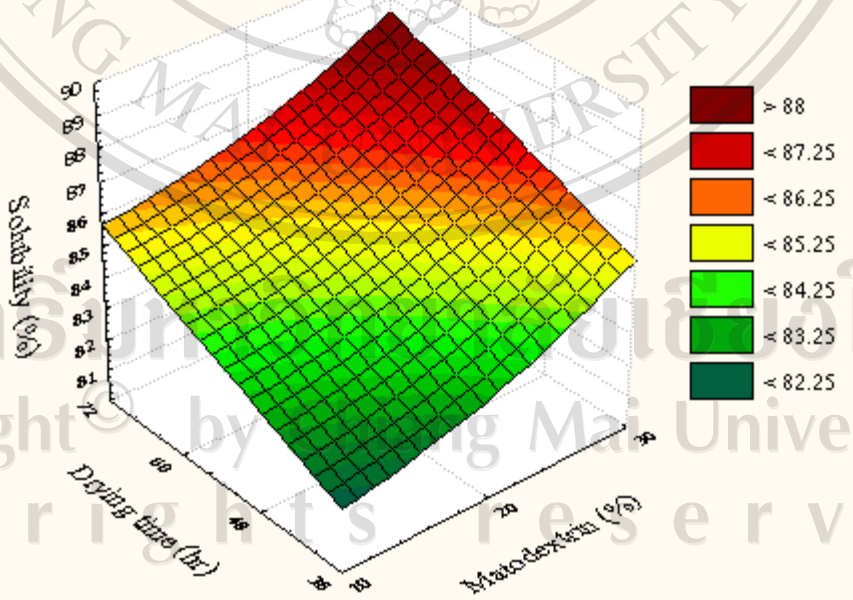
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถในการละลาย

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการละลายของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ความสามารถในการละลายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าสูงสุด คือ 86.84±2.90% และระยะเวลาในการทำแห้งทำให้ความสามารถในการละลายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าสูงสุด คือ 86.97±1.49%

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลให้ความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และเวลาในการทำแห้ง 48 ชั่วโมงทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าสูงสุด คือ 89.06±0.92% (ตารางที่ 4.12) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างกับ ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง คือ 88.35±0.25%



รูปที่ 4.11 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อความสามารถในการละลายของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูปที่ 4.11 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อความสามารถในการละลายของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และเมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ ความสามารถในการละลายมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง มีค่าเท่ากับ 0.498) เนื่องจากมอลโตเด็กตริน สามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (Klinkesorn *et al*., 2004) จึงทำให้ความสามารถในการละลาย มีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง มีค่าเท่ากับ 0.535) เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้โครงสร้างของตัวอย่างเกิดเป็นรูพรุน ทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีแนวโน้มที่ละลายน้ำได้เร็ว (Rahman and Perera, 1999)

ความสามารถในการไหล

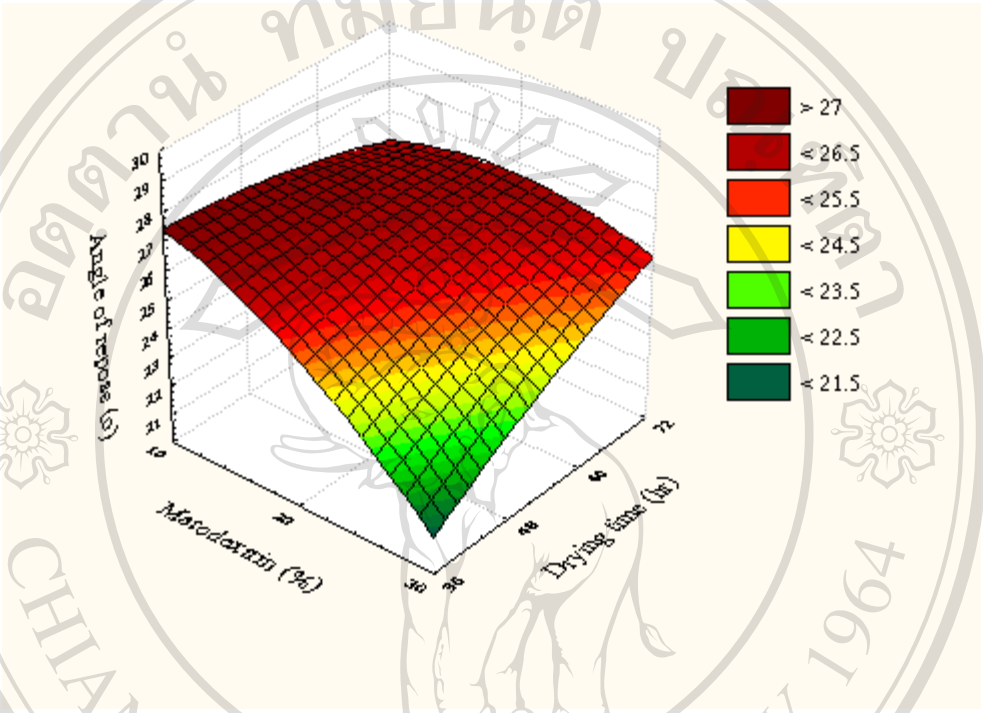
จากการวิเคราะห์ความสามารถในการไหลของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่แสดงในรูปของค่ามุมกอง (angle of repose) พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อความสามารถในการไหลของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ามุมกองลดลง

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 10 และ 20% ส่งผลทำให้ค่ามุมกองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ 26.83±2.46 และ 25.89±3.05 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 30% ส่งผลทำให้ค่ามุมกองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 10 และ 20% โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% ทำให้มีค่ามุมกองสูงสุด คือ 26.83±2.46 และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้มีค่ามุมกองต่ำสุด คือ 23.33±1.94 องศา และระยะเวลาในการทำแห้งทำให้ค่ามุมกองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้ค่ามุมกองสูงสุด คือ 26.06±2.32 องศา และระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ทำให้มีค่ามุมกองต่ำสุด คือ 24.61±3.06 องศา

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลทำให้ค่ามุมกองของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% และระยะเวลาในการทำแห้ง 48 ชั่วโมงทำให้ค่ามุมกองมีค่าสูงสุด คือ 29.17±1.15 องศา และผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และระยะเวลาในการทำแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

36 ชั่วโมงทำให้ค่ามุมกองมีค่าต่ำสุด คือ 21.00±1.00 องศา และพบว่าทุกสิ่งทดลองมีค่ามุมกองต่ำกว่า 30 องศา แสดงให้เห็นได้ว่าตัวอย่างมีความสามารถในการไหลที่ดีมาก (free flowing) (Gustva *et al*., 2005)



รูปที่ 4.12 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อความสามารถในการไหลที่แสดงเป็นค่ามุมกองของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.12 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อความสามารถในการไหลที่แสดงเป็นค่ามุมกองของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้ง เมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่ามุมกองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.510) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่ามุมกองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจากการใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำของตัวอย่างมีค่าลดลง เพราะเกิดการระเหิดของน้ำออกไปมากขึ้นด้วย อีกทั้งการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินลงไป ส่งผลให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความสามารถในการไหลที่ดี เนื่องจากมีสมบัติการเป็นสารลดการเกาะติด เพื่อช่วยลดความเหนียวของตัวอย่างผง และความสามารถในการดูดซับความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) (Madene *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 สมบัติทางเคมีของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้ผลดังตารางที่ 4.12

Water activity (a_w)

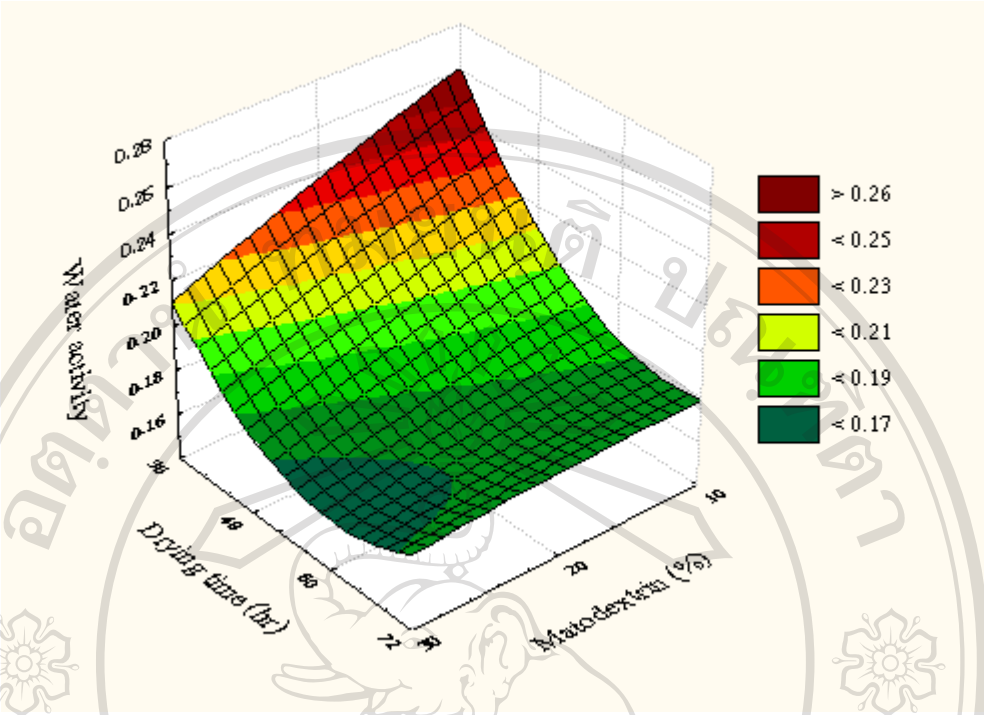
จากการวิเคราะห์ค่า a_w ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อค่า a_w ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินส่งผลให้ค่า a_w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% ทำให้มีค่า a_w คือ 0.21±0.04 และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้มีค่า a_w ต่ำสุด คือ 0.18±0.02 และระยะเวลาในการทำแห้งทำให้ค่า a_w มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ทำให้ค่า a_w สูงสุด คือ 0.24±0.03 และระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้มีค่า a_w ต่ำสุด คือ 0.17±0.00

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลทำให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% และระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมงทำให้ค่า a_w มีค่าสูงสุด คือ 0.27±0.00 และผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้ค่า a_w มีค่าต่ำสุด คือ 0.17±0.00

จากรูปที่ 4.13 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งต่อค่า a_w ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้ง เมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์รินในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ ค่า a_w มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.400) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ค่า a_w มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง มีค่าเท่ากับ 0.812)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.13 ผลของระยะเวลาในการทำแห้ง และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่า water activity ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

ปริมาณความชื้น

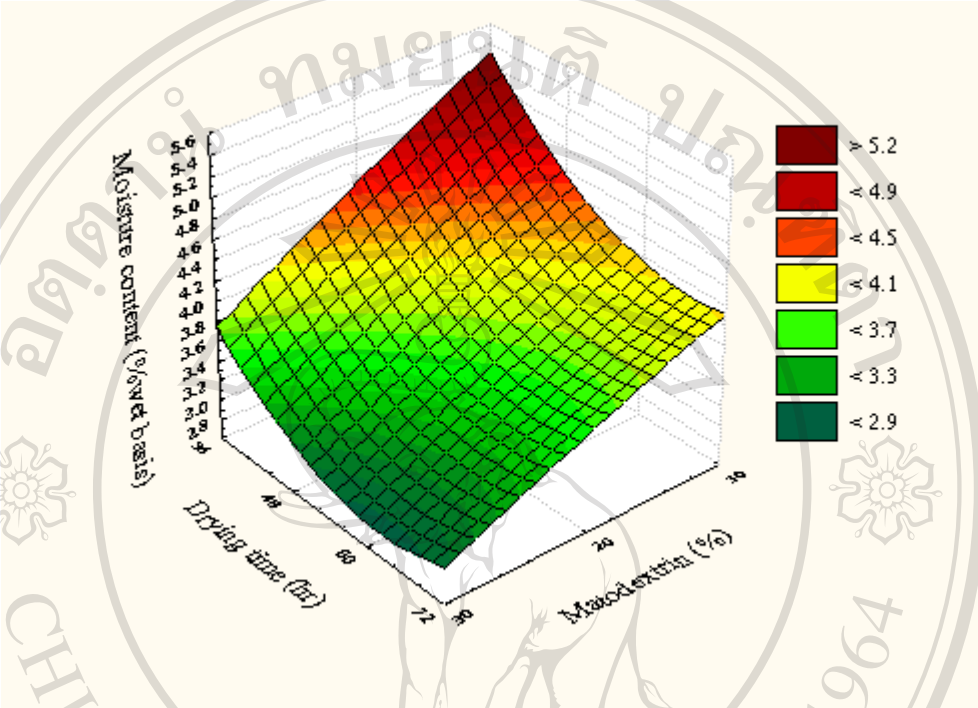
จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% ทำให้มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ 4.67±0.54 และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ทำให้มีปริมาณความชื้นต่ำสุด คือ 3.28±0.30 และระยะเวลาในการทำแห้งทำให้ปริมาณความชื้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ 4.55±0.75 และระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณความชื้นต่ำสุด คือ 3.56±0.54%

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และระยะเวลาในการทำแห้งที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 10% และระยะเวลาในการทำแห้ง 36 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณความชื้นค่าสูงสุด คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.38±0.02% และผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% และระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมงทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าต่ำสุด คือ 2.98±0.02%



รูปที่ 4.14 ผลของระยะเวลาในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.14 แสดงผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและระยะเวลาในการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้ง เมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์รินในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ ปริมาณความชื้น มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง ข-1 มีค่าเท่ากับ 0.796) และเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation ตาราง มีค่าเท่ากับ 0.563)

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะการผลิตนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่เหมาะสมที่สุด คือ ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 30% ของปริมาณนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส และใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 72 ชั่วโมง ทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณความชื้น และค่า a_w ต่ำที่สุด และมีค่าความสามารถในการละลายสูง ค่ามุมกองต่ำแสดงถึงความสามารถในการไหลของผงที่ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของนมผึ้งผงและผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากการนำตัวอย่างนมผึ้งผง (100%) และนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผลิตได้ในสภาวะการผลิตที่เหมาะสม ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส แล้วทำการเปรียบเทียบคุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.13

4.4.1 สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่าค่าสี L*, a* และ b* ความสามารถในการละลาย และความสามารถในการไหลแสดงในรูปค่ามุมกอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

สมบัติทางกายภาพ	นมผึ้งผง	นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส
ค่าสี		
L*	94.90^{a}±0.04	93.19^{b}±0.09
a*	-2.91^{a}±0.04	-4.20^{b}±0.03
b*	20.07^{b}±0.06	20.90^{a}±0.04
ความสามารถในการละลาย (%)	72.47^{b}±0.01	89.56^{a}±0.11
ความสามารถในการไหล (ค่ามุมกอง (°))	37.67^{b}±1.53	24.67^{a}±1.15
T_g (°C)	54.52^{b}±1.50	56.46^{a}±1.12

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีค่าสี L* เท่ากับ 94.90±0.04 และ 93.19±0.09 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ -2.91±0.04 และ -4.20±0.03 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ 20.07±0.06 และ 20.90±0.04 ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการละลาย เท่ากับ 72.47±0.01 และ 89.56±0.11% ตามลำดับ และค่ามุมกองเท่ากับ 37.67±1.53 และ 24.67±1.15 องศา ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ DSC thermogram พบว่า T_g ของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส เท่ากับ 54.52±1.50 และ 56.46 ±1.12ºC พบว่าทั้งนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับค่า T_g ของหางนมผงที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 4.3% (Ozmen and Langrish, 2002) (ภาผนวก ค-21 และ ค-22

ตามลำดับ) โดยค่า T_g จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหารระหว่างการแปรรูป และคุณภาพของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษา

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่า นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีค่าสี L* a* และค่ามุมกองที่น้อยกว่านมผึ้งผง แต่มีค่าสี b* และความสามารถในการละลายที่มากกว่านมผึ้งผง แสดงว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีสีเข้มกว่า ผงสามารถไหลได้ดีกว่า สามารถละลายน้ำได้มากกว่านมผึ้งผง เนื่องจากนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีผลึกน้ำผึ้ง และมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้มีสีที่เข้มกว่านมผึ้งผง ค่าสี L* จึงมีค่าน้อยกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินลงไป 30% ของปริมาณนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสก็ตาม ซึ่งมอลโตเด็กซ์ตรินมีความสามารถในการดูดซับความชื้นต่ำ (low hygroscopy) และเป็นสารที่ช่วยป้องกันการจับตัวกัน (anticaking) (Madene *et al*, 2005) จึงสามารถช่วยลดการเกาะติดของอนุภาคผงได้ เช่นเดียวกับผลึกน้ำผึ้งที่ทำให้ผงของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีลักษณะที่ร่วน จึงทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีค่ามุมกองที่น้อยกว่านมผึ้งผง แสดงว่ามีความสามารถในการไหลอย่างอิสระ (free flowing) เนื่องจากมีค่ามุมกองต่ำกว่า 30 องศา (Gustva *et al*., 2005; Geldart *et al*., 2006) ส่วนนมผึ้งผงสามารถดูดซับความชื้นได้สูง (high hygroscopy) ส่งผลให้อนุภาคผงเกิดการเกาะติดกัน ค่ามุมกองจึงมากกว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส แต่ยังคงถือว่านมผึ้งผงมีความสามารถในการไหลได้ดีปานกลาง (medium flowing) เนื่องจากมีค่ามุมกองมากกว่า 30 องศาเล็กน้อย แต่ยังอยู่ช่วง 30-45 องศา (Gustva *et al*., 2005; Geldart *et al*., 2006) ผลึกน้ำผึ้งสามารถละลายน้ำได้ดีมาก ทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความสามารถในการละลายมากกว่านมผึ้งผง อีกทั้งในปริมาณที่เท่ากันของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสและนมผึ้งผงนั้น พบว่านมผึ้งผงประกอบด้วยปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าที่มากกว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส จึงไม่สามารถละลายได้ทั้งหมด และละลายน้ำได้น้อยกว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผสมมอลโตเด็กซ์ตรินที่สามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (Klinkesorn *et al*., 2004) จึงทำให้มีค่าความสามารถในการละลายที่ดีมาก และพบว่าค่า T_g ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมากกว่านมผึ้งผง เนื่องจากนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีการผสมมอลโตเด็กซ์ตรินที่เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีค่า T_g สูง ส่งผลให้ T_g ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสสูงขึ้นด้วย (Kurozawa *et al*., 2009)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2 สมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้าทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส มอลโตส และแลคโตส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

สมบัติทางเคมี	นมผึ้งผง	นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส
Water activity (a_w)	0.21^{a}±0.00	0.18^{b}±0.00
ปริมาณความชื้น (%wet basis)	4.29^{a}±0.15	2.98^{b}±2.04
ปริมาณโปรตีน (N × 6.25) (%wet basis)	39.17^{a}±0.53	10.22^{b}±0.02
ปริมาณไขมัน (%wet basis)	2.93^{a}±0.02	0.62^{b}±0.00
ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%wet basis)	2.81^{a}±0.01	0.97^{b}±0.00
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (%wet basis)	50.81^{b}±0.49	85.52^{a}±0.35
น้ำตาล (%w/w)		
- ฟรุกโตส	15.83^{a}±0.59	14.77^{b}±1.93
- กลูโคส	21.59^{b}±1.66	23.61^{a}±1.82
- ซูโครส	18.49^{a}±1.91	15.15^{b}±0.02
- มอลโตส	6.47^{a}±0.12	4.71^{b}±0.84
- แลคโตส	0.44^{b}±0.09	1.32^{a}±0.43

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีระหว่างนมผึ้งผง และนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (ตารางที่ 4.14) พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีค่า a_w ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าน้อยกว่านมผึ้งผง แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่านมผึ้งผง เนื่องจากนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีผลึกน้ำผึ้งและมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีผลึกน้ำผึ้งเป็นส่วนประกอบถึง 50% ของปริมาณนมผึ้ง และมอลโตเด็กซ์ตรินถึง 30% ของปริมาณนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งผลึกน้ำผึ้งมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้าต่ำ และคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งไม่มีไขมันเป็นองค์ประกอบในน้ำผึ้ง (นาวี, 2550) อีกทั้งมอลโตเด็กซ์ตรินมีความชื้นประมาณ 3-5% (Macare *et al*., 1993)

นมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส มอลโตส และแลคโตสที่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการทำแห้งนั้นทำให้นมผึ้งผงมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส ซูโครส และมอลโตสที่มากกว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส และที่นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากกว่านมผึ้งผง เนื่องจากนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีส่วนประกอบของผลึก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำผึ้งผสมอยู่ด้วย ซึ่งผลึกน้ำผึ้งนั้นจะประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสเป็นองค์ประกอบหลัก คิดเป็นประมาณ 80-85% ของของแข็งในน้ำผึ้ง (นาวี, 2550) และพบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณน้ำตาลแลคโตสมากกว่านมผึ้งผง จากการวิเคราะห์น้ำตาลนมผึ้งสด และนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส (ตารางที่ 4.2 และ 4.8 ตามลำดับ) พบว่าวิเคราะห์ไม่พบน้ำตาลแลคโตสในทั้งสองตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Sesta (2006) ที่ไม่พบน้ำตาลแลคโตสในนมผึ้งสดเช่นกัน ที่เป็นแบบนี้เนื่องจากนมผึ้งสดมีปริมาณน้ำอยู่มากถึง 60-70% น้ำหนักเปียก (Krell, 1996) ทำให้ไม่สามารถตรวจพบน้ำตาลแลคโตสที่มีปริมาณน้อยมากได้ หลังจากผ่านการแห้ง ทำให้นมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณความชื้นประมาณ 5-6% น้ำหนักเปียก ซึ่งเหมือนเป็นการทำให้ตัวอย่างมีความเข้มข้นขึ้น ดังนั้นจึงตรวจพบน้ำตาลแลคโตส แต่พบในปริมาณน้อย

จากตารางที่ 4.15 แสดงถึงสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในนมผึ้งผง ที่สังเคราะห์พบ ซึ่งพบว่ามี 4 ชนิดที่สามารถระบุได้ คือ Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane, Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodecamethyl-cyclopentasiloxane, Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl และ Benzoic acid, 2,5-bis(trimethylsiloxy)-, trimethylsily ester (ภาคผนวก ค-26-30) และพบว่าชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งพบว่ามี 5 ชนิดที่สามารถระบุได้ คือ Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane, Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodecamethyl-cyclopentasiloxane, Ethyl Vanillin, Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl และ Benzoic acid, 2, 5- bis (trimethyl siloxy)-, trimethylsily ester (ภาคผนวก ค-31-33) ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีสารเอทิลวานิลลิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ระเหยง่ายชนิดหลักที่พบในวานิลลาจากธรรมชาติ (Walton *et al*., 2003) พบว่าความสูงของพีคของสารเอทิลวานิลลิน ของ นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (รูปที่ 4.16) น้อยกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส (รูปที่ 4.2) เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการระเหิดน้ำในตัวอย่างออกไป ซึ่งวานิลลินสามารถละลายน้ำได้ (Budavari *et al*., 1996) จึงทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผ่านการทำแห้งมีความสูงของพีคน้อยกว่านมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.15 โครมาโตแกรมของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HSSPME- GC-MS ในนมผึ้งผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.16 โครมาโตแกรมของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย HSSPME- GC-MS ในนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.15 การระบุชนิดของสารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรสในนมผึ้งผง และนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

ตัวอย่าง	Peak No.	Retention time (นาที)	พื้นที่ (%)	สารประกอบระเหยง่ายที่ให้กลิ่นรส
นมผึ้งผง[1]				
	1	13.698	28.9	Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane
	2	18.474	37.90	Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodecamethyl-cyclopentasiloxane
	3	22.791	13.79	Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl
	4	25.839	20.02	Benzoic acid, 2, 5-bis(trimethylsiloxy)-, trimethylsily ester
นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส[2]				
	1	13.704	8.40	Cyclopentasiloxane, decamethyl หรือ decamethyl-cyclopentasiloxane
	2	18.469	13.55	Cyclopentasiloxane, dodecamethyl หรือ dodecamethyl-cyclopentasiloxane
	3	21.732	51.07	Ethyl vanillin
	4	22.791	11.29	Silanamine, N-[2, 6-dimetyhl-4-[(trimethylsily)oxy)phenyl]-1,1,1-trimethyl
	5	25.840	15.69	Benzoic acid, 2, 5-bis(trimethylsiloxy)-, trimethylsily ester

หมายเหตุ : [1] Peak No. อ้างมาจากรูปที่ 4.15

[2] Peak No. อ้างมาจากรูปที่ 4.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3 สมบัติทางจุลชีววิทยา

จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยาของทั้งนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (ตารางที่ 4.16) พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราของ พบว่ามีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g และมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 MPN/g ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องรอยัลเยลลีและผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลี (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) เนื่องมาจากนมผึ้งมีคุณสมบัติในการเป็นสารที่สามารถต้านการเจริญของจุลินทรีย์ได้หลายชนิด (Fontana *et al*., 2004) และสามารถยับยั้งการเจริญของรา (Kamakura *et al*., 2001; อิทธิพล, 2545) จึงทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้มีน้อยมาก แสดงให้เห็นว่าทั้งนมผึ้งผงและผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.16 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

สมบัติทางจุลชีววิทยา	นมผึ้งผง	นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10
จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10
จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3	< 3

4.4.4 สมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (ตาราง 4.17) พบว่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ และด้านสีได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสชาติ และความชอบรวมพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบนมผึ้งผงในด้านลักษณะปรากฏมากกว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ส่วนนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีคะแนนความความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบ มากกว่านมผึ้งผง

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ของนมผึ้งผง และนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านสีของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะพบว่าด้านลักษณะปรากฏของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีคะแนนความชอบน้อยกว่านมผึ้งผง อาจเนื่องจากนมผึ้งผงมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีครีม ออกเหลืองอ่อน ลักษณะเหมือนนมผงทั่วไป ส่วนนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสนั้น มีผลึกน้ำผึ้งเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้เวลาบดออกมา ลักษณะผงจึงไม่ละเอียดทั่วกันทั้งหมด มีลักษณะเป็นผงร่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และมีสีเข้มกว่านมผึ้งผง จึงทำให้ได้คะแนนในทั้งด้านลักษณะปรากฏน้อยกว่านมผึ้งผง แต่คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสนั้นได้คะแนนความชอบมากกว่าของนมผึ้งผง ซึ่งอาจเนื่องจากมีการเติมผงวานิลลา และผลึกน้ำผึ้งในผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อปรับปรุงคุณภาพในด้านกลิ่น และรสชาติเดิมของนมผึ้ง ซึ่งคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของนมผึ้งผงอยู่ในช่วงคะแนน 4.07-4.60 คือ อยู่ในระหว่างไม่ชอบเล็กน้อย ส่วนนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส อยู่ในช่วงคะแนน 7.03-7.13 คือ ชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคชอบ หรือพึงพอใจในนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมากกว่านมผึ้งผง

ตารางที่ 4.17 คะแนนความชอบของผู้บริโภคในการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างนมผึ้งผงและนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

ผลิตภัณฑ์	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
นมผึ้งผง	7.73±0.83	7.23±0.90	4.60^{b}±1.67	4.07^{b}±1.31	4.47^{b}±1.17
นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส	6.83±1.21	7.43±1.10	7.03^{a}±1.10	7.10^{a}±0.84	7.13^{a}±0.77

หมายเหตุ : 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2) ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.5 อัตราส่วนในการชงละลายที่เหมาะสมของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อหาอัตราส่วนการชงละลายที่เหมาะสม โดยมี 4 อัตราส่วนของนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสต่อน้ำ คือ 3:100 6:100 9:100 และ 12:100 พบว่าแต่ละอัตราส่วนมีผลต่อคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งคะแนนความชอบด้านการละลายน้ำ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นวานิลลา รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในช่วง 5.83±1.34 ถึง 7.50±0.94 6.10±1.45 ถึง 7.10±0.92 5.47±1.14 ถึง 7.37±0.93 5.47±0.82 ถึง 6.87±0.94 5.00±0.87 ถึง 6.23±1.30 และ 5.30±0.84 ถึง 6.80±0.71 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.18 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสชงละลาย

คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส : น้ำ			
	3:100	6:100	9:100	12:100
การละลายน้ำ	7.50^{a}±0.94	6.80^{b}±0.96	6.63^{b}±0.93	5.83^{c}±1.34
ลักษณะปรากฏ	6.10^{b}±1.45	6.80^{a}±1.06	7.00^{a}±1.20	7.10^{a}±0.92
สี	5.47^{c}±1.14	6.67^{b}±0.92	6.83^{b}±1.15	7.37^{a}±0.93
กลิ่นวานิลลา	5.47^{c}±0.82	6.33^{b}±0.76	6.80^{a}±0.89	6.87^{a}±0.94
รสชาติ	5.00^{b}±0.87	5.93^{a}±1.14	6.20^{a}±1.13	6.23^{a}±1.30
ความชอบรวม	5.30^{b}±0.84	6.43^{a}±0.82	6.80^{a}±0.71	6.63^{a}±1.33

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในแต่ละกลุ่มปัจจัย อักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อัตราส่วนของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสต่อน้ำ มีผลต่อคะแนนความชอบด้านต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าอัตราส่วนที่ 3:100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 7.50±0.94 รองลงมา คือ อัตราส่วน 6:100 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 9:100 คือ 6.80±0.96 และ 6.63±0.93 ตามลำดับ และอัตราส่วน 12:100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 5.83±1.34 ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่าอัตราส่วนที่ 12 :100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 7.10±0.92 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 9:100 และ 6:100 คือ 7.00±1.20 และ 6.80±1.06 ตามลำดับ และอัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.10±1.45 ส่วนคะแนนความชอบด้านสี พบว่าอัตราส่วนที่ 12:100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 7.37±0.93 รองลงมา คือ อัตราส่วน 9:100 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 6:100 คือ 6.83±1.15 และ 6.67±0.92 ตามลำดับ และอัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 5.47±1.14 ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นวานิลลา พบว่าอัตราส่วนที่ 12 :100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 6.87±0.94 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 9:100 คือ 6.80±0.89 รองลงมา คือ อัตราส่วน 6:100 และ 3:100 ตามลำดับ มีคะแนน 6.33±0.76 และ5.47±0.82 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติ พบว่าอัตราส่วนที่ 12 :100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 6.23±1.30 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 9:100 และ 6:100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ 6.20±1.13 และ 5.93±1.14 ตามลำดับ และอัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 5.00±0.87 และคะแนนความชอบด้านความชอบ พบว่าอัตราส่วนที่ 9:100 มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ 6.80±0.71 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับอัตราส่วน 12:100 และ 6:100 คือ 6.63±1.33 และ 6.43±0.82 ตามลำดับ และอัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 5.30±0.84

จากตารางที่ 4.18 เมื่อเพิ่มปริมาณนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมากขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบในการละลายลดลง เนื่องจากปริมาณผงที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การละลายน้ำช้าลง ซึ่งจะใช้เวลาในการคนผสมเครื่องดื่มนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสนานขึ้น จึงทำให้อัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบสูงสุด และอัตราส่วน 12:100 ได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด ส่วนคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นวานิลลา รสชาติ และความชอบรวมเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพิ่มขึ้น

โดยที่อัตราส่วน 3:100 มีคะแนนความชอบในด้านการละลายสูงสูด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น และคะแนนความชอบด้านอื่นๆ มีคะแนนความชอบต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น ซึ่งที่อัตราส่วน 6:100 มีคะแนนความชอบในด้านต่างอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีคะแนนไม่ต่างกับอัตราส่วนที่ 9:100 ยกเว้นด้านกลิ่นวานิลลามีคะแนนความชอบต่างกับอัตราส่วน 9:100 ส่วนที่อัตราส่วน 9:100 มีคะแนนความชอบในด้านการละลายในระดับปานกลาง ส่วนด้านชอบในด้านต่างๆ มีคะแนนความชอบไม่ต่างกับอัตราส่วน 12:100 ยกเว้นความชอบด้านสีที่มีคะแนนความชอบต่างกับอัตราส่วน 12:100 และที่อัตราส่วน 12:100 มีคะแนนความชอบในด้านการละลายน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น ซึ่งความชอบในด้านต่างๆ ได้คะแนนสูงสุดแต่ก็ไม่ต่างกับอัตราส่วน 9:100 เนื่องจากระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสไม่สูงพอที่จะทำให้ผู้ทดสอบแยกคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้อย่างชัดเจน

จากผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการชงละลายน้ำของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสนั้นมีด้วยกันหลายอัตราส่วน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีคะแนนความชอบในแต่ละด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคลว่าต้องการเลือกใช้อัตราส่วนใดในการชงละลายเครื่องดื่มนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งถ้ามองในด้านการตลาดพบว่าขึ้นอยู่กับความจริงใจของผู้ผลิต หากต้องการลดต้นทุนการผลิตลงก็เลือกใช้อัตราส่วน 9:100 แต่หากมองในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากที่สุดก็เลือกอัตราส่วน 12:100 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีความสอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.19 ค่า Pearson's correlation ของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ปัจจัย	สมบัติทางประสาทสัมผัส					
	การละลาย	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นวานิลลา	รสชาติ	ความชอบรวม
อัตราส่วนของผง : น้ำ	-0.48**	0.29**	0.53**	0.52**	0.37**	0.44**

หมายเหตุ : ** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

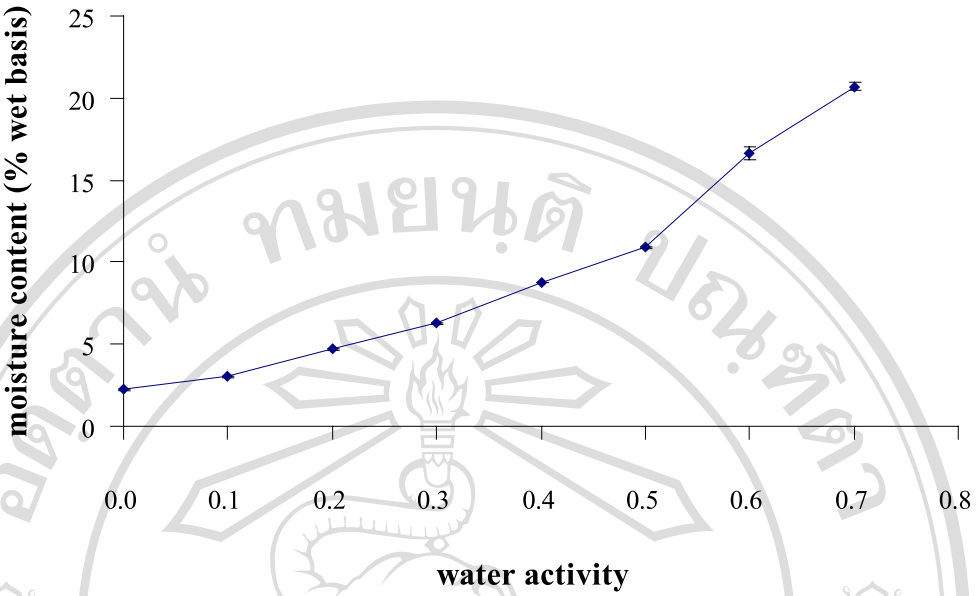
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสต่อปริมาณน้ำต่อคะแนนความชอบในด้านการละลาย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นวานิลลา รสชาติ และความชอบรวม เมื่อพิจารณาจากค่า Pearson's correlation (ตารางที่ 4.19) พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงต่อน้ำมากขึ้น กล่าวคือเมื่อปริมาณนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมากขึ้น ทำให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นวานิลลา รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation มีค่าเท่ากับ 0.29 0.53 0.52 0.37 และ 0.44 ตามลำดับ) และทำให้คะแนนความชอบในด้านการละลายของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) (ค่า Pearson's correlation มีค่าเท่ากับ 0.48)

4.6 ลักษณะซอปชันไอโซเทอร์มของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากการนำนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสจากสภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อหาลักษณะของซอปชันไอโซเทอร์มด้วยวิธี gravimetric method โดยเก็บรักษาตัวอย่างนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระดับ a_w เท่ากับ 0.0-0.7 ที่ที่อุณหภูมิ 28±5°C จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุล (Bell and Labuza, 2000) จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และค่า a_w ซึ่งจะได้ลักษณะซอปชันไอโซเทอร์มแสดงดังรูปที่ 4.17

ซอปชันไอโซเทอร์มเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในตัวอย่างอาหารกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหรือค่า a_w ซึ่งจะมีกระบวนการเพิ่มความชื้น (adsorption) เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีผลต่อค่า a_w ด้วย (นิธิยา, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.17 ลักษณะซอปชันไอโซเทอร์มของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส

จากรูปที่ 4.17 แสดงลักษณะซอปชันไอโซเทอร์มของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่าเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จากการที่นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณน้ำอิสระ (free water) เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเกิดจากการดูดซับความชื้นจากบรรยากาศเมื่อความชื้นสัมพัทธ์หรือค่า a_w สูงขึ้น (นิธิยา, 25 51) เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศหรือค่า a_w ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตจากค่า a_w ในช่วง 0.0-0.5 พบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสค่อยๆ เริ่มมีมีการดูดความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในปริมาณเพียงเล็กน้อยในช่วงแรก ทำให้เส้นกราฟ adsorption isotherm มีความชันน้อย ซึ่งช่วงเส้นกราฟในช่วงแรกนี้จะแสดงลักษณะของพวกที่มีสามารถดูดซับความชื้นต่ำ (low hygroscopic) (นิธิยา, 2551) และเมื่อค่า a_w สูงขึ้นคือตั้งแต่ที่ค่า a_w 0.5 ขึ้นไปจนถึงค่า a_w 0.7 ลักษณะของเส้นกราฟจะมีความชันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปลายอย่างชัดเจน ซึ่งเส้นกราฟในช่วงปลายนี้จะแสดงลักษณะของพวกที่มีสามารถดูดซับความชื้นสูง (hight hygroscopic) (นิธิยา, 25 51) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากนมผงผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเป็นของผสม (mixture) ระหว่างผลึก (cystalline) และอสัณฐาน (amorphous) โดยส่วนของผลึกมาจากผลึกน้ำผึ้งซึ่งมีสมบัติที่ไม่ดูดซับความชื้น (non hygroscopic) และส่วนของอสัณฐานมาจากนมผึ้ง และมอลโตเด็กซ์ตริน ที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี (very hygroscopic) ซึ่งการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นไม่สามารถทำให้ผลึกเกิดการละลายได้ ดังนั้นผลึกน้ำผึ้งที่อยู่ภายในนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรสจึงคงสภาพผลึกดังเดิม อีกทั้งนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสยังประกอบด้วยผลึกน้ำผึ้งที่มีปริมาณถึง 50% ของปริมาณนมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส ซึ่งอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลหรือเกลือสูง เนื่องจากมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

capillary ต่ำจะแสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารพวก hygroscopicity (นิธิยา, 2551) จากรายงานการวิจัยของ Saltmarch and Labuza (1980) กล่าวถึงการศึกษาลักษณะซอปชันไอโซเทอร์มของเวย์หวานผง (sweet whey powders) ที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งเวย์ที่ประกอบด้วยส่วนของผลึก 65% จะแสดงถึงลักษณะของพวกที่ไม่ดูดซับความชื้น ส่วนเวย์ที่มีประกอบด้วยส่วนของผลึก 3% จะแสดงถึงลักษณะของพวกดูดซับความชื้นได้ดี

หากต้องการเก็บรักษานมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสให้มีคุณภาพดีนั้นควรจะเก็บรักษาที่ต่ำกว่าค่า a_w 0.3 หรือมีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 35% ซึ่งจะมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 5-6% น้ำหนักเปียก ซึ่งคุณภาพหรือมาตรฐานของนมผึ้งที่ระเหยน้ำออกจนแห้งกำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 5% โดยน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) (ภาคผนวก จ) และค่า a_w ควรต่ำกว่า 0.5 เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา หากอาหารผงมีปริมาณความชื้นต่ำจะส่งผลดีต่อคุณภาพของอาหารผงเนื่องจากปลอดภัยจากการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา และป้องกันไม่ให้อาหารผงเกาะตัวรวมกัน (Barbosa-Canovas *et al*., 2005)

4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสในระหว่างการเก็บรักษา

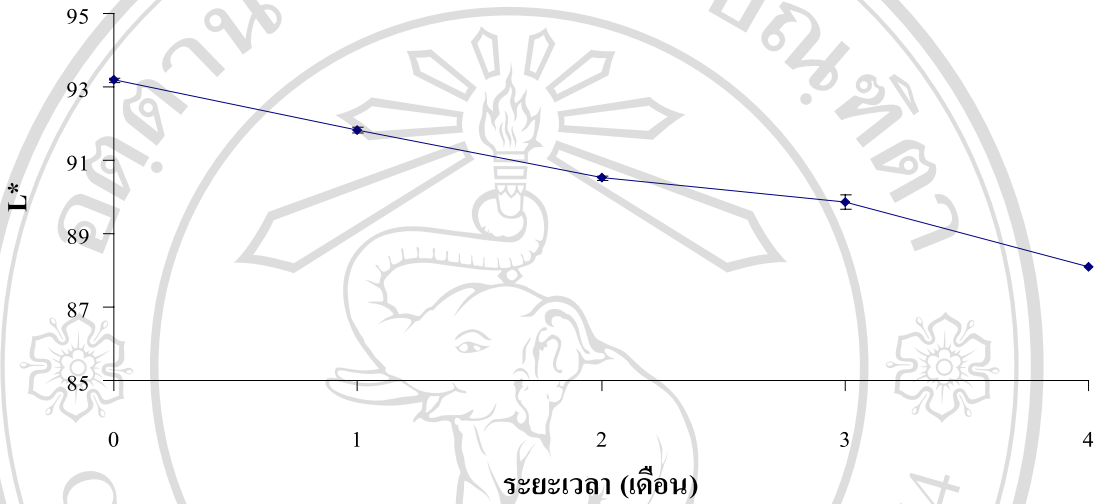
จากการนำนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัส โดยเก็บตัวอย่างนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่อุณหภูมิ 28±5°C เป็นระยะเวลา 4 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ หนึ่งเดือน แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัสของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ได้ผลดังนี้ (ภาคผนวก ตาราง ข-2 และ ข-3)

การเปลี่ยนแปลงของสี

ในระหว่างการเก็บรักษานมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส โดยค่าสี L* และ b* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่ 4.18 และ 4.20 ตามลำดับ และค่าสี a* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังรูปที่ 4.19 การที่ค่าความสว่างลดลงหรือมีสีที่เข้มขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา, 2551) ซึ่งองค์ประกอบหลักของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสประกอบด้วยโปรตีน และน้ำตาล ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในนมผึ้ง และผลึกน้ำผึ้งเกิดการทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของโปรตีนซึ่งมีอยู่ในนมผึ้งประมาณ 14-15% (Krell, 1996) นมผึ้งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ง่ายกว่านมผึ้งสด เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งอาศัยการระเหิดน้ำออก ทำให้นมผึ้งมีความเข้มข้นของปริมาณโปรตีน และน้ำตาลสูง (Antonelli *et al*., 2003) ปริมาณความชื้น และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

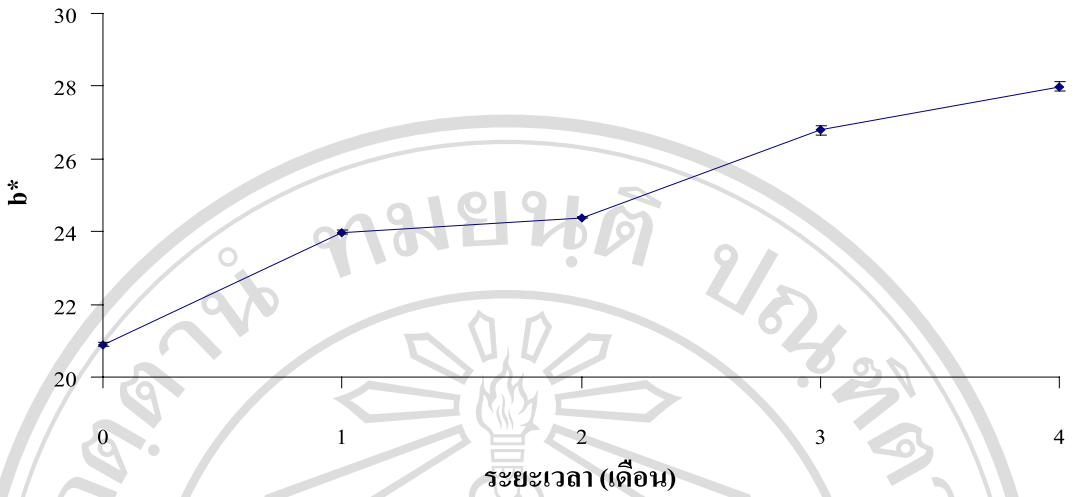
และพบว่าถ้าในอาหารมีน้ำตาลฟรุกโตสทำให้อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพิ่มขึ้นเป็น 5-10 เท่า (นิธิยา, 2551) ซึ่งจะพบน้ำตาลฟรุกโตสในนมผึ้งมากที่สุด (Krell, 1996) และผลึกน้ำผึ้งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตสมีปริมาณอยู่ถึง 38.19%โดยเฉลี่ย (Sharquie, 2004; Ouchemoukh *et al*., 2007)



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

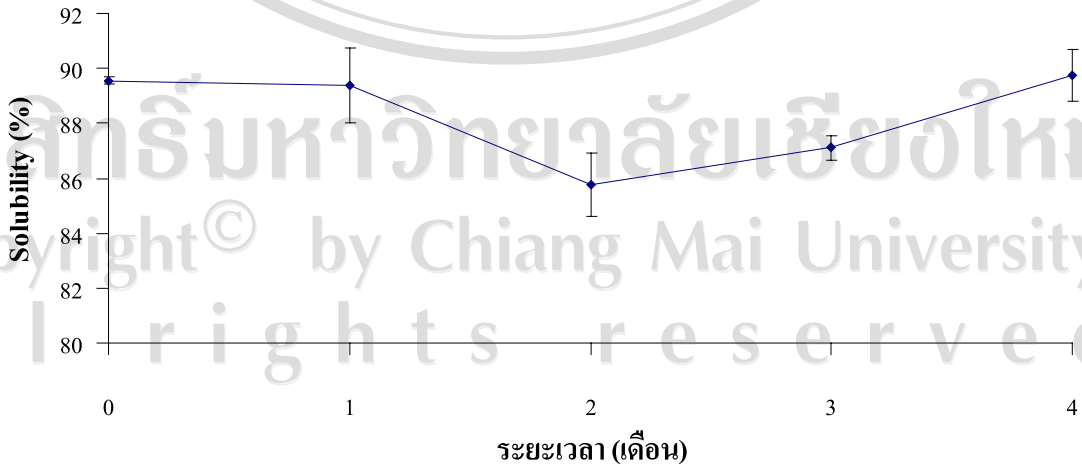
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี b* ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

ความสามารถในการละลาย (%)

ความสามารถในการละลายของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ในระหว่างการเก็บรักษาเดือนที่ 1 ถึงช่วงเดือนที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนขึ้นไป พบว่าความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 4.16) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการระเหิดน้ำที่อยู่รูปน้ำแข็งในตัวอย่าง ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของผลึกน้ำแข็ง และเกิดโครงสร้างที่เป็นรูพรุน ทำให้นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีแนวโน้มที่ละลายน้ำได้เร็ว (Rahman and Perera, 1999)

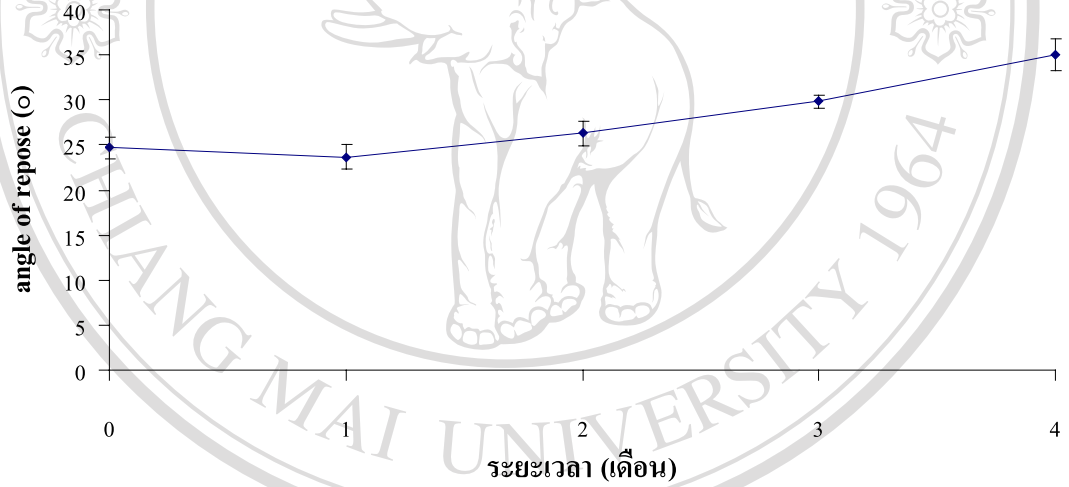


รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการละลายของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถในการไหล

จากรูปที่ 4.22 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่ามุมกองของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงว่ามีความสามารถในการไหลลดลง โดยในเดือนที่ 4 มีค่ามุมกอง เท่ากับ 35.00±1.79 องศา แสดงว่าตัวอย่างยังมีความสามารถในการไหลที่ดี เพราะว่ามีค่ามุมกองมากกว่า 30 องศาเพียงเล็กน้อย (Gustva *et al*., 2005; Geldart *et al*., 2006) อาจเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษานมผึ้งปรุงแต่งกลิ่นรส อนุภาคผงเกิดการดูดซับความชื้นในอากาศที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดการเกาะติดกันของอนุภาคผง ทำให้ค่ามุมกองเพิ่มสูงขึ้น พบว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผงเพียงเล็กน้อยก็สามารถเพิ่มค่ามุมกองได้มากกว่า 100% (Zou and Brusewitz, 2002) ซึ่งพบว่านมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความสามารถในการไหลที่ดี ถึงแม้จะเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือนแล้วก็ตาม แต่ค่ามุมกองก็ยังคงมีค่าต่ำอยู่



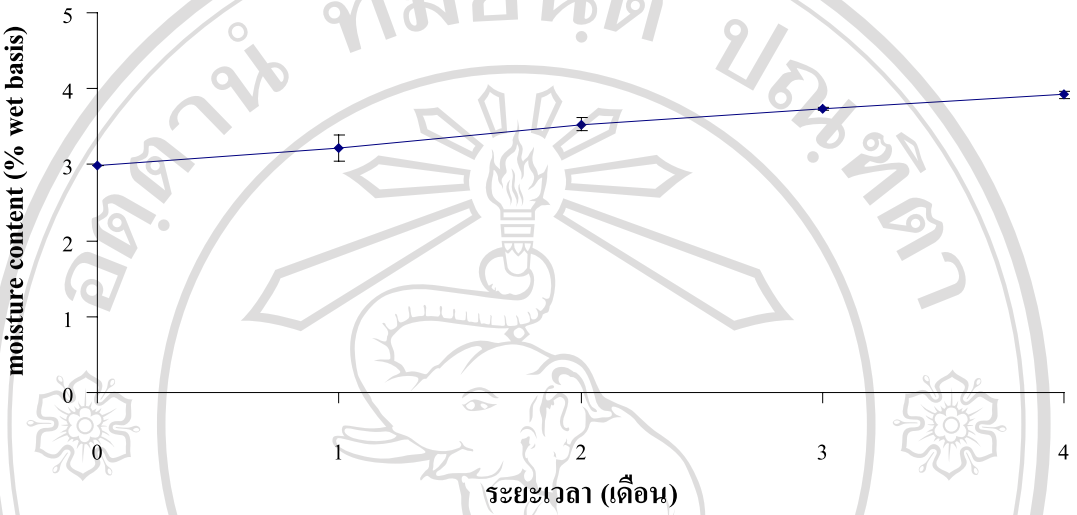
รูปที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการไหล (ค่ามุมกอง) ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณความชื้น

จากรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสได้ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งซึ่งอาศัยการระเหยน้ำในตัวอย่างออกไป ทำให้เกิดรูพรุนเมื่อน้ำออกจากตัวอย่าง จึงทำให้ตัวอย่างมีลักษณะแห้งเป็นรูพรุน และสามารถเกิดการดูดซับความชื้นจากอากาศได้อย่างรวดเร็ว (Rahman and Perera, 1999) พบว่าระหว่างการเก็บรักษาปริมาณความชื้นมีการเปลี่ยนแปลง และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยมีปริมาณความชื้นสูงสุดในเดือนที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 3.92±0.05% น้ำหนักเปียก ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนด คือ มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 5% ของน้ำหนัก เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์พวกนมผง นมปรุงแต่งชนิดแห้งอัดเม็ด ไอศกรีมชนิดแห้งหรือผง (กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

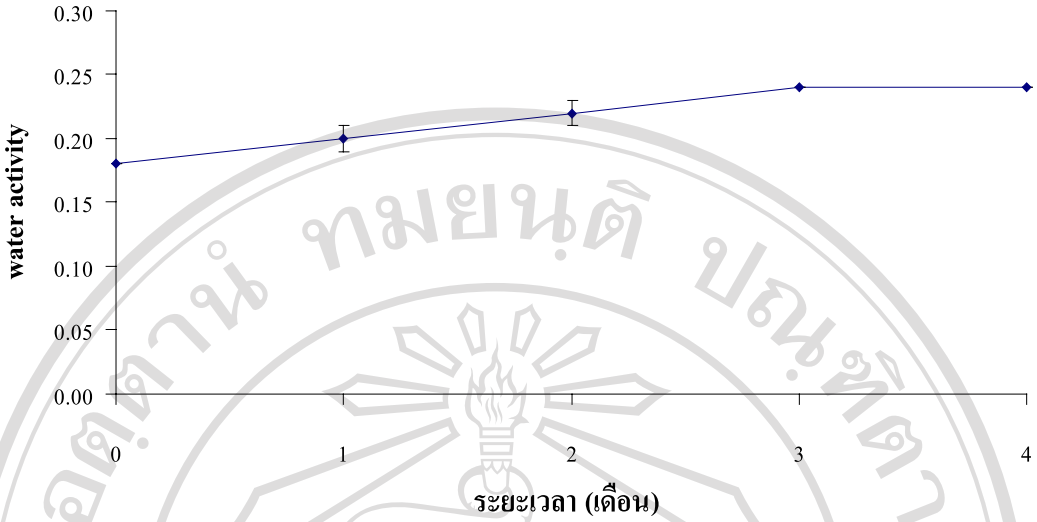


รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

Water activity (a_w)

จากรูปที่ 4.24 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า a_w ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษานมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสโดยค่า a_w มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับปริมาณความชื้น อาจเนื่องจากอนุภาคผงดูดซับความชื้นในอากาศ จึงทำให้ตัวอย่างมีปริมาณชื้นเพิ่มขึ้น มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้นด้วย โดยค่า a_w ในเดือนที่ 4 เท่ากับ 0.24±0.00 แสดงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ที่มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.60 (นิธิยา, 2551) อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ลักษณะคล้ายกับผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งรส เช่น นมผง มีค่า a_w ในช่วง 0.20-0.30 กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง 0.20 ผงโกโก้ 0.40 และไข่ผง 0.30-0.40 (นิธิยา, 2551; Damodaran *et al*., 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงของค่า a_w ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

4.7.6 สมบัติทางจุลชีววิทยา

จากการวิเคราะห์สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (ตารางที่ 4.21) มีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g ซึ่งคุณภาพได้เป็นไปตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องรอยัลเยลลีและผลิตภัณฑ์รอยัลเยลลีที่ได้กำหนดไว้ (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์นมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ถึงแม้จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 เดือนก็ตาม

ตารางที่ 4.20 สมบัติทางจุลชีววิทยาของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

เดือนที่	จำนวน (CFU/g)	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์และรา
1	< 10	< 10
2	< 10	< 10
3	< 10	< 10
4	< 10	< 10

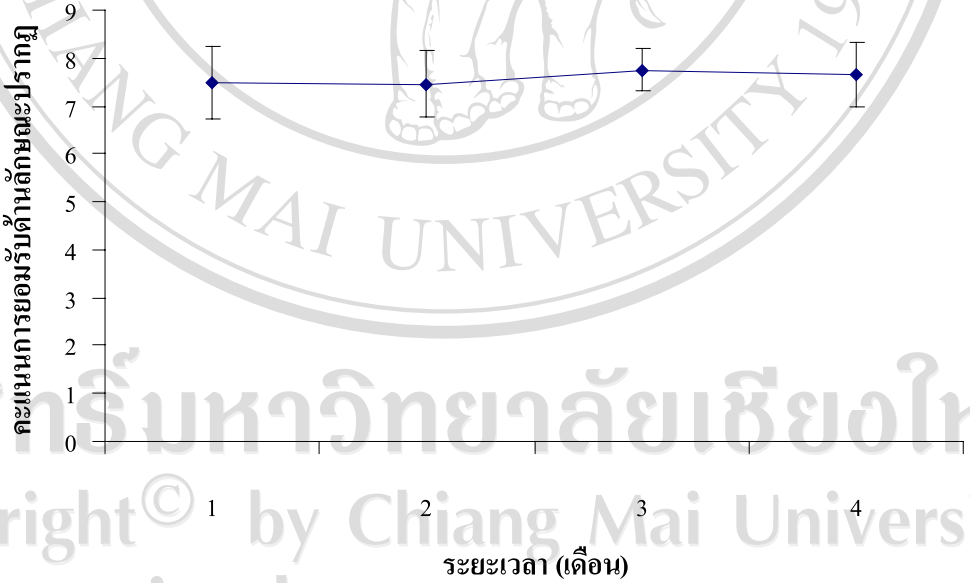
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.7 สมบัติทางด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส (ภาคผนวก ตาราง ข -3) พบว่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสวานิลลา และความชอบรวม ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเก็บระยะเวลาในการเก็บรักษานมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสเพิ่มขึ้น ทำให้สมบัติทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่นวานิลลา และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง และรสหวานมีแนวโน้มลดลง

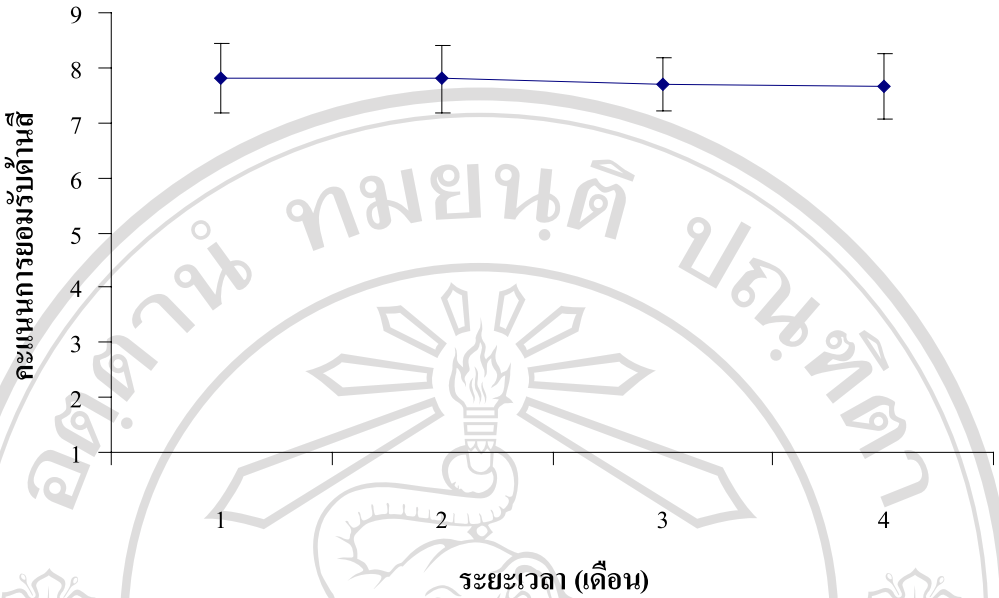
จากรูปที่ 4.25 ถึง 4.29 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรส ในระหว่างเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 4 เดือน จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คะแนนความชอบในด้านต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งแบบเยือกแข็งสามารถช่วยรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สีของนมผึ้ง กลิ่นของวานิลลา รสหวานจากผลึกน้ำผึ้งได้เป็นอย่างดี ลักษณะสีของอาหารที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

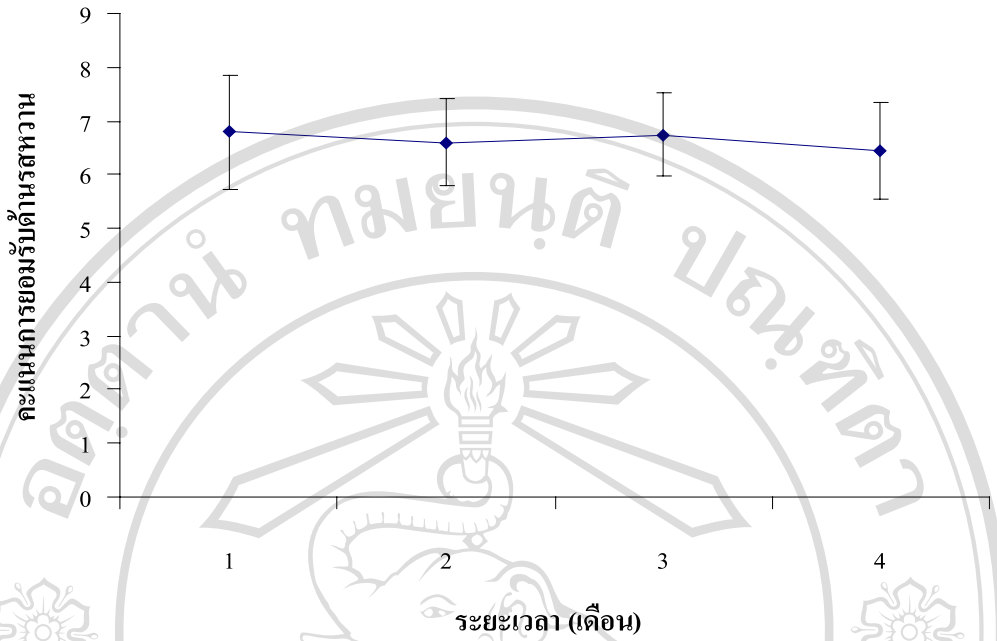
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นวานิลลาของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของนมผึ้งผงปรุงแต่งกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved