บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของนมถั่วเหลือง

ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เตรียมนมถั่วเหลืองโดยแช่ถั่วเหลืองในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำมาล้างน้ำให้สะอาด บดถั่วเหลืองโดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลือง : น้ำ เท่ากับ 1:5 ต้มที่อุณหภูมิ 90 °ซ 5 นาที แล้วนำไปกรอง ก็จะได้นมถั่วเหลืองสำหรับทำไอศครีมถั่วเหลือง ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และ เคมี ของนมถั่วเหลือง แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติกายภาพ และเคมีของนมถั่วเหลือง

คุณลักษณะ	ผลวิเคราะห์
สมบัติทางกายภาพ	
ความข้นหนืด (เซนติพอยส์)	32.13 ± 0.62
ค่าสี L	77.07 ± 0.01
ค่าสี a	0.30 ± 0.04
ค่าสี b	10.71 ± 0.05
สมบัติทางเคมี	
เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (Total solid , %)	9.76 ± 0.11
โปรตีน (N x 6.25 , %)	4.89 ± 0.01
ไขมัน (%)	2.11 ± 0.06
เถ้า (%)	0.52 ± 0.01
พีเอช (pH)	6.60 ± 0.01
กรดแลคติค (%)	0.22 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.1 แสดงสมบัติทางกายภาพ และเคมีของนมถั่วเหลืองที่ใช้อัตราส่วนของถั่วเหลือ : น้ำเท่ากับ 1 : 5 พบว่า ค่าสี L (ค่าความสว่าง) เท่ากับ 77.07 ค่าสี a (สีแดง) เท่ากับ 0.30 ค่าสี b (สีเหลือง) เท่ากับ 10.71 ซึ่งจะเห็นว่านมถั่วเหลืองมีสีขาวนวล เพราะ ค่า L มีค่ามาก และค่า a และ b ที่เป็นบวกมีค่าไม่สูงมาก มีพีเอช เท่ากับ 6.60 กรดแลคติค เท่ากับ 0.22 % ความข้นหนืดเท่ากับ 32.13 เซนติพอยส์ นมถั่วเหลือง ที่เตรียมอัตราส่วนถั่วเหลือง : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 มีส่วนประกอบดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด 9.76 % โปรตีน 4.89 % ไขมัน 2.11 % และ เถ้า 0.52 % ซึ่งสอดคล้องกับ Tanteeratarm *et al.*, (1993) รายงานว่า นมถั่วเหลืองสำหรับทำไอศครีมต้องมีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด 10 % และโปรตีน 4.50 % เพื่อให้ได้ไอศครีมถั่วเหลืองมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน นมถั่วเหลืองที่เตรียมได้มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับนมโคคือนมโคมีโปรตีน 3.1 % ไขมัน 3.5 % คาร์โบไฮเดรต 5 % และ เถ้า 0.7 % (FAO , 1978) ดังนั้นการใช้นมถั่วเหลืองทำไอศครีม สามารถทดแทนนมโคได้ดี เพราะนมถั่วเหลืองยังมีกรดอะมิโนที่สำคัญ เช่น ไอโซลิวซีน (isoleucin) ลิวซิน (leucine) ไลซิน (lysine) ฯลฯ และ ไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ ดังเช่นนมโคโดยเฉพาะผู้ที่มีระดับเอนไซม์แลคเตสต่ำ (Liu , 1997)

4.2 ผลการทำ Ideal Ratio Profile Test

จากการทดสอบเค้าโครงสัดส่วน (Ideal Ratio Profile Test) ทำโดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (Sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งที่เหมาะสม (Ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถบอกความต้องการของผู้บริโภคในเชิงปริมาณได้

การแปลความหมายของค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean Ideal Ratio Score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ค่าสัดส่วนเฉลี่ย

ถ้าสัดส่วนเฉลี่ย = 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้นไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะที่ดีเท่ากับลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภคในอุดมคติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าสัดส่วนเฉลี่ย > 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงลักษณะนั้น ๆ ลง

ถ้าสัดส่วนเฉลี่ย < 1.00 หมายความว่า ลักษณะนั้น ๆ มีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงลักษณะนั้น ๆ ขึ้น

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0 หมายความว่าผู้ทดสอบชิมมีความเห็นตรงกัน

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ≤ 0.5หมายความว่าผู้ทดสอบชิมมีความเห็นต่างกันบ้าง

ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ≥ 0.5หมายความว่าผู้ทดสอบชิมมีความเห็นต่างกันมาก ในกรณีนี้ต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบ ต้องมีเหตุผลอื่นประกอบก่อนที่จะตัดสินใจดำเนินการในขั้นต่อไป

นำตัวอย่างไอศครีมถั่วเหลืองซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ นมถั่วเหลือง 72.5 % ไขมันพืช 15 % น้ำตาลทราย 12.5 % สารให้ความคงตัว 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 % ไปทดสอบผู้บริโภค 62 คน ด้วยวิธี Ideal Ratio Profile Technique เพื่อที่จะหาจุดที่ดีที่สุดที่อยู่ในอุดมคติของแต่ละคุณลักษณะของไอศครีมถั่วเหลือง แสดงผลดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าสัดส่วนเฉลี่ย (Mean Ideal Ratio Score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างไอศครีมถั่วเหลือง (สเกล 0 -15 เซนติเมตร)

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ตัวอย่างไอศครีม	ค่าอุดมคติ	ค่าเฉลี่ย S/I	t
สีที่ปรากฏ (อ่อน – เข้ม)	6.12 ± 2.38	6.79 ± 2.57	0.93 ± 0.26	-2.10*
รสหวาน (น้อย – มาก)	7.25 ± 2.29	7.97 ± 1.64	0.93 ± 0.28	-2.05*
ความมัน (น้อย – มาก)	9.11 ± 1.73	8.31 ± 1.67	1.15 ± 0.44	2.75*
กลิ่นรสถั่วเหลือง (น้อย – มาก)	7.11 ± 1.90	6.34 ± 2.09	1.20 ± 0.42	3.79*
ความเรียบเนียน (น้อย – มาก)	9.25 ± 2.16	9.78 ± 2.11	0.96 ± 0.19	-1.67
การละลายในปาก (เร็ว – ช้า)	7.53 ± 2.31	7.86 ± 2.12	1.00 ± 0.33	0.07
ความเหนียวหนืด (น้อย – มาก)	8.19 ± 2.06	8.20 ± 1.75	1.03 ± 0.30	0.84

หมายเหตุ: * แสดงว่ามีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการนำค่า S/I หรือ Ideal ratio score ของผู้บริโภคจำนวน 62 คน ไปทดสอบความแตกต่างกับค่าในอุดมคติ (I=1) ด้วยการทดสอบทางสถิติแบบ One Sample T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตาราง 4.2 เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างทางสถิติแล้วจะเห็นว่า ลักษณะของ สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน และกลิ่นรสถั่วเหลือง มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนลักษณะของความเรียบเนียน การละลายในปาก และความเหนียวหนืด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าในอุดมคติ ($P>0.05$) ดังนั้นการพัฒนาในขั้นต่อไปจึงต้องมีการพัฒนาทางด้านสีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน และกลิ่นรสถั่วเหลืองของผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติของผู้บริโภคให้มากที่สุด

จากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในครั้งแรกจะสามารถกำหนดค่าอุดมคติถาวร (Fixed Ideal) ของแต่ละลักษณะได้ดังนี้ สีที่ปรากฏ เท่ากับ 6.79 ซ.ม. รสหวาน เท่ากับ 7.97 ซ.ม. ความมัน เท่ากับ 8.31 ซ.ม. กลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 6.34 ซ.ม. ความเรียบเนียน เท่ากับ 9.78 ซ.ม. การละลายในปากเท่ากับ 7.86 ซ.ม. ความเหนียวหนืด เท่ากับ 8.20 ซ.ม. ซึ่งค่าเหล่านี้จะถูกกำหนดไว้ในแบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อใช้ในการหาค่าสัดส่วนเฉลี่ยในการทดลองขั้นต่อไป

4.3 ผลการศึกษาสัดส่วนของนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง

Tanteeratarm et al ., (1993) ; Shurtleff และ Aoyagi (1984) ได้แนะนำให้เติมเกลือลงไปในสูตรไอศครีมถั่วเหลือง 0.15 % เพื่อปรับปรุงกลิ่นรสของไอศครีมถั่วเหลืองให้ดีขึ้น ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ได้ใส่เกลือเข้าไปในสูตรไอศครีมถั่วเหลือง 0.15 % ของน้ำหนักส่วนผสมหลัก

ใช้แผนการทดลอง Mixture Design ซึ่งมีทั้งหมด 8 ทรีทเมนต์ โดยกำหนดให้ปริมาณสารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ กลิ่นวานิลา และเกลือคงที่ในทุกทรีทเมนต์ แต่ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาลเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดไว้ในแต่ละทรีทเมนต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) ระหว่างตัวแปร และใช้โปรแกรม Matchcad 7 เพื่อหาสัดส่วนที่ดีที่สุดของนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล ในการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง โดยวิธี Ideal Ratio Profile Technique ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 42 คน โดยใช้นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ตรวจสอบคุณลักษณะสีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม แสดงดังตาราง 4.3

จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ เชิงเส้น (linear regression) จะได้สมการลักษณะสีที่ปรากฏ ดังนี้

สีที่ปรากฏ = 1.291 นมถั่วเหลือง – 0.628 ไขมันพืช + 0.835 น้ำตาล , $R^2 = 1$

สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นที่วิเคราะห์ได้มีค่า R^2 สูงมาก แสดงว่าสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามได้ค่อนข้างดี ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย (Sample / Ideal) ของสีที่ปรากฏของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.93 - 1.06 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏ เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลือง และน้ำตาลเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันลดลงทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏของไอศครีมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้น ไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 1 และ 6 มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏ เท่ากับ 0.93 และ 0.94 น้อยกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะมีไขมันมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

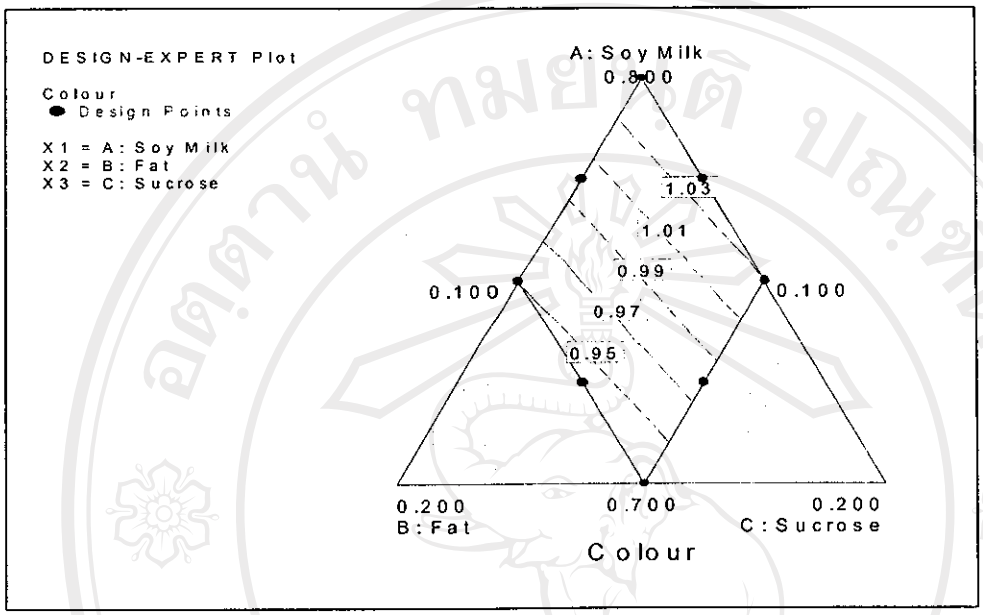
ตาราง 4.3 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	สี ที่ปรากฏ	รสหวาน	ความมัน	กลิ่นรส ถั่วเหลือง	ความ เรียบเนียน	การละลาย ในปาก	ความ เหนียวหนืด	การยอมรับ รวม
1	70	15	15	0.93 ± 0.20	1.04 ± 0.12	1.09 ± 0.15	1.06 ± 0.28	1.01 ± 0.12	1.05 ± 0.21	1.07 ± 0.19	0.66 ± 0.12
2	75	15	10	0.97 ± 0.14	0.84 ± 0.2	1.05 ± 0.22	1.03 ± 0.21	0.92 ± 0.13	1.01 ± 0.19	1.03 ± 0.19	0.61 ± 0.17
3	75	10	15	1.03 ± 0.17	0.98 ± 0.16	0.99 ± 0.15	1.02 ± 0.17	0.93 ± 0.13	0.98 ± 0.19	1.01 ± 0.17	0.69 ± 0.15
4	80	10	10	1.06 ± 0.20	0.83 ± 0.15	1.00 ± 0.17	1.07 ± 0.20	0.88 ± 0.14	0.97 ± 0.18	0.94 ± 0.21	0.60 ± 0.14
5	77.5	10	12.5	1.04 ± 0.16	0.92 ± 0.19	1.03 ± 0.18	1.10 ± 0.24	0.90 ± 0.12	1.00 ± 0.17	1.01 ± 0.18	0.64 ± 0.15
6	72.5	15	12.5	0.94 ± 0.16	0.91 ± 0.21	1.11 ± 0.22	1.11 ± 0.23	0.96 ± 0.14	1.04 ± 0.25	1.04 ± 0.20	0.58 ± 0.18
7	77.5	12.5	10	0.98 ± 0.19	0.80 ± 0.20	1.06 ± 0.25	1.12 ± 0.26	0.88 ± 0.18	1.04 ± 0.21	0.96 ± 0.20	0.58 ± 0.16
8	72.5	12.5	15	0.99 ± 0.15	1.01 ± 0.16	1.02 ± 0.17	1.03 ± 0.28	0.99 ± 0.14	1.01 ± 0.18	0.98 ± 0.18	0.67 ± 0.13

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากข้อมูลผู้ทดสอบชิม 42 คน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏ แสดงดังรูป 4.1



รูป 4.1 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.1 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนไขมันเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏต่ำกว่า 1 เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏ เท่ากับ 0.93 และเมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏมากกว่า 1 เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏ เท่ากับ 1.06 ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของสีที่ปรากฏ เท่ากับ 1.03

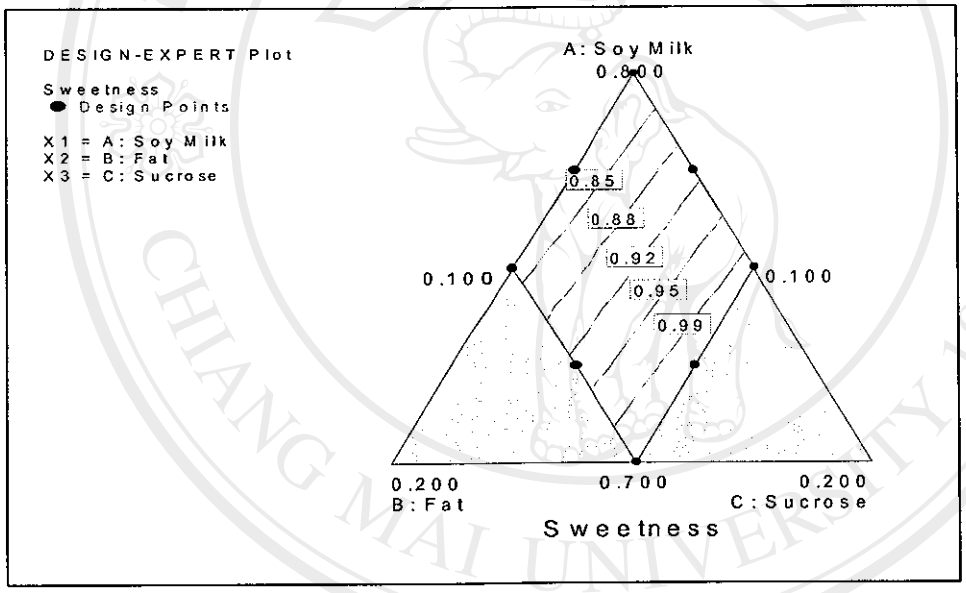
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะรสหวาน ดังนี้

รสหวาน = 0.391 นมถั่วเหลือง + 0.779 ไขมันพืช + 4.214 น้ำตาล , $R^2 = 1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวานอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.04 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวานได้รับอิทธิพลจาก นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยน้ำตาลมีอิทธิพลมากที่สุด ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 2 , 4 และ 7 ซึ่งมีน้ำตาล 10 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานอยู่ระหว่าง 0.80 – 0.84 ซึ่งน้อยกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะ มีน้ำตาลน้อยกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวาน แสดงดังรูป 4.2



รูป 4.2 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวานจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.2 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนของน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานเพิ่มขึ้น ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 1 มีน้ำตาล 15 % จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวาน เท่ากับ 1.04 และเมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานลดลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวาน เท่ากับ 0.83 ส่วนไขมันมีอิทธิพลต่อรสหวานไม่มากนัก ขณะที่ Roland *et al.*,(1999a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ไอศครีมที่มีปริมาณไขมัน 0.1 % , 3 % และ 7 % รสหวานไม่มีความแตกต่างกัน ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวานเท่ากับ 0.98

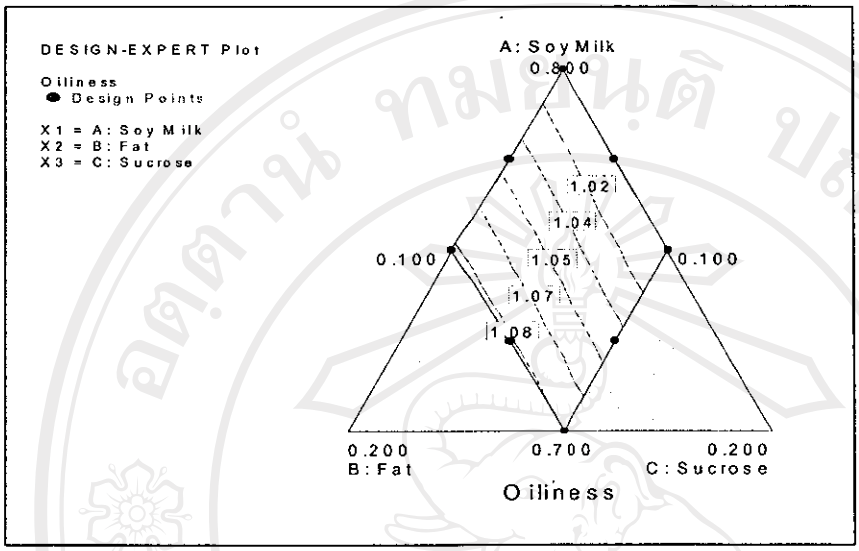
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการลักษณะความมัน ดังนี้

ความมัน = 0.866 นมถั่วเหลือง + 2.37 ไขมันพืช + 0.786 น้ำตาล , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันอยู่ระหว่าง 0.99 – 1.11 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลืองและไขมันเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนน้ำตาลไม่มีผลต่อความมัน ($P > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Roland *et al.*, (1999a) พบว่า ไอศครีมวานิลามีความมันเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณไขมัน และ เช่นเดียวกับการทดลองของ Kailasapathy และ Sellepan (1998) พบว่า ลักษณะความมันมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งในไอศครีม เนื่องจากการเพิ่มไขมันทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในขณะแช่แข็งไอศครีม ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะไปขัดขวางการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งทำให้เกิดลักษณะความมันเพิ่มขึ้นในปาก ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 1 และ 6 ซึ่งมีไขมัน 15 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 1.09 และ 1.11 มากกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะมีไขมันมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน แสดงดังรูป 4.3



รูป 4.3 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.3 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็น ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของความมัน เพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 6 มีไขมัน 15 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 1.11 และเมื่อสัดส่วนไขมันพืชลดลง จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของความมันลดลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 4 มีไขมัน 10 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 1.0 ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 0.99

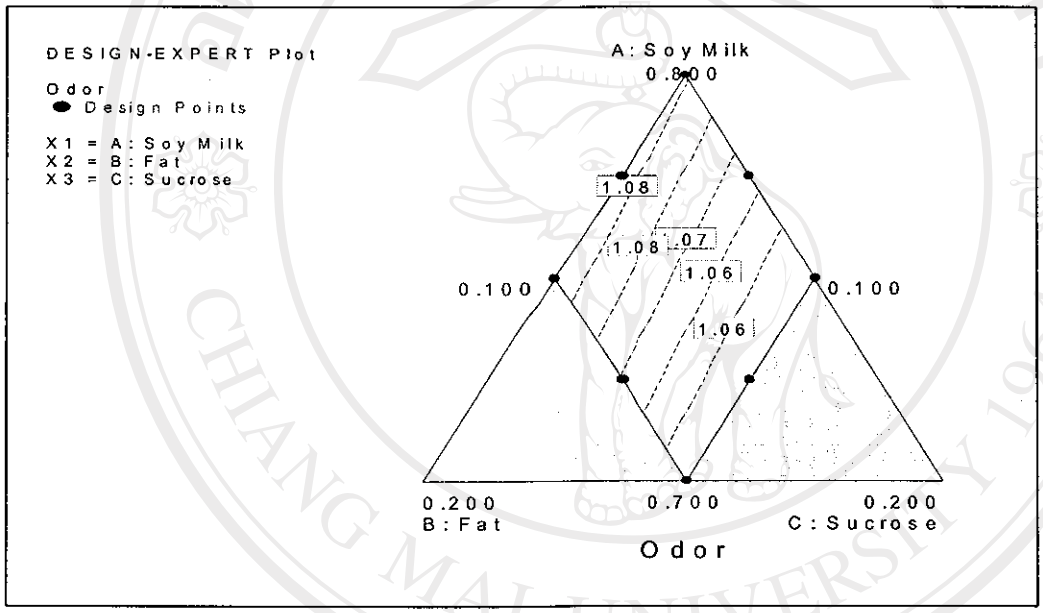
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะกลิ่นรสถั่วเหลือง ดังนี้

กลิ่นรสถั่วเหลือง = 1.159 นมถั่วเหลือง + 1.156 ไขมันพืช + 0.433 น้ำตาล , R^2 = 0.999

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 1.02 – 1.12 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนไขมันพืช และน้ำตาลไม่มีอิทธิพลต่อกลิ่นรสถั่วเหลือง ($P > 0.05$) ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ที่ 4 , 5 และ 7 มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 1.07 – 1.12 ซึ่งมากกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะมีนมถั่วเหลืองมากกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง แสดงดังรูป 4.4



รูป 4.4 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.4 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็น ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของกลิ่นรสถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.07 และเมื่อสัดส่วนนมถั่วเหลืองลดลง จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของกลิ่นรสถั่วเหลืองลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 2 มีนมถั่วเหลือง 75 % จะทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.03 ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วย นมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

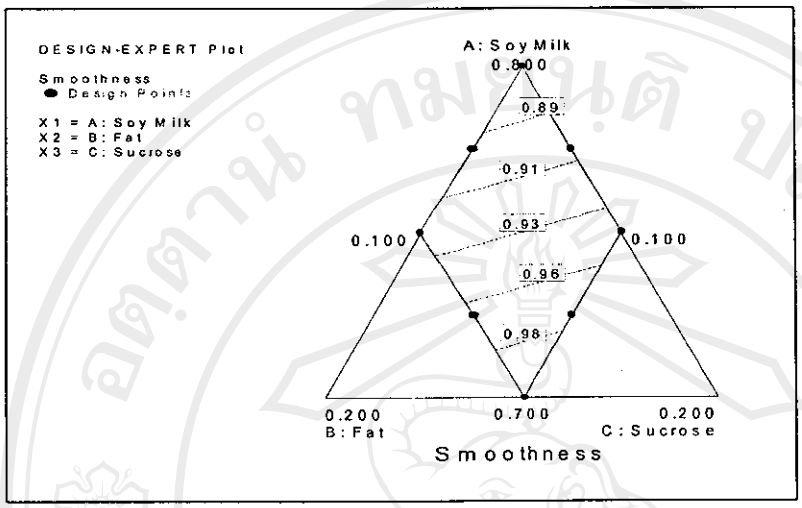
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการลักษณะความเรียบเนียน ดังนี้

ความเรียบเนียน = 0.578 นมถั่วเหลือง + 1.774 ไขมันพืช + 2.23 น้ำตาล , $R^2 = 1$

พบว่า คะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนอยู่ระหว่าง 0.88 - 1.01 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลือง น้ำตาล และไขมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้น ทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 1.01 เพราะ ปริมาณไขมันมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสของไอศครีมโดยจะไปช่วยลดขนาดของผลึกน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียน และลื่นในปาก สอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มจาก 10 % เป็น 16 % ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลงจาก 82.6 x 60.8 ไมโครเมตร เป็น 47.2 x 38.0 ไมโครเมตร เพราะว่า สูตรไอศครีมที่มีปริมาณไขมันมากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในสูตรลดลง ผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กลงได้ ไอศครีมที่มีไขมันต่ำกว่าจะมีลักษณะเกล็ดน้ำแข็ง และ ร่วน (crumbly) มากกว่า ทำให้ความเรียบเนียนน้อยกว่า (Roland *et al.*, 1999a) เช่น ทรีทเมนต์ที่ 7 มีไขมัน 12.5 % น้ำตาล 10 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.88 เปรียบเทียบกับ ทรีทเมนต์ที่ 8 มีไขมัน 12.5 % น้ำตาล 15 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.99 เพราะ ปริมาณน้ำตาลมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสของไอศครีม เช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ไอศครีมที่มีปริมาณน้ำตาล 12 % จะมีขนาดผลึกน้ำแข็งเป็น 67.5 x 51.0 ไมโครเมตร ไอศครีมที่มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น 18 % จะมีขนาดผลึกน้ำแข็งเล็กลงเป็น 48.8 x 35.5 ไมโครเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ผลึกน้ำแข็งของไอศครีมมีขนาดเล็กลง และทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมมีความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ Guinard *et al.*, (1997) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไขมัน และน้ำตาล หรือทั้งสองอย่าง มีผลให้ปริมาณผลึกน้ำแข็งในไอศครีมลดลง และเนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนขึ้น ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 4 , 5 และ 7 จึงมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน อยู่ระหว่าง 0.88 – 0.90 (ตาราง 4.3) น้อยกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะมีไขมัน และน้ำตาลน้อยกว่า เช่นเดียวกับการทดลองของ Garcia *et al.*, (1995) พบว่าไอศครีมที่ใช้ heat-concentrated nonfat milk solids มีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนกว่าไอศครีมที่ใช้ freeze-concentrated nonfat milk solids เนื่องจาก heat-concentrated nonfat milk solids มีของแข็งมากกว่า และโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ทำให้โปรตีนเกิดการคลายเกลียว (unfolding) แล้ว รวมตัวกัน (aggregate) จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติที่สามารถอุ้มส่วนของเหลวไว้จึงทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน แสดงดังรูป 4.5



รูป 4.5 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.5 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น จะทำให้สัดส่วนของไขมันและน้ำตาลลดลง ดังนั้นค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของความเรียบเนียนลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.88 และเมื่อสัดส่วนนมถั่วเหลืองลดลง จะทำให้สัดส่วนของไขมัน และ น้ำตาลเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มี นมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 1.01 ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.93

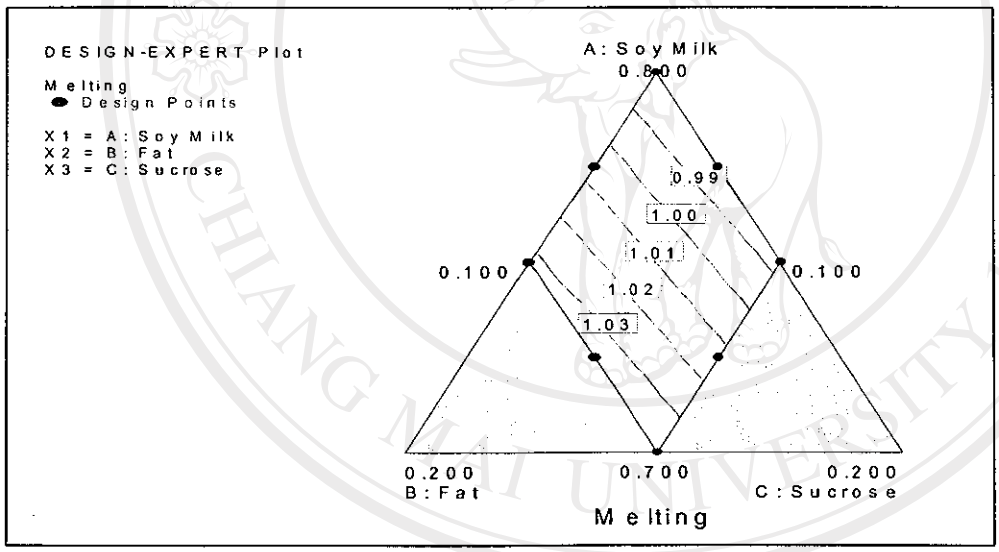
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการลักษณะการละลายในปาก ดังนี้

การละลายในปาก = 0.863 นมถั่วเหลือง + 1.849 ไขมันพืช + 1.071 น้ำตาล , $R^2 = 1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากอยู่ระหว่าง 0.97 – 1.05 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาลเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Roland *et al.*, (1999a) พบว่า การละลายในปากเร็วขึ้นสำหรับไอศครีมที่มีปริมาณไขมันลดลงทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณไขมันลดลง และไม่ได้ใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนไขมันทำให้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นในสูตรไอศครีม จึงทำให้ไอศครีมละลายเร็วขึ้น ดังนั้น ไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จึงมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 1.05 มากกว่าทรีทเมนต์อื่น และละลายช้ากว่า เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มากกว่า แต่ปริมาณน้ำน้อยกว่า จึงมีผลทำให้การละลายในปากช้ากว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก แสดงดังรูป 4.6



รูป 4.6 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.6 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของการละลายในปากเพิ่มขึ้น เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 1.05 และเมื่อสัดส่วนไขมันลดลง จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของการละลายในปากลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 5 มีนมถั่วเหลือง 77.5 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 12.5 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 1.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 0.98

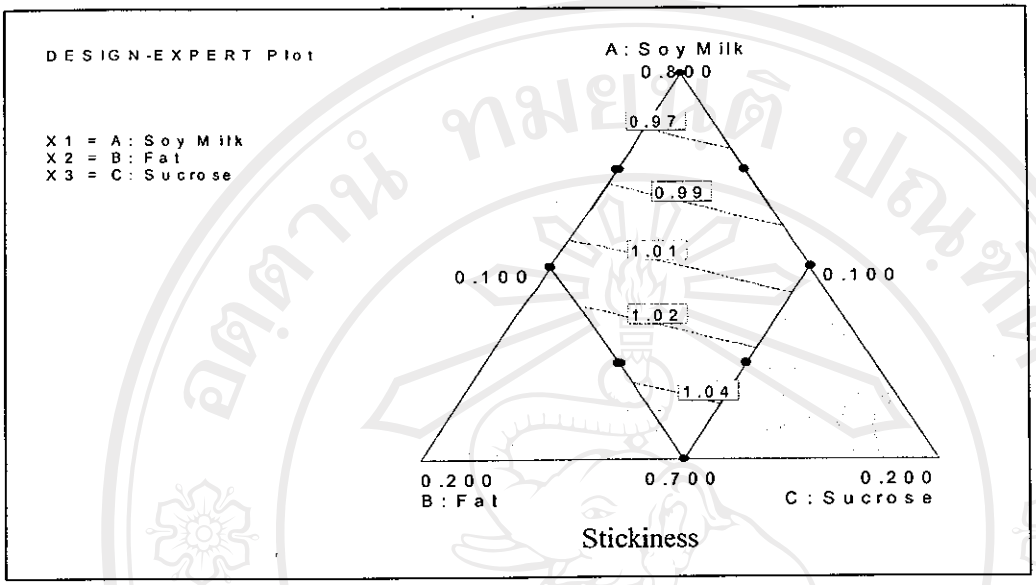
จากตาราง 4.3 ตารางผนวก ค-1 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการลักษณะความเหนียวหนืด ดังนี้

ความเหนียวหนืด = 0.757 นมถั่วเหลือง + 1.921 ไขมันพืช + 1.576 น้ำตาล , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดอยู่ระหว่าง 0.94 – 1.07 (ตาราง 4.3) ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาลเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จึงมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืด เท่ากับ 1.07 มากกว่าทรีทเมนต์อื่น เพราะมีไขมัน และน้ำตาลมากกว่า สอดคล้องกับ Phillips *et al.*, (1995) ทดลองเพิ่มปริมาณไขมันในนมไขมันต่ำ (low fat milk) พบว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ความข้นหนืดของนมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Roland *et al.*,(1999a) พบว่า ความเหนียวหนืดเพิ่มขึ้น (stickiness) เมื่อปริมาณไขมันในไอศครีมเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืด แสดงดังรูป 4.7



รูป 4.7 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.7 และตาราง 4.3 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของไขมัน และน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืด เท่ากับ 1.07 และเมื่อสัดส่วนไขมัน และน้ำตาลลดลง จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดเท่ากับ 0.94 ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืด เท่ากับ 1.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการวัดผลทางประสาทสัมผัสตามวิธี Ideal Ratio Profile Technique โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ตาราง 4.3) นำค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ไปหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 จะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น ทางประสาทสัมผัสดังนี้

สีที่ปรากฏ = 1.291 นมถั่วเหลือง – 0.628 ไขมันพืช + 0.835 น้ำตาล , $R^2 = 1$

รสหวาน = 0.391 นมถั่วเหลือง + 0.779 ไขมันพืช + 4.214 น้ำตาล , $R^2 = 1$

ความมัน = 0.866 นมถั่วเหลือง + 2.37 ไขมันพืช + 0.786 น้ำตาล , $R^2 = 1$

กลิ่นรสถั่วเหลือง = 1.159 นมถั่วเหลือง + 1.156 ไขมันพืช + 0.433 น้ำตาล , $R^2 = 0.999$

ความเหนียวหนืด = 0.757 นมถั่วเหลือง + 1.921 ไขมันพืช + 1.576 น้ำตาล , $R^2 = 1$

ความเรียบเนียน = 0.578 นมถั่วเหลือง + 1.774 ไขมันพืช + 2.23 น้ำตาล , $R^2 = 1$

การละลายในปาก = 0.863 นมถั่วเหลือง + 1.849 ไขมันพืช + 1.071 น้ำตาล , $R^2 = 1$

จากตัวอย่างสมการของ สีที่ปรากฏ จะเห็นได้ว่าถ้านมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ความเข้มของสีที่ปรากฏเพิ่มขึ้น 1.291 หน่วย (สังเกตได้จากเครื่องหมาย +) ในขณะที่ไขมันเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะทำให้ความเข้มของสีที่ปรากฏลดลง 0.628 หน่วย (สังเกตได้จากเครื่องหมาย -) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับตัวแปรอื่น เมื่อได้สมการมาแล้ว นำไปคำนวณเพื่อหาค่าตัวแปร (ปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้) ด้วยโปรแกรม Mathcad 7 เพื่อคำนวณหาค่าสัดส่วนของนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ให้ได้ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เข้าใกล้ค่าอุดมคติมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งพบว่าจากการคำนวณต้องใช้

นมถั่วเหลือง	=	75 % โดยน้ำหนัก
ไขมันพืช	=	10 % โดยน้ำหนัก
น้ำตาล	=	15 % โดยน้ำหนัก
	รวม	100 % โดยน้ำหนัก

และเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณนี้ย้อนกลับไปแทนค่าลงในสมการที่ผ่านมา พบว่า

สีที่ปรากฏ	= 1.031	รสหวาน	= 1.00
ความมัน	= 1.004	กลิ่นรสถั่วเหลือง	= 1.05
ความเรียบเนียน	= 0.945	การละลายในปาก	= 0.993
ความเหนียวหนืด	= 0.996		

สำหรับค่าต่าง ๆ ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการนั้นจะเห็นได้ว่า สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง การละลายในปาก ความเหนียวหนืด มีค่าเกือบเท่ากับค่าในอุดมคติ (I=1) ส่วนความเรียบเนียนก็มีค่าเข้าใกล้ค่าในอุดมคติแต่ยังจำเป็นต้องศึกษาผลของอิมัลซิไฟเออร์ และสารให้ความคงตัวต่อลักษณะความเรียบเนียนของไอศครีมถั่วเหลืองต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงผลดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	Totalsolid (%)	pH	% Lactic acid
1	70	15	15	37.30 ± 0.14	6.48 ± 0.01	0.17 ± 0.01
2	75	15	10	34.11 ± 0.05	6.48 ± 0.01	0.18 ± 0.01
3	75	10	15	34.71 ± 0.19	6.49 ± 0.01	0.17 ± 0.01
4	80	10	10	31.24 ± 0.08	6.48 ± 0.01	0.17 ± 0.01
5	77.5	10	12.5	31.94 ± 0.24	6.47 ± 0.01	0.18 ± 0.01
6	72.5	15	12.5	36.08 ± 0.10	6.52 ± 0.01	0.15 ± 0.01
7	77.5	12.5	10	31.47 ± 0.09	6.51 ± 0.01	0.16 ± 0.01
8	72.5	12.5	15	36.33 ± 0.07	6.51 ± 0.01	0.16 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด จากตาราง 4.4 ตารางผนวก ค-2 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) จะได้สมการดังนี้

เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด = 16.548 นมถั่วเหลือง + 80.548 ไขมัน + 93.347 น้ำตาล , $R^2 = 1$

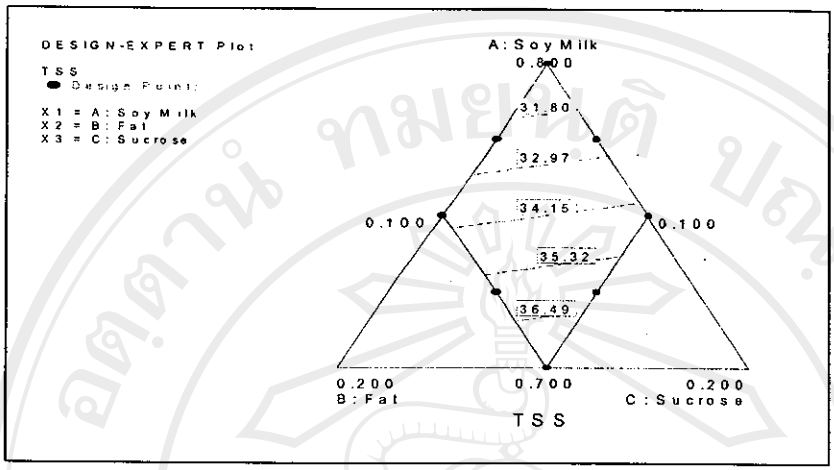
พบว่า เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่าอยู่ระหว่าง 31.24 - 37.30 % (ตาราง 4.4) ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดสูง จะได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทรีทเมนต์ ที่ 1 มีไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 37.30 % เช่นเดียวกับการทดลองของ Guinard *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมวานิลาที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดมากที่สุด คือ สูตรไอศครีมที่ใช้ระดับน้ำตาล และไขมันสูงสุด ไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2 , 3 , 6 และ 8 มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 34 – 37 % ซึ่ง Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมอยู่ระหว่าง 35 - 37 % จะทำให้ได้ไอศครีม ที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน และรูปร่าง (body) คงตัว การเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด มีผลทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนมากขึ้น เพราะปริมาณน้ำในสูตรลดลงทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลงได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Donhowe *et al*., (1991) พบว่า ขนาดผลึกน้ำแข็งมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด โดยเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง ไอศครีมที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด 40 % มีผลึกน้ำแข็งขนาด 20 – 40 ไมครอน อยู่มากกว่าไอศครีมที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดต่ำกว่า และผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 55 ไมครอน จะทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมหยาบ ไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ที่ 4 , 5 และ 7 มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 31.24 – 31.47 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ทำให้มีปริมาณน้ำในสูตรมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่มากขึ้น และทำให้ไอศครีมมีเนื้อสัมผัสหยาบ คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสความเรียบเนียนจึงต่ำกว่า 1 มาก (ตาราง 4.3) เช่นเดียวกับการทดลองของ Specter และ Setser (1994) ได้ทดลองใช้มอลโตเดกซ์ทรินที่ทำจากมันฝรั่ง (potato maltodrxtrin : PM) และเดกซ์ทรินที่ทำจากมันสำปะหลัง (tapioca dextrin : TD) เป็นสารทดแทนไขมัน 4 % โดย TD หรือ PM จะเตรียมโดยใช้ TD หรือ PM 25 % และส่วนที่เหลืออีก 75 % เป็นน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำในสูตรจึงมากกว่าตัวอย่างไอศครีมควบคุม ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการวิเคราะห์เชิงพรรณาปริมาณ (quantitative descriptive analysis) พบว่า ไอศครีมตัวอย่างควบคุม (ซูโครส 16% ไขมันนม 12 %) มีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนกว่า ตัวอย่างไอศครีม (ซูโครส 16 % ไขมันนม 8 % TD 4 %) และตัวอย่างไอศครีม (ซูโครส 16 % ไขมันนม 8 % PM 4 %)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลือง เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน แสดงดังรูป 4.8



รูป 4.8 ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.8 และตาราง 4.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดน้อยลง เนื่องจากสัดส่วนปริมาณไขมันพืช และน้ำตาลน้อยลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 37.30 % ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสัดส่วนนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 34.71 % ซึ่งเหมาะสมที่จะทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียน (Marshall และ Arbuckle , 1996)

ค่าพีเอช ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่า อยู่ระหว่าง 6.47 - 6.52 (ตาราง 4.4) สอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ค่าพีเอช และปริมาณกรดของส่วนผสมไอศครีมขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของไอศครีม เช่น พีเอชของส่วนผสมไอศครีมนม ที่มี milk solid not fat 12 % เท่ากับ 6.3 จะได้เปอร์เซ็นต์กรดแลคติดเท่ากับ 0.206 % และเช่นเดียวกับการทดลองของ Baer *et al.*, (1999) พบว่า ส่วนผสมไอศครีมที่ไม่มีไขมันมีค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6.59 - 6.62 และปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.21 – 0.22 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วน นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15 - 0.18 % (ตาราง 4.4) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของไอศครีมถั่วเหลือง เช่นเดียวกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า ไอศครีมนม ที่มี milk solid not fat อยู่ระหว่าง 7 - 11 % ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.12 – 0.19 %

4.3.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วน นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วน นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b
1	70	15	15	79.03 ± 0.01	-0.07 ± 0.01	9.13 ± 0.01
2	75	15	10	78.62 ± 0.01	-0.43 ± 0.01	10.28 ± 0.01
3	75	10	15	77.54 ± 0.03	0.17 ± 0.02	10.47 ± 0.01
4	80	10	10	77.69 ± 0.04	-0.59 ± 0.01	11.52 ± 0.02
5	77.5	10	12.5	77.86 ± 0.02	-0.37 ± 0.004	10.70 ± 0.01
6	72.5	15	12.5	78.68 ± 0.02	-0.54 ± 0.03	9.93 ± 0.01
7	77.5	12.5	10	78.82 ± 0.01	-0.64 ± 0.01	10.88 ± 0.06
8	72.5	12.5	15	78.32 ± 0.02	-0.20 ± 0.01	9.86 ± 0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

L = ค่าความส่วาง ; a = - ค่าสีเขียว + สีแดง ; b = ค่าสีเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.5 ตารางผนวก ค-2 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) พบว่า ค่าสี L แสดงถึงระดับความสว่างของตัวอย่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่าสี L อยู่ระหว่าง 77.54 - 79.03 (ตาราง 4.5) ค่าสี L สูงจะได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % จะได้ค่าสี L สูงที่สุด เท่ากับ 79.03 สอดคล้องกับ Phillips *et al.*, (1995) ทดลองเพิ่มปริมาณไขมันในนมไขมันต่ำ (low fat milk) ที่ระดับความเข้มข้น 0.06 , 0.50 , 1.0 , 1.5 และ 2 % พบว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น โดยนมจะมีสีขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Roland *et al.*, (1999b) พบว่า สีของไอศครีมจะมีสีขาวสว่างมากขึ้น เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น

จากตาราง 4.5 พบว่า ค่าสี a เป็นค่าสีแดง (ค่าเป็นบวก) สีเขียว (ค่าเป็นลบ) โดยค่าสี a ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล อยู่ระหว่าง – 0.64 ถึง 0.17

จากตาราง 4.5 ตารางผนวก ค-2 และผลการวิเคราะห์เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่า ค่าสี b เป็นค่าสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) สีน้ำเงิน (ค่าเป็นลบ) (HunterLab , 1997) โดยค่าสี b ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล อยู่ระหว่าง 9.13 - 11.52 (ตาราง 4.5) ซึ่งปริมาณนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าสี b (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น ส่วนไขมัน และน้ำตาลเพิ่มขึ้น ค่าสี b ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ไอศครีมถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณไขมัน และน้ำตาลลดลง จะมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 4 มีไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะมีค่าสี b (สีเหลือง) สูงที่สุดเท่ากับ 11.52 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Guinard *et al.*,(1997) พบว่า เมื่อใช้ปริมาณระดับน้ำตาล และไขมันที่ระดับต่ำ สีของไอศครีมวานิลาจะมีสีเหลืองมากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณน้ำตาล และไขมันที่ระดับกลาง และสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วน นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์ความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	ความข้นหนืด (พอยส์)	โอเวอร์รัน (%)
1	70	15	15	43.96 ± 0.16	34.89 ± 1.68
2	75	15	10	37.88 ± 0.12	35.16 ± 1.50
3	75	10	15	34.49 ± 0.20	38.98 ± 1.42
4	80	10	10	31.06 ± 0.90	38.39 ± 2.34
5	77.5	10	12.5	33.01 ± 0.72	38.47 ± 1.28
6	72.5	15	12.5	42.29 ± 0.16	35.49 ± 1.60
7	77.5	12.5	10	32.82 ± 0.13	35.65 ± 1.43
8	72.5	12.5	15	42.56 ± 0.14	36.18 ± 1.73

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.6 ตารางผนวก ค-3 และผลการวิเคราะห์สมการเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการความข้นหนืด ดังนี้

ความข้นหนืด = - 0.091 นมถั่วเหลือง + 170.375 ไขมันพืช + 128.242 น้ำตาล , $R^2 = 0.999$

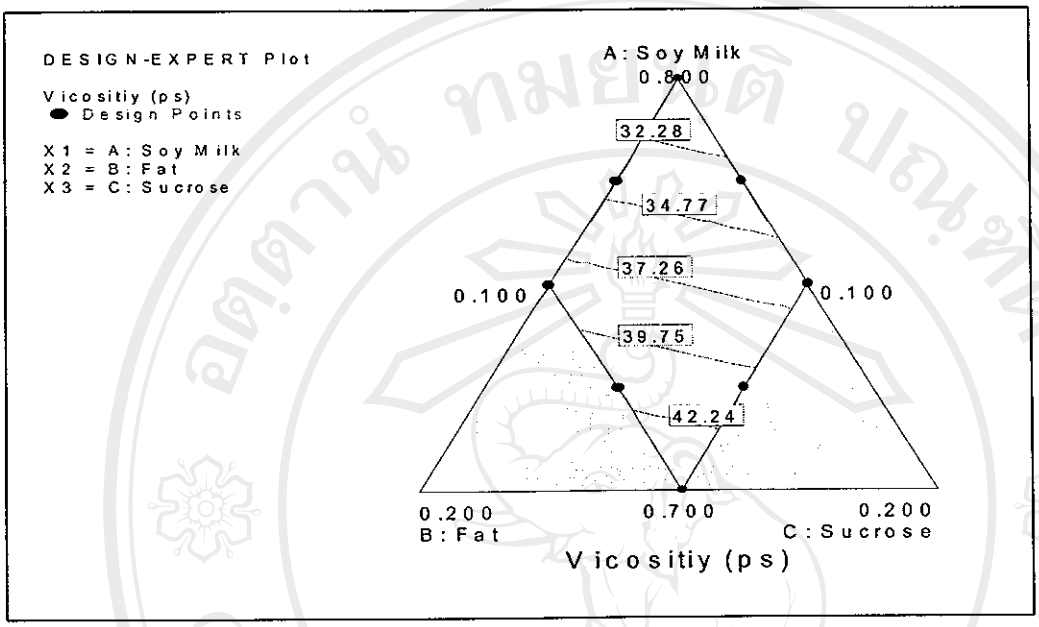
พบว่า ค่าความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่าอยู่ระหว่าง 31.06 – 43.96 พอยส์ (ตาราง 4.6) ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีค่าความข้นหนืดสูง จะได้รับอิทธิพลจากปริมาณไขมัน และน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนนมถั่วเหลือง ไม่มีผลต่อค่าความข้นหนืด ($P > 0.05$) ทรีทเมนต์ที่ 1 มีไขมัน 15 % และน้ำตาล15 % ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดมากกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ ปริมาณน้ำในส่วนผสมไอศครีมน้อยลง จึงทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น (Marshall และ Arbuckle , 1996) ขณะที่ Goff *et al.*, (1994) พบว่า เมื่อลดปริมาณไขมันในสูตรโดยไม่มีการใช้สารทดแทนไขมันทำให้เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดลดลง ดังนั้นส่วนผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไอศครีมจึงมีความหนืดลดลง เช่นเดียวกับ Garcia *et al.*, (1995) ศึกษาการทำไอศครีมไขมันต่ำ โดยใช้ของแข็งไม่รวมไขมัน (milk solid not fat) ซึ่งได้จากการทำให้หางนมเข้มข้นด้วยวิธีความร้อนและแช่เยือกแข็ง (heat- and freeze-concentrated nonfat milk solids) พบว่า ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมที่ใช้หางนมเข้มข้นได้จากวิธี heat-concentrated nonfat milk solids สูงกว่าจากวิธี freeze-concentrated nonfat milk solids เนื่องจากวิธีการให้ความร้อนจะทำให้น้ำระเหยออกไปได้มากกว่า จึงมีปริมาณของแข็งมากกว่า และ Roland *et al.*, (1999a) พบว่า ไอครีมที่มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดในสูตรไอศครีมเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีผลต่อความข้นหนืดของไอศครีมเพิ่มขึ้น และจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation) ของค่าความข้นหนืด มีความสัมพันธ์กับค่าความเรียบเนียนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเท่ากับ 0.94 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก แสดงว่าถ้าความข้นหนืดของไอศครีมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น ดังนั้นไอศครีมทรีทเมนต์ที่ 1 , 6 และ 8 มีปริมาณไขมัน และน้ำตาลมาก ทำให้ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนเข้าใกล้ 1 (ตาราง 4.3) และจะได้ค่าความข้นหนืดมาก (ตาราง 4.6) เช่นเดียวกับการทดลองของ Specter และ Setser (1994) พบว่า น้ำตาล และไขมันใช้เป็นตัวเพิ่มปริมาณของแข็งในส่วนผสมไอศครีมทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น และปรับปรุงคุณภาพเนื้อ (body) และเนื้อสัมผัสของไอศครีมให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่าส่วนผสมไอศครีมที่มีไขมันมากขึ้น ไขมันจะถูกจัดเรียงตัวกันอย่างใกล้ชิด ทำให้การเคลื่อนที่ของของไหลเป็นไปได้ยากขึ้น นอกจากนี้ผิวสัมผัสของน้ำกับไขมันจะดูดซับ (absorb) โปรตีนไว้ที่ผิว เมื่อมีปริมาณไขมันมาก โปรตีนจะถูกดูดซับมาก ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีนมากขึ้น และยังมีแรงดึงดูดไขมันมากขึ้นอีกด้วย จึงทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความหนืดมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลือง เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน แสดงดังรูป 4.9



รูป 4.9 ค่าความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล

จากรูป 4.9 และตาราง 4.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความข้นหนืดน้อยลง เนื่องจากสัดส่วนปริมาณไขมันพืช และน้ำตาลน้อยลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 4 มี นมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % มีค่าความข้นหนืดน้อยที่สุด เท่ากับ 31.06 พอยส์ เมื่อสัดส่วนของนมถั่วเหลืองลดลงจะทำให้ค่าความข้นหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากสัดส่วนปริมาณไขมันพืช และ น้ำตาลเพิ่มขึ้น เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มี นมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % มีค่าความข้นหนืดมากที่สุด เท่ากับ 43.96 พอยส์ ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสัดส่วน นมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % มีค่าความข้นหนืด เท่ากับ 34.49 พอยส์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

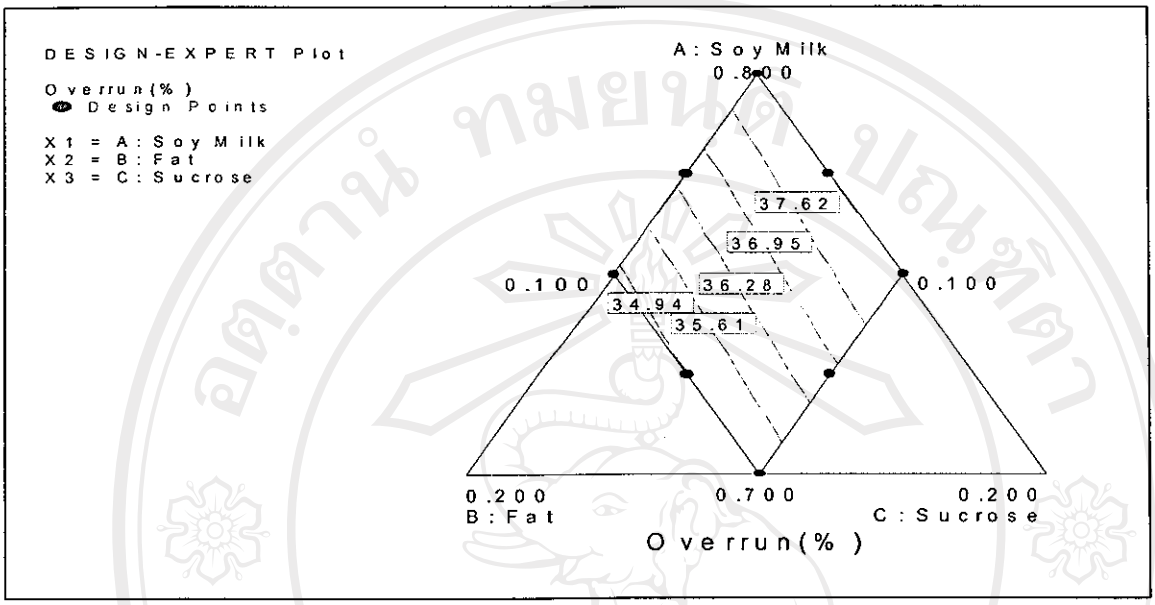
จากตาราง 4.6 ตารางผนวก ค-3 และผลการวิเคราะห์สมการเพื่อหาความสัมพันธ์ เชิงเส้น จะได้สมการโอเวอร์รัน ดังนี้

โอเวอร์รัน = 44.526 นมถั่วเหลือง - 24.14 ไขมันพืช + 50.193 น้ำตาล , $R^2 = 1$

พบว่า เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล จะมีค่าอยู่ระหว่าง 34.89 - 38.98 % (ตาราง 4.6) ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูง จะได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมถั่วเหลือง และน้ำตาลสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนไขมันมีอิทธิพลในทางตรงกันข้าม ($P \leq 0.05$) ถ้าปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันลดลง เช่นเดียวกับการทดลอง Baer *et al.*, (1999) พบว่า ความสามารถในการขึ้นฟู ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของเซลล์อากาศในไอศครีม เซลล์อากาศในไอศครีมจะคงตัวอยู่ได้ถ้าพื้นที่ผิวประกอบด้วยโปรตีน ฟอสโฟไลปิด และ อิมัลซิไฟเออร์ ไขมันมีผลในการยับยั้งความสามารถการขึ้นฟูของส่วนผสมไอศครีมในระหว่างการปั่นไอศครีมให้แข็งตัว ไขมันจะเข้าไปแทนที่โปรตีนที่จับเซลล์อากาศไว้ และมีสมบัติเป็นตัวขัดขวางปฏิกิริยาการเกิดโฟม (foam depessant) ดังนั้น ทรีทเมนต์ที่ 1 , 2 และ 6 มีไขมัน 15 % มากที่สุด จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันต่ำกว่า ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 34.89 - 35.49 % (ตาราง 4.6) สอดคล้องกับการทดลองของ Guinard *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมที่มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูง สูตรไอศครีมวานิลา จะมีปริมาณน้ำตาลสูง และไขมันต่ำ เช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ไอศครีมที่มีปริมาณไขมันสูง ไอศครีมนั้นจะมีต้นทุนสูง แคลอรี่มากเกินไป และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมที่ได้จะต่ำ สอดคล้องกับ Thrap และ Gottemoller (1990) พบว่า ไอศครีมที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน 2 , 10 และ 16 % มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเท่ากับ 100 , 90 และ 50 % ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน แสดงดังรูป 4.10



รูป 4.10 เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.10 และตาราง 4.6 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันลดลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 34.89 % และเมื่อสัดส่วนไขมันลดลง จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเท่ากับ 38.39 % ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 38.98 %

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ของอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วน นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน (%)	น้ำตาล (%)	เวลา (นาที)	น้ำหนักไอศครีมที่ละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัม)	อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)
1	70	15	15	120	17.82 ± 0.93	0.15 ± 0.01
2	75	15	10	120	18.43 ± 1.11	0.15 ± 0.01
3	75	10	15	60	43.20 ± 2.67	0.72 ± 0.04
4	80	10	10	60	53.14 ± 2.82	0.89 ± 0.05
5	77.5	10	12.5	60	42.89 ± 2.15	0.71 ± 0.04
6	72.5	15	12.5	120	22.33 ± 1.09	0.19 ± 0.01
7	77.5	12.5	10	60	39.66 ± 1.88	0.66 ± 0.03
8	72.5	12.5	15	120	36.02 ± 1.61	0.30 ± 0.01

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.7 ตารางผนวก ค-3 และผลการวิเคราะห์สมการเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการอัตราการละลาย ดังนี้

อัตราการละลาย = 9.405 นมถั่วเหลือง - 9.762 ไขมันพืช - 1.095 น้ำตาล , R^2 = 0.984

พบว่า อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15 - 0.89 กรัมต่อนาที (ตาราง 4.7) ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีค่าอัตราการละลายสูง จะได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และไขมันมีอิทธิพลต่อค่าอัตราการละลายในทิศทางตรงกันข้าม ($P \leq 0.05$) ถ้าปริมาณไขมันสูงค่าอัตราการละลายจะต่ำ ส่วนน้ำตาลไม่มีอิทธิพลต่อค่าอัตราการละลาย ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Ohmes *et al.*, (1998) พบว่า ไอศครีมสูตรควบคุมซึ่งมีไขมัน 4.8 % มีอัตราการละลายช้ากว่าไอศครีมสูตรลดไขมัน เนื่องจากไขมันสามารถเชื่อมกันแล้วเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายล้อมรอบฟองอากาศ และช่วยทำให้ไอศครีมมีอัตราการละลายช้าลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Guinard *et al.*, (1997) พบว่า อัตราการละลายขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันมากกว่าน้ำตาล ไขมันมากอัตราการละลายช้ากว่า เนื่องจากระดับไขมันที่ลดลงจะถูกแทนที่ด้วยผลึกน้ำแข็งหรือน้ำ ดังนั้นการ

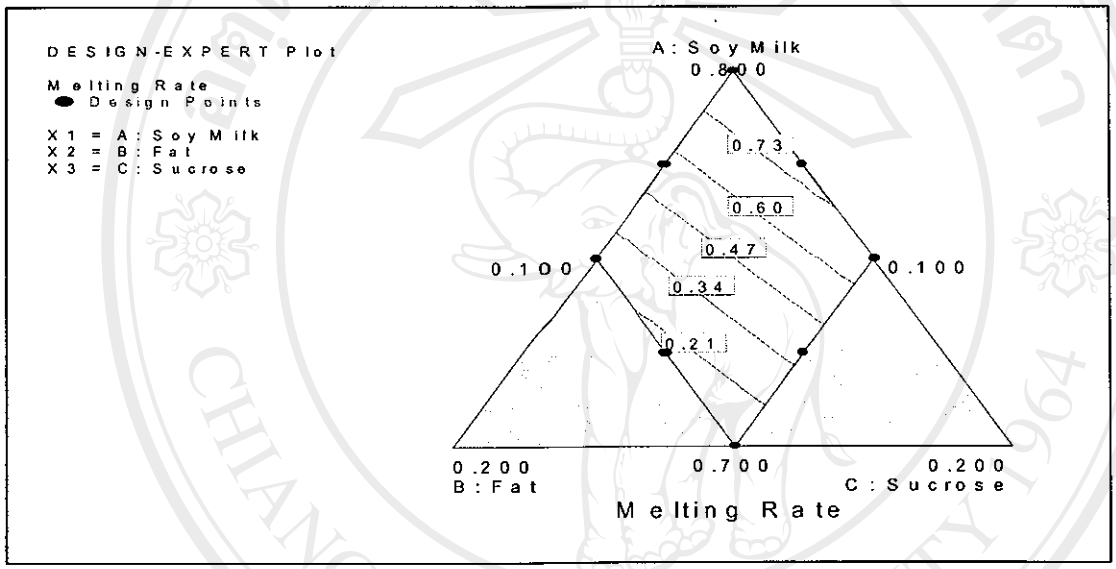
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลดไขมันจึงมีแนวโน้มทำให้ไอศครีมมีอัตราการละลายเร็วขึ้นได้ (Abd El-Rahman *et al.*,1997) เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 , 2 และ 6 มีไขมัน 15 % มากที่สุด ทำให้มีค่าอัตราการละลายอยู่ระหว่าง 0.15 - 0.19 กรัมต่อนาที ซึ่งมีค่าอัตราการละลายช้ากว่า และจากการหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราการละลาย มีความสัมพันธ์กับค่าความเหนียวหนืดที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เท่ากับ – 0.74 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าถ้าค่าความเหนียวหนืดของไอศครีมเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการละลายช้าลง ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 1 , 2 และ 6 ซึ่งมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดมากกว่า 1 (ตาราง 4.3) ทำให้ได้ค่าอัตราการละลายลดลง (ตาราง 4.7) และจากการหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราการละลาย มีความสัมพันธ์กับค่าความข้นหนืด เท่ากับ -0.90 ($P \leq 0.05$) แสดงว่า ถ้าค่าความข้นหนืดของไอศครีมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าอัตราการละลายช้าลง สอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ไขมันมีผลต่อความข้นหนืดมากกว่าน้ำตาล ดังนั้นส่วนผสมไอศครีมที่มีความข้นหนืดมากกว่าจึงละลายได้ช้ากว่า เช่นเดียวกับการทดลองของ Schmidt *et al.*, (1993) พบว่า ไอซ์มิลค์ (ice milk) สูตรที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำกว่า มีอัตราการละลายเร็วกว่าสูตรที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากเมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อยลง ปริมาณสารที่สามารถดูดซับน้ำน้อยลงด้วย ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 4 มีปริมาณนมถั่วเหลือง 80 % มีของแข็งน้อยที่สุด ทำให้มีอัตราการละลายเร็วที่สุด เท่ากับ 0.89 กรัมต่อนาที เช่นเดียวกับ Garcia *et al.*, (1995) พบว่า ไอศครีมที่ใช้ heat-concentrated nonfat milk solids มีของแข็งมากกว่า ซึ่งสามารถจับกับน้ำได้มากกว่า จึงละลายได้ช้ากว่าวิธี freeze-concentrated nonfat milk solids เนื่องจาก freeze-concentrated nonfat milk solids มีน้ำมากกว่าจึงเกิดผลึกน้ำแข็งได้มากกว่า การนำความร้อนผ่านผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ในสถานะของน้ำแข็งเกิดได้เร็วขึ้น เมื่อมีปริมาณน้ำอิสระในรูปน้ำแข็งอยู่มากกว่าทำให้ไอศครีมละลายได้เร็วกว่า ดังนั้นการที่เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดน้อยลง การดูดซับน้ำจะน้อยลง ทำให้มีปริมาณน้ำอิสระมากขึ้นจึงทำให้ปริมาณน้ำที่แข็งตัวเป็นน้ำแข็งมากขึ้น ค่าการนำความร้อนของน้ำแข็งสูงกว่าน้ำประมาณ 4 เท่า (Fennema , 1996) ดังนั้นน้ำแข็งจึงนำความร้อนได้สูงกว่าน้ำ และทำให้ไอศครีมละลายเร็วขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ Roland *et al.*, (1999b) เปรียบเทียบการละลายไอศครีมที่มีไขมัน 10 % กับไอศครีมที่มีไขมัน 0.1 % พบว่า ไอศครีมที่มีไขมัน 10 % มีอัตราการละลายช้ากว่า ไอศครีมที่มีไขมัน 0.1 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการเกิด destabilized fat ซึ่งเป็นไขมันเหลวรวมตัวกันหุ้มเซลล์อากาศ และเกิดโครงข่ายของเม็ดไขมันส่งผลต่อความคงตัวของไอศครีม ทำให้ไอศครีมละลายช้าลง และจากการหาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราการละลาย มีความสัมพันธ์กับค่าความเรียบเนียนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเท่ากับ – 0.76 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าถ้าค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนของไอศครีมเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการละลายช้าลง ดังนั้น ทรีทเมนต์ที่ 4 ซึ่งมีค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนลดลง เท่ากับ 0.88 (ตาราง 4.7) ทำให้ได้ค่าอัตราการละลายเร็ว เท่ากับ 0.89 กรัมต่อนาที (ตาราง 4.8) เพราะทรีทเมนต์ที่ 4 มี ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดน้อยกว่า

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลือง เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืชและน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กันแสดงดังรูป 4.11



รูป 4.11 อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

จากรูป 4.11 และตาราง 4.7 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการละลายลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าอัตราการละลาย เท่ากับ 0.15 กรัมต่อนาที และเมื่อสัดส่วนไขมันลดลง จะทำให้ค่าอัตราการละลายเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าอัตราการละลาย เท่ากับ 0.89 กรัมต่อนาที ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าอัตราการละลาย เท่ากับ 0.72 กรัมต่อนาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล

ทรีทเมนต์	นมถั่วเหลือง (%)	ไขมัน(%)	น้ำตาล(%)	แรงเจาะ (นิวตัน)	แรงกด (นิวตัน)
1	70	15	15	22.20 ± 1.19	345.03 ± 22.89
2	75	15	10	33.15 ± 1.26	499.85 ± 49.41
3	75	10	15	24.36 ± 1.05	392.61 ± 36.08
4	80	10	10	40.78 ± 3.11	692.60 ± 44.85
5	77.5	10	12.5	36.75 ± 1.88	544.57 ± 46.87
6	72.5	15	12.5	32.47 ± 2.27	452.28 ± 38.24
7	77.5	12.5	10	38.34 ± 2.74	690.51 ± 52.44
8	72.5	12.5	15	25.10 ± 1.35	398.65 ± 29.55

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตาราง 4.8 ตารางผนวก ค-3 และผลการวิเคราะห์สมการเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการแรงเจาะ ดังนี้

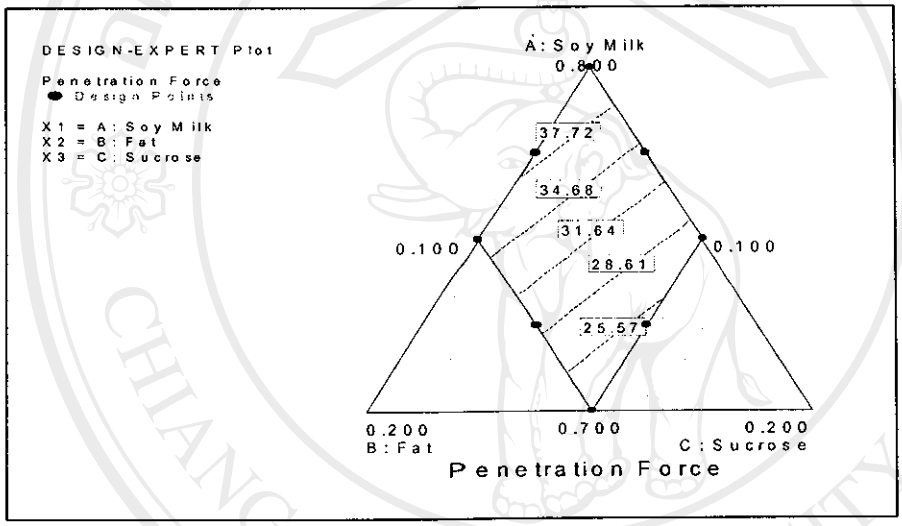
แรงเจาะ = 77.21 นมถั่วเหลือง - 16.59 ไขมันพืช - 193.523 น้ำตาล , $R^2 = 0.996$

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล วัดค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัส (penetration force ; newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมด้วยระยะทางคงที่ พบว่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 22.20 - 40.78 นิวตัน (ตาราง 4.8) ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีค่าแรงเจาะสูงจะได้รับอิทธิพลจากปริมาณนมถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนไขมันไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงเจาะ ($P > 0.05$) น้ำตาลมีอิทธิพลต่อค่าแรงเจาะ ($P \leq 0.05$) ในทิศทางตรงข้าม ถ้าน้ำตาลมากค่าแรงเจาะจะน้อยกว่า ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 1 , 3 และ 8 มีน้ำตาล 15 % มากที่สุด จะทำให้ได้ค่าแรงเจาะอยู่ระหว่าง 22.20 – 25.10 นิวตัน (ตาราง 4.8) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า เช่นเดียวกับการทดลองของ Guinard *et al.*, (1997) โดยใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) พบว่า น้ำตาลที่เพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขึ้นมีผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสไอศครีมเด่นชัดมากกว่าไขมันที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไอศครีมวานิลาที่มีปริมาณน้ำตาลสูงในสูตรจะมีความแข็ง (hardness) น้อยกว่า และสอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า น้ำตาลมีผลต่อการลดจุดเยือกแข็ง และจุดเยือกแข็งที่ต่ำเกินไป ทำให้ปริมาณน้ำในไอศครีมที่ไม่แข็งตัวเหลืออยู่มากทำให้เนื้อไอศครีมนุ่มได้

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลือง (penetration force ; newtons) เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน แสดงดังรูป 4.12



รูป 4.12 ค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล

จากรูป 4.12 และตาราง 4.8 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าแรงเจาะลดลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าแรงเจาะเท่ากับ 22.20 นิวตัน และเมื่อสัดส่วนน้ำตาลลดลง จะทำให้ค่าแรงเจาะเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าแรงเจาะ เท่ากับ 40.78 นิวตัน ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วยนมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าแรงเจาะ เท่ากับ 24.36 นิวตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.8 ตารางผนวก ค-3 และผลการวิเคราะห์สมการเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการแรงกด ดังนี้

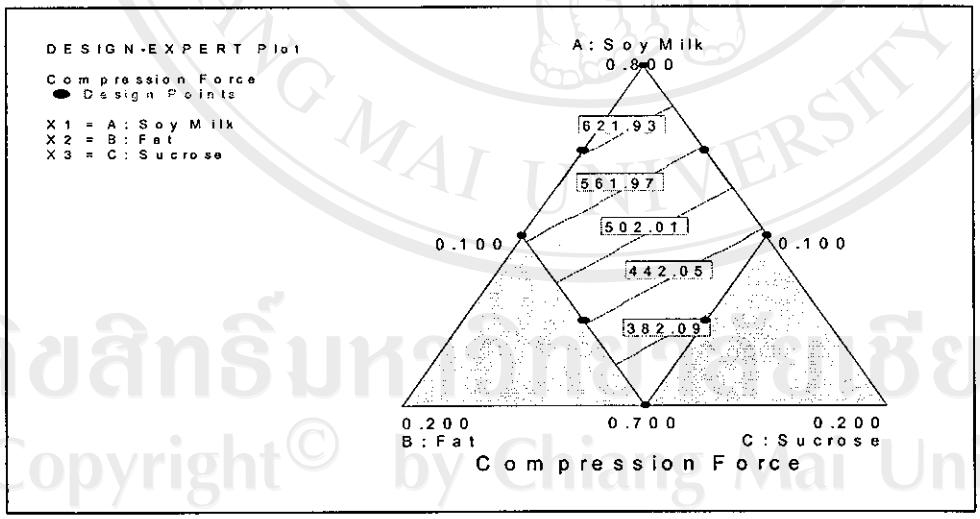
แรงกด = 1401.421 นมถั่วเหลือง – 816.046 ไขมัน – 3576.379 น้ำตาล , $R^2 = 0.994$

วัดค่าแรงกด (compression force ; newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ด้วยระยะทางคงที่ พบว่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 345.03 - 692.60 นิวตัน (ตาราง 4.8) ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีค่าแรงกดทั้งหมดสูง จะได้รับอิทธิพลจากนมถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนไขมันไม่มีอิทธิพลต่อค่าแรงกด ($P > 0.05$) น้ำตาล มีอิทธิพลต่อค่าแรงกด ($P \leq 0.05$) ในทิศทางตรงข้าม ถ้าน้ำตาลมากค่าแรงกดจะน้อยกว่า ดังนั้น ทรีทเมนต์ที่ 1 , 3 และ 8 มีน้ำตาล 15 % มากที่สุด จะทำให้ได้ค่าแรงกดอยู่ระหว่าง 345.03 – 398.65 (ตาราง 4.8) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า และจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของค่าแรงกด กับค่าความเรียบเนียนที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส มีความสัมพันธ์กัน เท่ากับ – 0.89 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงว่า ถ้าค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนของไอศครีมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงกดลดลง ดังนั้น ทรีทเมนต์ที่ 1 , 3 และ 8 มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนเข้าใกล้ 1 (ตาราง 4.3) และจะได้ค่าแรงกดลดลง (ตาราง 4.8) เช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณน้ำตาลจะทำให้ความเรียบเนียนของไอศครีมเพิ่มขึ้น ไอศครีมที่มีปริมาณน้ำตาล 12 % และ 18 % จะมีขนาดผลึกน้ำแข็งเป็น 67.5 x 51.0 ไมครอน และ 48.8 x 35.5 ไมครอน ตามลำดับ ส่วนปริมาณนมถั่วเหลืองที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรไอศครีมลดลง ดังนั้นทรีทเมนต์ที่ 7 มีปริมาณนมถั่วเหลืองมาก เท่ากับ 77.50 % มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.88 (ตาราง 4.3) และจะทำให้ได้ค่าแรงกดมาก (ตาราง 4.8) เช่นเดียวกับการทดลองของ Donhowe *et al.*, (1991) พบว่า เมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรไอศครีมลดลง ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ไอศครีมมีเนื้อสัมผัสที่หยาบ และแข็งขึ้น และสอดคล้องกับการทดลองของ Roland et al., (1999a) วัดความแข็ง (hardness) ของเนื้อไอศครีมที่มีปริมาณไขมัน 0.1 % , 3 % , 7 % และ 10 % โดยไม่มีสารทดแทนไขมัน ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในไอศครีมเป็นดังนี้ 28.7 % , 31.5 % , 35.2 % และ 38.2 % พบว่า ไอศครีมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่าจะต้องใช้แรงกดน้อยกว่า แสดงว่าเนื้อไอศครีมมีความแข็งน้อยกว่า เนื่องจากไอศครีมที่มีปริมาณของแข็งมากกว่าช่วยดูดซับน้ำได้มากกว่าทำให้ปริมาณน้ำที่เกิดเป็นผลึกน้ำแข็งมีได้น้อยกว่าจึงทำให้เนื้อไอศครีมมีความแข็งน้อยกว่า และจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าแรงกด มีความสัมพันธ์กับค่าความข้นหนืด เท่ากับ – 0.78 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพราะ ค่าความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้นหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนของไอศครีม เพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าแรงกดจึงลดลง เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.88 (ตาราง 4.3) และจะได้ค่าแรงกดมากที่สุด เท่ากับ 692.60 นิวตัน (ตาราง 4.8) และได้ค่าความข้นหนืดน้อยที่สุด เท่ากับ 31.06 พอยส์ (ตาราง 4.6) เนื่องจากทรีทเมนต์ที่ 4 เกิดผลึกน้ำแข็งมาก เพราะมีปริมาณนมถั่วเหลือง 80 % ซึ่งมากที่สุด เช่นเดียวกับการทดลองของ Garcia *et al.*, (1995) พบว่า ไอศครีมที่ใช้ freeze-concentrated nonfat milk solids มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่าไอศครีมที่ใช้ heat-concentrated nonfat milk solids เนื่องจาก heat-concentrated nonfat milk solids มีของแข็งมากกว่า และโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้โครงสร้างของโมเลกุลโปรตีนที่ไม่ชอบน้ำซึ่งปกติอยู่ส่วนในโมเลกุลออกมาอยู่ด้านนอกได้ มีผลต่อการเกิด hydrophobic interaction ระหว่างโมเลกุลของโปรตีน เวลาที่เกิดการ aggregate ทำให้ได้โครงร่างตาข่ายสามมิติอุ้มส่วนของเหลวไว้ภายใน จึงทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมนุ่มกว่า

การแสดงทิศทางหรือแนวโน้มของค่าแรงกดเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลือง (compression force ; newtons) เมื่อใช้ปริมาณนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่สัดส่วนต่าง ๆ กัน แสดงดังรูป 4.13



รูป 4.13 ค่าแรงกดเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และ น้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.13 และตาราง 4.8 แสดงให้เห็น เมื่อสัดส่วนของ นมถั่วเหลืองลดลง และน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าแรงกดลดลง เช่นทรีทเมนต์ที่ 1 มีนมถั่วเหลือง 70 % ไขมัน 15 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าแรงกด เท่ากับ 345.03 นิวตัน และเมื่อสัดส่วนนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น และน้ำตาล ลดลง จะทำให้ค่าแรงกดเพิ่มขึ้น เช่นทรีทเมนต์ ที่ 4 มีนมถั่วเหลือง 80 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 10 % จะได้ค่าแรงกด เท่ากับ 692.60 นิวตัน ไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วย นมถั่วเหลือง 75 % ไขมัน 10 % น้ำตาล 15 % จะได้ค่าแรงกด เท่ากับ 392.61 นิวตัน

จากการศึกษาสัดส่วนนมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล ที่เหมาะสมในการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง พบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมประกอบด้วย นมถั่วเหลือง 75 % ไขมันพืช 10 % และน้ำตาล 15 % เนื่องจากมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส เพราะ ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยทางด้านกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.02 โดยนมถั่วเหลืองมีอิทธิพลต่อกลิ่นรสถั่วเหลืองมากที่สุด ถ้าใช้นมถั่วเหลืองในส่วนผสมมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง มากกว่า 1 ความมัน เท่ากับ 0.99 โดยไขมันพืชมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือ นมถั่วเหลือง ถ้าใช้ไขมันพืชในส่วนผสมมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน มากกว่า 1 รสหวาน เท่ากับ 0.98 โดยน้ำตาลมีอิทธิพลมากที่สุด ถ้าใช้น้ำตาลในส่วนผสมลดลง จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวาน น้อยกว่า 1 ความเรียบเนียน เท่ากับ 0.93 โดยน้ำตาลมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือไขมันพืช ถ้าใช้น้ำตาลลดลงจะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนลดลง เมื่อทดสอบสมบัติทางเคมี และกายภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 34.71 % ซึ่งเหมาะสมสำหรับการทำไอศครีมถั่วเหลือง เพื่อให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน โดยน้ำตาลมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือไขมันพืช ได้ค่าความข้นหนืดเท่ากับ 34.49 พอยส์ โดยไขมันมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือน้ำตาล ส่วนนมถั่วเหลืองมีอิทธิพลตรงกันข้าม ถ้านมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ความข้นหนืดลดลง ส่วนผสมสูตรนี้ทำให้ได้ค่าโอเวอร์รันที่สูงเท่ากับ 38.98 % โดยนมถั่วเหลือง และน้ำตาลมีอิทธิพลในทางบวก ส่วนไขมันพืชมีอิทธิพลตรงกันข้าม ถ้าไขมันพืชเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันลดลง อัตราการละลาย เท่ากับ 0.72 กรัมต่อนาที คือไม่ละลายเร็วหรือช้าไป โดยนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น อัตราการละลายจะเร็ว ส่วนไขมันที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราการละลายช้าลง มีค่าแรงเจาะ และแรงกดต่อเนื้อสัมผัสไอศครีม เท่ากับ 24.36 นิวตัน และ 392.61 นิวตัน ตามลำดับ มีค่าปานกลาง เนื้อสัมผัสไอศครีมไม่แข็งมาก โดยนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ค่าแรงเจาะ และแรงกดเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ค่าแรงเจาะ และแรงกดลดลง ทำให้ได้เนื้อสัมผัสไอศครีมนุ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ผลการศึกษาชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ต่อคุณภาพไอศครีมถั่วเหลือง

เลือกไอศครีมถั่วเหลือง ข้อ 4.3 ที่ได้ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของ นมถั่วเหลือง ไขมันพืช และน้ำตาล นำมาทำการผลิตไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้ นมถั่วเหลือง 75 % ไขมันพืช 10 % และน้ำตาล 15 % สารให้ความคงตัว (LBG) 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 % เกลือ 0.15 % เปรียบเทียบกับไอศครีมนมที่มีสูตรดังนี้ ไขมัน 10 % ของแข็งไม่รวมไขมัน (MSNF) 10 % น้ำตาล 13 % สารให้ความคงตัว (LBG) 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 %

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยวิธี Ideal Ratio Profile Technique ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 42 คนโดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS) โพลีซอร์เบท และ เลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20 % และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษา ตรวจสอบคุณลักษณะสีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม แสดงดังตาราง 4.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.9 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม

คุณลักษณะ	ทรีทเมนต์			
	ไอศครีมถั่วเหลือง (GMS)	ไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท)	ไอศครีมถั่วเหลือง (เลซิทิน)	ไอศครีมนม (GMS)
สีที่ปรากฏ	$0.98^{b} \pm 0.14$	$1.00^{b} \pm 0.14$	$1.03^{b} \pm 0.13$	$1.13^{a} \pm 0.15$
รสหวาน	$0.99^{b} \pm 0.12$	$0.96^{b} \pm 0.15$	$1.01^{b} \pm 0.13$	$1.12^{a} \pm 0.17$
ความมัน	$1.03^{a} \pm 0.10$	$0.95^{b} \pm 0.15$	$1.04^{a} \pm 0.10$	$1.01^{a} \pm 0.17$
กลิ่นรสถั่วเหลือง	$1.05^{ns} \pm 0.21$	$1.08^{ns} \pm 0.18$	$1.09^{ns} \pm 0.17$	-
ความเรียบเนียน	$0.96^{ns} \pm 0.09$	$0.95^{ns} \pm 0.09$	$0.97^{ns} \pm 0.11$	$0.92^{ns} \pm 0.16$
การละลายในปาก	$0.98^{a} \pm 0.13$	$0.96^{a} \pm 0.10$	$1.00^{a} \pm 0.13$	$0.88^{b} \pm 0.20$
ความเหนียวหนืด	$0.98^{a} \pm 0.11$	$0.95^{ab} \pm 0.11$	$1.01^{a} \pm 0.10$	$0.89^{b} \pm 0.21$
การยอมรับรวม	$0.69^{a} \pm 0.14$	$0.64^{b} \pm 0.13$	$0.64^{b} \pm 0.13$	$0.70^{a} \pm 0.13$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของขอ้มูลได้จากผู้ทดสอบชิม 42 คน

- ไม่มีกลิ่นรสถั่วเหลือง, ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย (Mean ideal ratio score) ของลักษณะด้านสีที่ปรากฏ รสหวาน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าเข้าใกล้ค่าสัดส่วนอุดมคติมาก (ค่าสัดส่วนอุดมคติมีค่าเท่ากับ 1.0) ส่วนค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน และการยอมรับรวมแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) ไอศครีมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับไอศครีมนม มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยไอศครีมนมมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย ทางด้านสีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน มีค่ามากกว่าค่าสัดส่วนอุดมคติ และค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด มีค่าต่ำกว่าไอศครีมถั่วเหลือง ไอศครีมนม และไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรตเป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการยอมรับรวม เท่ากับ 0.70 และ 0.69 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความมัน ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีอิมัลซิไฟเออร์กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และเลซิทิน มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 1.03 และ1.04 ตามลำดับ ($P>0.05$) แต่ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันต่างกัน ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับโพลีซอร์เบท ซึ่งมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย เท่ากับ 0.95

กลิ่นรสถั่วเหลือง ชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 1.05 - 1.09 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยเลซิทิน และโพลีซอร์เบท ให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Dziezak (1988) รายงานว่า เลซิทินให้กลิ่นรสเหมือนกับกลิ่นรสถั่วเหลือง และโพลีซอร์เบท ให้กลิ่นรสผิดปกติซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในไอศครีม เช่นเดียวกับ Cheema และ Arora (1991) ทดลองใช้ไขมันพืชทดแทนไขมันนมในการผลิตไอศครีม พบว่า กลิ่นรสของไอศครีมที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองมีคะแนนลดลง เมื่อใช้โพลีซอร์เบทมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Baer *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมไขมันต่ำที่ใช้โพลีซอร์เบท ที่ความเข้มข้น 0.1 % และ 0.2 % ให้คะแนนกลิ่นรสที่ไม่ดี

ความเรียบเนียน ไอศครีมถั่วเหลือง และไอศครีมนม มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนอยู่ระหว่าง 0.92 - 0.97 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยไอศครีมนมมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนต่ำกว่าไอศครีมถั่วเหลือง เนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนของนมถั่วเหลืองมีขนาดใหญ่กว่าของน้ำนม (Liu , 1997) เพราะฉะนั้นไอศครีมนมจึงมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่า นั้นคือมีปริมาณน้ำที่ยังไม่แข็งตัวอยู่อีกมาก และโอกาสที่จะเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ (recrystalization) มีมากกว่า (Hagiwara และ Hartel , 1996) ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนน้อยกว่า ขณะที่การทดลอง Baer *et al.*, (1999) พบว่า อิมัลซิไฟเออร์ที่เติมในไอศครีมมีผลทำให้ขนาดผลึกน้ำแข็งเล็กลง และทำให้ไอศครีมมีความเรียบเนียนมากขึ้น ดังผลการศึกษาซึ่งจะเห็นว่าเมื่อใช้กัมไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส (hydroxypropylmethyl cellulose) อย่างเดียวในไอศครีมไม่มีไขมัน ผลึกน้ำแข็งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 91.4 - 93.6 ไมโครเมตร แต่การใช้อิมัลซิไฟเออร์ร่วมด้วย ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดเล็กกว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 77.3 - 82.1 ไมโครเมตร เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์ช่วยดูดซับความไม่คงตัวของไขมันไว้ที่ผิวเซลล์อากาศ หรือในส่วนที่ไม่มีไขมัน แทนที่โปรตีน ทำให้โปรตีนไปจับกับน้ำได้มากขึ้น และทำให้น้ำอิสระมีน้อยลงที่จะแข็งตัวได้ในไอศครีมที่ไม่มีไขมัน จึงทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า อิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไอศครีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์มีส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ชอบไขมัน (lipophilic) ส่วนที่ชอบน้ำของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิมัลซิไฟเออร์จะมีพันธะกับน้ำในส่วนผสมไอศครีม ทำให้ปริมาณน้ำที่จะเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งมีน้อยลง ผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กลง ดังนั้นเนื้อสัมผัสไอครีมจึงเรียบเนียนขึ้น และเช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ไอศครีมที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์มีผลให้ผลึกน้ำแข็ง และเซลล์อากาศมีขนาดเล็กลง โดยเมื่อใช้สารให้ความคงตัวเจลาตินอย่างเดียวผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่กว่าคือ 38 ไมโครเมตร และเซลล์อากาศมีขนาดใหญ่กว่าคือ 188 ไมโครเมตร แต่การใช้ อิมัลซิไฟเออร์ร่วมด้วยผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดเล็กกว่าอยู่ระหว่าง 31 - 36 ไมโครเมตรและเซลล์อากาศมีขนาดเล็กกว่าอยู่ระหว่าง 135 - 156 ไมโครเมตร ทำให้ไอศครีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนมากขึ้น สอดคล้องกับ Baer *et al.*, (1997) พบว่า ชนิด และปริมาณการใช้ของอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ค่าคะแนนความหยาบ (coarse และ icy) ของเนื้อสัมผัสไอศครีมไขมันต่ำไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ไอศครีมไขมันต่ำที่ไม่ใส่อิมัลซิไฟเออร์จะมีค่าคะแนนความหยาบมากกว่า ($P\leq0.05$) เพราะมีขนาดผลึกน้ำแข็ง และการกระจายตัวของเซลล์อากาศใหญ่กว่า

การละลายในปาก ชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ของไอศครีมถั่วเหลืองให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.96 - 1.00 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เปรียบเทียบกับไอศครีมนม ซึ่งจะมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 0.88 ละลายเร็วกว่าไอศครีมถั่วเหลือง ($P\leq0.05$) เนื่องจากถั่วเหลืองมีโปรตีน 7 S และ 11 S globulin ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าโปรตีนนม (casein) และมีโครงสร้างจตุรภูมิ (quaternary structure) ที่ซับซ้อนกว่า (Liu , 1997) เมื่อสารที่ละลายในน้ำมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ส่งผลให้จุดเยือกแข็งของไอศครีมต่ำ ทำให้ปริมาณของเหลวที่ไม่แข็งตัวมีมากขึ้น ดังนั้นไอศครีมนมจึงละลายได้เร็วขึ้น (Marshall และ Arbuckle , 1996)

ความเหนียวหนืด ชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ของไอศครีมถั่วเหลืองให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.95 - 1.01 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Baer *et al.*, (1997) พบว่า การผันแปรชนิด และปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ทำให้ความเหนียวหนืดของไอศครีมไขมันต่ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

การยอมรับรวมของไอศครีมถั่วเหลือง ชนิดอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการยอมรับรวมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.64 – 0.69 แตกต่างกัน ($P\leq0.05$) โดยกลีเซอรอลโมโนสเตียเรตมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการยอมรับรวมมากกว่าโพลีซอร์เบท และเลซิทิน เช่นเดียวกับการทดลอง Baer *et al.*, (1997) ศึกษาการใช้อิมัลซิไฟเออร์ โพลีซอร์เบท ผสมกับ โมโน และ ไดกลีเซอร์ไรด์ ในอัตราส่วน 80 : 20 ใช้อิมัลซิไฟเออร์โมโนกลีเซอร์ไรด์ต่อไดกลีเซอร์ไรด์ ในอัตราส่วน 40 : 60 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

70 : 30 และ เลซิทิน พบว่า ไอศครีมไขมันต่ำที่ใช้เลซิทินเป็นอิมัลซิไฟเออร์มีคะแนนการยอมรับรวมต่ำที่สุด

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ทรีทเมนต์ที่ใช้โพลีซอร์เบท และเลซิทิน มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วหลือง เท่ากับ 1.08 และ 1.09 ซึ่งมากกว่า 1 และมีค่าคะแนนการยอมรับรวมน้อยกว่าการใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต ดังนั้นอาจรายงานได้ว่า อิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมสำหรับทำไอศครีมถั่วเหลือง คือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต

4.4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท เลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20% ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษา วิเคราะห์ผลทางด้านเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด พีเอช เปอร์เซ็นต์กรดแลคติค ได้ผลดังต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม พบว่า เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมนมจะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.01 % แต่จากการคำนวณส่วนผสมไอศครีมนมที่มีสูตรส่วนผสมดังต่อไปนี้ ไขมัน 10 % ของแข็งไม่รวมไขมัน (MSNF) 10 % น้ำตาล 13 % สารให้ความคงตัว (LBG) 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 34.39 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง เนื่องจากขบวนการผลิตที่ต้องผ่านความร้อนจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดสูงขึ้นก็ได้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของทรีทเมนต์ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ โพลีซอร์เบท เลซิทิน และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต เท่ากับ 34.42 34.44 34.47 และ 34.71 % ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พีเอชของทรีทเมนต์ไอศครีมถั่วเหลือง มีค่าอยู่ระหว่าง 6.48 - 6.49 เช่นเดียวกับการทดลองของ Baer *et al.*, (1997) พบว่า ชนิด และปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ไม่มีผลต่อพีเอชของส่วนผสมไอศครีม ทำให้ค่าพีเอชของส่วนผสมไอศครีมไขมันต่ำอยู่ในช่วง 6.46 - 6.50 ซึ่งสอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า อิมัลซิไฟเออร์มีผลเพียงเล็กน้อยต่อพีเอชของส่วนผสมไอศครีม ค่าพีเอชเฉลี่ยของไอศครีมนม เท่ากับ 6.46 มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไอศครีมถั่วเหลือง

ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยของไอศครีมนมเท่ากับ 0.23 % มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับไอศครีมถั่วเหลือง ไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ที่ใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ย เท่ากับ 0.17 % ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้โพลิซอร์เบทและเลซิทิน มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ย เท่ากับ 0.18 % และ 0.19 % ตามลำดับ ขณะที่ Baer *et al* ., (1997) พบว่า การผันแปรชนิด และปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคของไอศครีมไขมันต่ำ เท่ากับ 0.22 %

4.4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท เลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20 % ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษา วิเคราะห์ผลทางด้านค่าสีในระบบฮันเตอร์ ได้ผลดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสีในระบบฮันเตอร์ การใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % จะให้สีของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใกล้เคียงกันเมื่อนำไปวัดด้วยเครื่องวัดสี พบว่า ค่าความสว่าง (ค่าสี L) อยู่ระหว่าง 77.07 – 77.54 โดยไอศครีมนม (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต) ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 78.36 ส่วนไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท) ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 77.07

ค่าสี a เป็นค่าสีเขียว (ค่าเป็นลบ) พบว่า ไอศครีมนมมีค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ - 0.44 ไอศครีมถั่วเหลือง ให้ค่าสี a อยู่ระหว่าง – 0.33 ถึง 0.17 ไอศครีมถั่วเหลือง (เลซิทิน) ให้ค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ - 0.33 และไอศครีมถั่วเหลือง (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต) ให้ค่าสี a เป็นค่าสีแดง (ค่าเป็นบวก) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ ให้ค่าสี a เป็นค่าสีแดง (ค่าเป็นบวก) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05

ค่าสี b เป็นค่าสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) พบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าอยู่ระหว่าง 10.34 - 11.07 ไอศครีมนมให้ค่าสี b (สีเหลือง)โดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 12.42 เพราะวัตถุดิบนมผงพร้อมมันเนย และไขมันนม มีสีเหลืองมากกว่า ส่วนไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท) ให้ค่าสี b โดยเฉลี่ยเป็นอันดับสอง เท่ากับ 11.07 ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ ให้ค่าสี b โดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 10.34

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท และเลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20 % ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษาแสดงดังตาราง 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์ความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมนม ไอศครีมถั่วเหลือง ที่มีอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % และไม่มีอิมัลซิไฟเออร์

ทรีทเมนต์	ความข้นหนืด (พอยส์)	โอเวอร์รัน (%)
1. ไอศครีมถั่วเหลือง (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	34.49 ^{b} ± 1.99	38.98 ^{a} ± 1.42
2. ไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท)	33.18 ^{c} ± 0.90	36.65 ^{b} ± 1.29
3. ไอศครีมถั่วเหลือง (เลซิทิน)	36.08 ^{a} ± 1.41	34.96 ^{c} ± 1.33
4. ไอศครีมถั่วเหลือง (ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์)	32.05 ^{c} ± 0.87	36.50 ^{b} ± 1.30
5. ไอศครีมนม (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	4.43 ^{d} ± 0.24	31.67 ^{d} ± 0.91

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ทรีทเมนต์ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้เลซิทิน 0.2 % จะได้ค่าเฉลี่ยความข้นหนืดสูงสุด เท่ากับ 36.08 พอยส์ และแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท ไอศครีมถั่วเหลืองที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม ไอศครีมถั่วเหลืองมีความข้นหนืดมากกว่าไอศครีมนม ก็เพราะว่าถั่วเหลืองมีโปรตีน 7 S และ 11 S globulin ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าโปรตีนนม (casein) และมีโครงสร้างจตุรภูมิ (quaternary structure) ที่ซับซ้อนกว่า (Liu , 1997) และโปรตีนสามารถจับกับน้ำทำให้เพิ่มความหนืดแก่ส่วนผสมไอศครีม ขณะที่ Miller - Livney และ Hartel (1997) ได้ศึกษาไอศครีมที่ใช้สารให้ความหวานคอร์นไซรัปฟรุคโตสสูง (HFCS) และคอร์นไซรัป 20 DE โดยมีส่วนผสมอื่นเหมือนกันทุกประการ พบว่า คอร์นไซรัป 20 DE มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า จึงทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความข้นหนืดมากกว่า เพราะฉะนั้นไอศครีมถั่วเหลืองจึงมีความข้นหนืดมากกว่าไอศครีมนมเนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า ความข้นหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อไอศครีมถั่วเหลืองมีอิมัลซิไฟเออร์ ส่วนไอศครีมถั่วเหลืองที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์จะมีความข้นหนืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้อยกว่า สอดคล้องกับการทดลองของ Baer *et al.*, (1999) พบว่า เวลาในการไหล (flow times) ของส่วนผสมไอศครีม ซึ่งวัดเวลาในการไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในปิเปตภายใต้ความดันบรรยากาศ ไอศครีมที่มีอิมัลซิไฟเออร์มีค่าเวลาในการไหล 77.4 วินาที ส่วนไอศครีมที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์มีค่าเวลาในการไหล 70.3 วินาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Abd El-Rahman *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมไขมัน 10 % ที่ใช้ครีมสด 40 % เป็นแหล่งไขมัน และมีอิมัลซิไฟเออร์ มีความข้นหนืดมากกว่าไอศครีมที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจาก อิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไขมันเกิดการกระจายตัวในส่วนของน้ำจึงทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น

โอเวอร์รันคือปริมาตรของไอศครีมที่เพิ่มขึ้นจากปริมาตรของส่วนผสมไอศครีมรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของปริมาตรเนื่องจากอากาศแทรกตัวเข้าในเนื้อไอศครีมในระหว่างการตีปั่นให้แข็งตัว ไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันอยู่ระหว่าง 34.96% – 38.98 % ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้โพลีซอร์เบท มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 36.65 % ต่ำกว่า กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องจากโพลีซอร์เบท เป็นอิมัลซิไฟเออร์พวกโพลีออกซีเอทธิลีนซอร์บิแทน (polyoxyethylene sorbitan) ที่สามารถทำให้ไขมันเกิดความไม่คงตัว (fat destabilize) ได้มากกว่าอิมัลซิไฟเออร์ในรูปโมโน และ ไดกลีเซอร์ไรด์ (Marshall และ Arbuckle , 1996) ดังนั้นไขมันอิสระจึงเกิดขึ้นได้มากกว่า ซึ่งไขมันอิสระนี้สามารถขัดขวางการเกิดโฟมของส่วนผสมไอศครีมได้ และโมโนกลีเซอร์ไรด์เป็นสารทำให้เกิดโฟมได้ดีกว่าโพลีซอร์เบท (Baer *et al.*, 1999) ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้เลซิทินมีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 34.96 % ซึ่งต่ำกว่าไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์อื่น ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Baer *et al.*, (1997) พบว่าชนิดของอิมัลซิไฟเออร์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน โดยเลซิทินให้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมไขมันต่ำ ต่ำสุด แต่ระดับความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเออร์ทำให้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่น เลซิทินที่ความเข้มข้น 0.06% , 0.10% และ 0.14 % ได้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเท่ากับ 65.0 % , 64.10 % และ 62.60 % ตามลำดับ ส่วนอิมัลซิไฟเออร์ โพลีซอร์เบท ผสมโมโน และ ไดกลีเซอร์ไรด์ ที่ความเข้มข้น 0.12 % , 0.17 % และ 0.22 % ได้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเท่ากับ 85.40 % , 87.80 % และ 89.0 % ตามลำดับ ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีเลซิทินเป็นอิมัลซิไฟเออร์มีโอเวอร์รันต่ำกว่าอิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ก็เพราะว่า เลซิทินเป็นสารพวกไขมันซึ่งเป็นตัวขัดขวางการตีอากาศเข้าเนื้อไอศครีม (Marshall และ Arbuckle , 1996) นอกจากนี้เครื่องปั่นไอศครีม ที่ใช้เป็นแบบครัวเรือน จึงมีประสิทธิภาพด้อยกว่าเครื่องปั่นไอศครีมในระดับอุตสาหกรรม (Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis ,1990) และอาจเป็นผลจากประสิทธิภาพในการโฮโมจีไนส์ไม่ดีพอ เนื่องจากใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องปั่น (blender) แทนเครื่องโฮโมจิไนส์ และเครื่องโฮโมจีไนส์ทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง ทำให้เพิ่มปริมาตรพื้นผิวของเม็ดไขมัน จึงทำให้ไอศครีมมีโอเวอร์รันสูงขึ้น (Arbuckle , 1986)

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท และเลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20 % ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2% ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม

ทรีทเมนต์	เวลา (นาที)	น้ำหนักไอศครีมที่ละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัม)	อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)
1. ไอศครีมถั่วเหลือง (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	60	43.20 $\pm$ 2.67	0.72 ^{d} $\pm$ 0.04
2. ไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท)	60	48.07 $\pm$ 1.92	0.80 ^{c} $\pm$ 0.03
3. ไอศครีมถั่วเหลือง (เลซิทิน)	60	40.02 $\pm$ 2.10	0.67 ^{d} $\pm$ 0.03
4. ไอศครีมถั่วเหลือง (ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์)	60	53.70 $\pm$ 1.87	0.90 ^{b} $\pm$ 0.03
5. ไอศครีมนม (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	60	83.66 $\pm$ 2.10	1.39 ^{a} $\pm$ 0.04

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับไอศครีมนม พบว่า ไอศครีมนมมีอัตราการละลาย เท่ากับ 1.39 กรัมต่อนาที ซึ่งละลายเร็วกว่า อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องมาจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นมถั่วเหลืองมีโปรตีนขนาดใหญ่ซึ่งสามารถจับกับน้ำได้ดี ดังนั้นเมื่อใช้ร่วมกับสารให้ความคงตัว จึงทำให้ไอศครีมถั่วเหลืองมีอัตราการละลายช้ากว่าไอศครีมนม (Chan *et al.*,1992) ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีอิมัลซิไฟเออร์จะมีค่าอัตราการละลายอยู่ระหว่าง 0.67 – 0.72 กรัมต่อนาที ซึ่งละลายช้ากว่า ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับไอศครีมถั่วเหลืองที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ มีค่าอัตราการละลาย เท่ากับ 0.90 กรัมต่อนาที เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไอศครีมมีความไม่คงตัวของไขมัน (fat destabilization) เพิ่มขึ้น จะทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็กลง และการกระจายตัวของเซลล์อากาศ ช่วยทำให้โฟมมีความเสถียร ดังนั้นไอศครีมจึงมีอัตราการละลายช้าลง (Baer *et al.*, 1999) และสอดคล้องกับการทดลองของ Abd El-Rahman *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์มีอัตราการละลายช้ากว่า ไอศครีมที่ไม่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไขมันเหลวในเม็ดไขมันไหลออกมารวมกัน (agglomerate) เกิดเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบฟองอากาศ ทำให้ฟองอากาศเสถียร พร้อมกับเกิด partial coalescence (Marshall และ Arbuckle , 1996) และจากการตีปั่นไอศครีมทำที่อุณหภูมิต่ำทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ผลึกไขมันที่เกิดขึ้นจะแทงผนังของเม็ดไขมันทำให้ไขมันเหลวไหลออกมา เกิดเป็นฟิล์มเชื่อมระหว่างเม็ดไขมันที่อยู่ใกล้เคียงกัน เกิดโครงข่ายของเม็ดไขมันและไปล้อมรอบเซลล์อากาศ ทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็ก และกระจายตัวสม่ำเสมอ เป็นผลให้อัตราการละลายของไอศครีมช้าลง

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต โพลีซอร์เบท และเลซิทิน ที่ความเข้มข้น 0.20% ไอศครีมถั่วเหลืองไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์ เนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.2 % ไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ และไอศครีมนม

ทรีทเมนต์	แรงเจาะ (นิวตัน)	แรงกด (นิวตัน)
1. ไอศครีมถั่วเหลือง (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	$24.36^{c} \pm 1.05$	$392.61^{b} \pm 36.08$
2. ไอศครีมถั่วเหลือง (โพลีซอร์เบท)	$25.68^{b} \pm 1.05$	$447.88^{a} \pm 35.80$
3. ไอศครีมถั่วเหลือง (เลซิทิน)	$27.69^{a} \pm 1.18$	$477.81^{a} \pm 35.08$
4. ไอศครีมถั่วเหลือง (ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์)	$24.10^{c} \pm 1.65$	$370.26^{bc} \pm 41.64$
5. ไอศครีมนม (กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต)	$18.79^{d} \pm 0.97$	$352.22^{c} \pm 33.77$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ต่างชนิดกัน และไม่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ วัดค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัส (penetration force ; newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมถั่วเหลืองด้วยระยะทางคงที่ พบว่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 24.10 - 27.69 นิวตัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ไอศครีมถั่วเหลืองที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์จะได้ค่าแรงเจาะ เท่ากับ 24.10 นิวตัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ เช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า อิมัลซิไฟเออร์ให้ความแข็ง (stiffness) กับไอศครีม ส่วนไอศครีมนมวัดค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัสได้เท่ากับ 18.79 นิวตัน ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยกว่าไอศครีมถั่วเหลือง สอดคล้องกับการทดลองของ Smith และ Bradley (1983) พบว่า ไอศครีมที่มีสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าจุดเยือกแข็งจะสูงกว่าสารให้ความหวานหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า ดังนั้นไอศครีมนมที่มีน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนน้อยกว่าจึงมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่า ทำให้ปริมาณน้ำที่ไม่แข็งตัวเหลืออยู่มาก ดังนั้นไอศครีมนมจึงมีเนื้อสัมผัสนุ่มกว่าไอศครีมถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัดค่าแรงกด (compression force ; newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมถั่วเหลืองด้วยระยะทางคงที่ พบว่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 370.26 - 477.81 นิวตัน ($P \leq 0.05$) ไอศครีมถั่วเหลืองที่ไม่มีอิมัลซิไฟเออร์จะได้ค่าแรงกด เท่ากับ 370.26 นิวตัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ สอดคล้องกับการทดลองของ Abd El-Rahman *et al.*, (1997) พบว่า ไอศครีมที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์มีความแข็งมากกว่าไอศครีมที่ไม่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ ส่วนไอศครีมนมวัดค่าแรงกดได้เท่ากับ 352.22 นิวตัน ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าความแข็งน้อยกว่าไอศครีมถั่วเหลือง เช่นเดียวกับการทดลองของ Hagiwara และ Hartel (1996) พบว่า เมื่อต้องการให้ปริมาณน้ำในไอศครีม แข็งตัว 60 % ไอศครีมที่ใช้น้ำตาลซูโครสมีอุณหภูมิ – 7.5 °C และคอร์นไซรัปฟรุคโตส (HFCS) มีอุณหภูมิ – 12.1 °C เพราะน้ำตาลซูโครสมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า ฟรุคโตส ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกัน ไอศครีมที่ทำให้จุดเยือกแข็งลดลงได้มากกว่า ทำให้ปริมาณน้ำที่แข็งตัวน้อยกว่า นั้นก็คือมีปริมาณของน้ำที่ยังไม่แข็งตัวอยู่มากกว่า ดังนั้นไอศครีมนมจึงมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าไอศครีมถั่วเหลือง เพราะขนาดโมเลกุลโปรตีนนมเล็กกว่าโปรตีนถั่วเหลือง นอกจากนี้สังเกตพบว่า ทรีทเมนต์ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้เลซิทิน มีความแข็งมากกว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ โดยต้องใช้แรงกด เท่ากับ 477.81 นิวตัน ซึ่งมีค่าแรงมากกว่าในการทำให้ไอศครีมเสียรูปร่าง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านประสาทสัมผัส และพิจารณาสมบัติทางกายภาพ พบว่า กลีเซอรอลโมโนสเตียเรตที่ความเข้มข้น 0.2 % เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมในการทำไอศครีมถั่วเหลือง เพราะมี เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูง ($P \leq 0.05$) มีอัตราการละลายปานกลาง ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งปานกลาง และมีแนวโน้มของค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม เข้าใกล้ค่าอุดมคติมากกว่า

4.5 ผลการศึกษาสัดส่วนของสารให้ความคงตัวที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปต่อคุณภาพไอศครีมถั่วเหลือง

วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ซึ่งมีทั้งหมด 6 ทรีทเมนต์ ทำการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง โดยกำหนดให้ปริมาณนมถั่วเหลือง 75 % ไขมันพืช 10 % น้ำตาล 15 % อิมัลซิไฟเออร์(GMS) 0.20 % กลิ่นวานิลา 0.20 % และเกลือ 0.15 % คงที่ในทุกทรีทเมนต์ แต่ปริมาณสัดส่วนสารคงตัวที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปเปลี่ยนแปลงตามที่กำหนดไว้ในแต่ละทรีทเมนต์ ไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพ นำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) ระหว่างตัวแปร และใช้โปรแกรม Matchcad 7 เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของสารให้ความคงตัว อัลจิเนต (Alginate) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) โลคัสบีนกัม (LBG) ในการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง

4.5.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองโดยวิธี Ideal Ratio Profile Technique ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 54 คน โดยใช้สัดส่วนสารให้ความคงตัว คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) โลคัสบีนกัม (LBG) อัลจิเนต (Alginate) ผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ตรวจสอบลักษณะ สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม แสดงดังตาราง 4.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วน โลคัสบีนกัม คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส อัลจิเนต

ทรีทเมนต์	LBG (%)	CMC (%)	Alginate (%)	สีที่ปรากฏ	รสหวาน	ความมัน	กลิ่นรสถั่วเหลือง	ความเรียบเนียน	การละลาย - ในปาก	ความเหนียวหนืด	การยอมรับรวม
1	0	0.5	0.5	1.05 ± 0.22	1.01 ± 0.19	0.97 ± 0.16	1.08 ± 0.26	0.98 ± 0.14	1.01 ± 0.16	0.99 ± 0.15	0.65 ± 0.15
2	0.5	0.5	0	1.02 ± 0.23	0.99 ± 0.20	1.01 ± 0.15	1.05 ± 0.28	0.99 ± 0.14	1.03 ± 0.16	1.02 ± 0.13	0.67 ± 0.12
3	0.5	0	0.5	0.99 ± 0.20	0.96 ± 0.16	0.99 ± 0.20	1.05 ± 0.24	0.97 ± 0.16	1.02 ± 0.18	0.99 ± 0.14	0.64 ± 0.15
4	0.5	0.25	0.25	1.05 ± 0.18	0.98 ± 0.15	0.98 ± 0.14	1.06 ± 0.22	0.98 ± 0.13	1.01 ± 0.19	1.02 ± 0.15	0.66 ± 0.16
5	0.25	0.5	0.25	1.01 ± 0.18	1.01 ± 0.18	0.99 ± 0.17	1.04 ± 0.23	0.99 ± 0.14	1.04 ± 0.17	1.04 ± 0.15	0.70 ± 0.14
6	0.25	0.25	0.5	1.05 ± 0.23	0.99 ± 0.16	0.96 ± 0.18	1.04 ± 0.24	0.99 ± 0.10	0.99 ± 0.18	1.00 ± 0.13	0.69 ± 0.16

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลได้จากผู้ทดสอบชิม 54 คน

สารให้ความคงตัวคิดสัดส่วนเป็น 0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

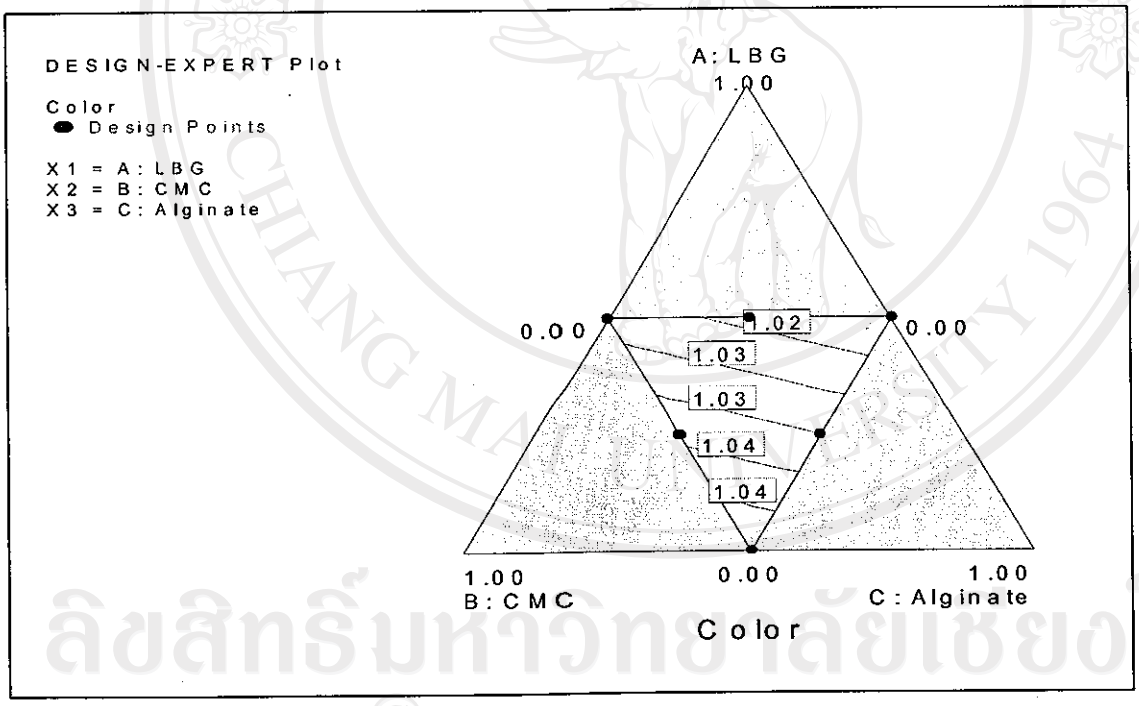
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) จะได้สมการลักษณะสีที่ปรากฏ ดังนี้

สีที่ปรากฏ = 0.991 LBG + 1.056 CMC + 1.037 Alginate , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ย (Sample / Ideal) สีที่ปรากฏของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.99 ถึง 1.05 (ตาราง 4.13) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว CMC Alginate และLBG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิดมีอิทธิพลใกล้เคียงกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏ แสดงดังรูป 4.14



รูป 4.14 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.14 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็น สัดส่วนสารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิด มีอิทธิพลใกล้เคียงกันต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏโดยไอศครีมถั่วเหลืองทุกทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกันมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยสีที่ปรากฏใกล้เคียงเท่ากับ 1 แสดงว่าการใช้สารให้ความคงตัวแบบผสมที่ความเข้มข้น 0.2 % อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป

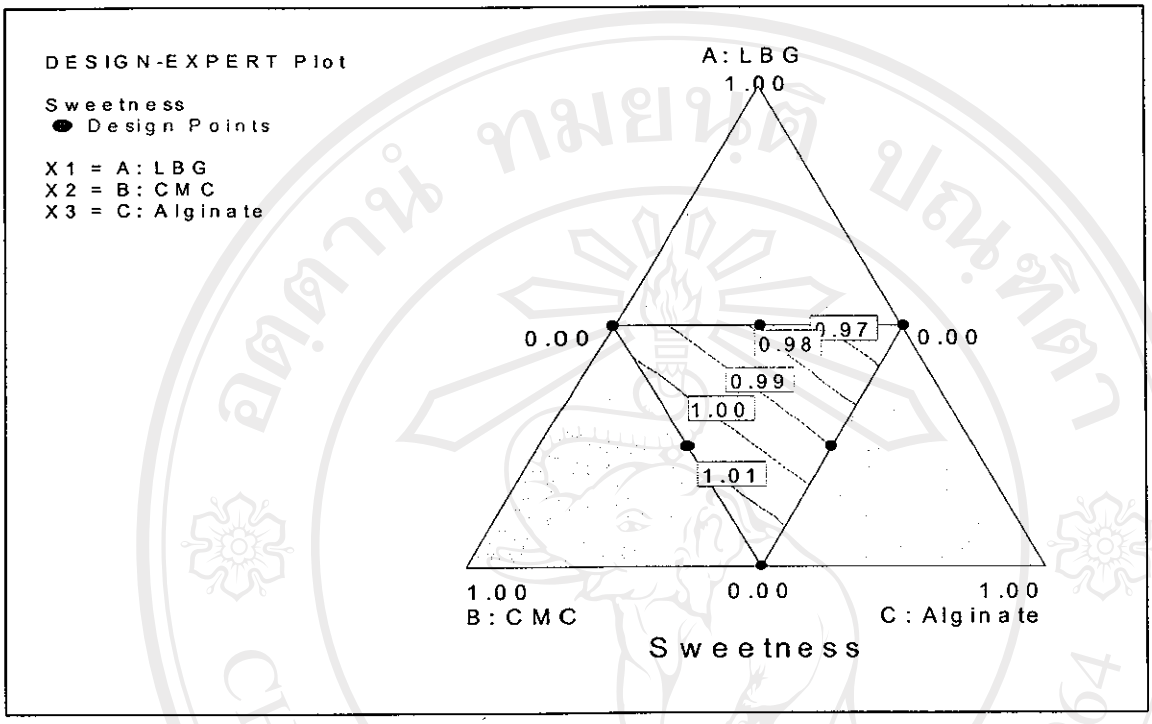
จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะรสหวาน ดังนี้

รสหวาน = 0.942 LBG + 1.047 CMC + 0.988 Alginate , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานไอศครีมถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 0.96 – 1.01 (ตาราง4.13) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดย CMC มีอิทธิพลมากที่สุด ส่วน LBG มีอิทธิพลน้อยที่สุด ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0 % Alginate 0.1 % ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.96 เพราะไม่ใช้ CMC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวาน แสดงดังรูป 4.15



รูป 4.15 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยรสหวานจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.15 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานใกล้เคียงเท่ากับ 1 เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ LBG 0 % CMC 0.1 % Alginate 0.1 % และทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.1 % Alginate 0.05 %ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของรสหวานมีค่าเท่ากับ 1.01

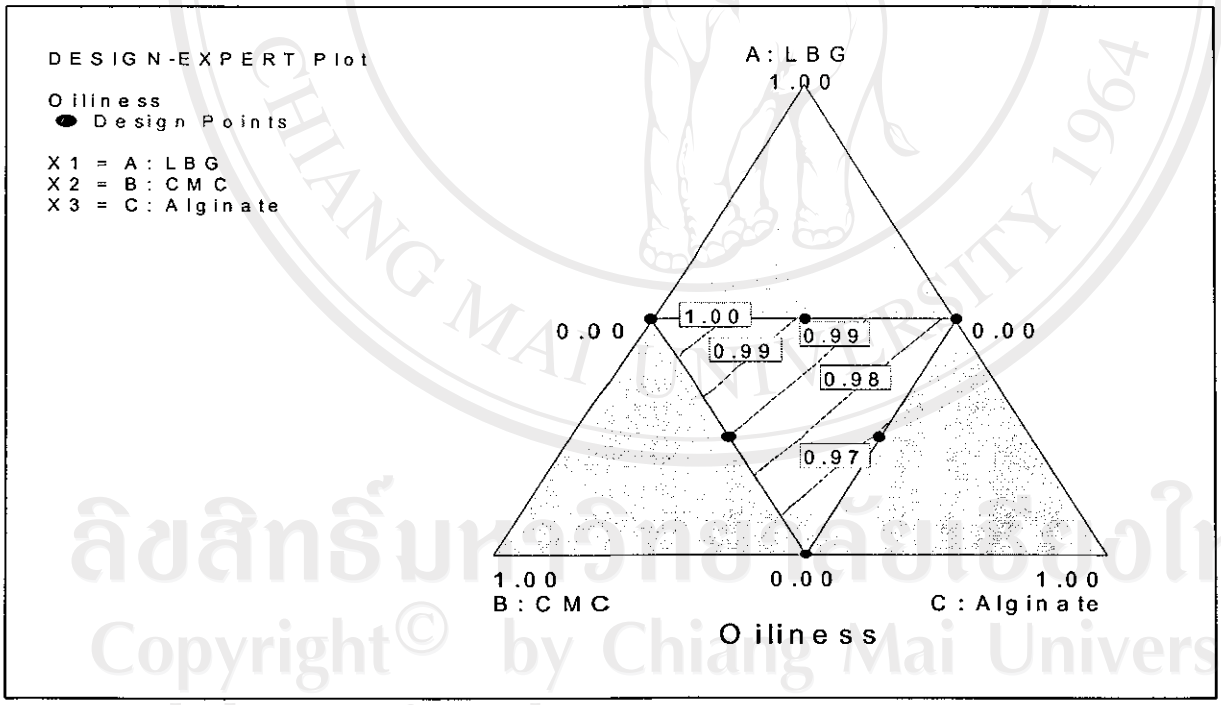
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะความมัน ดังนี้

ความมัน = 1.014 LBG + 0.999 CMC + 0.937 Alginate , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.96 - 1.01 (ตาราง4.13) ได้รับอิทธิพล จากสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดย LBG มีอิทธิพลมากที่สุด ส่วน Alginate มีอิทธิพลน้อยที่สุด เช่น ทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ LBG 0 % CMC 0.1 % Alginate 0.1 % ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันมีค่าเท่ากับ 0.97

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน แสดงดังรูป 4.16



รูป 4.16 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.16 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนสารให้ความคงตัว LBG เพิ่มขึ้นทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันใกล้เคียงเท่ากับ 1 เช่น ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0.1 % Alginate 0 % จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมันเท่ากับ 1.01 ส่วนทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 0.96 เพราะ Alginate มีอิทธิพลเป็นอันดับสาม

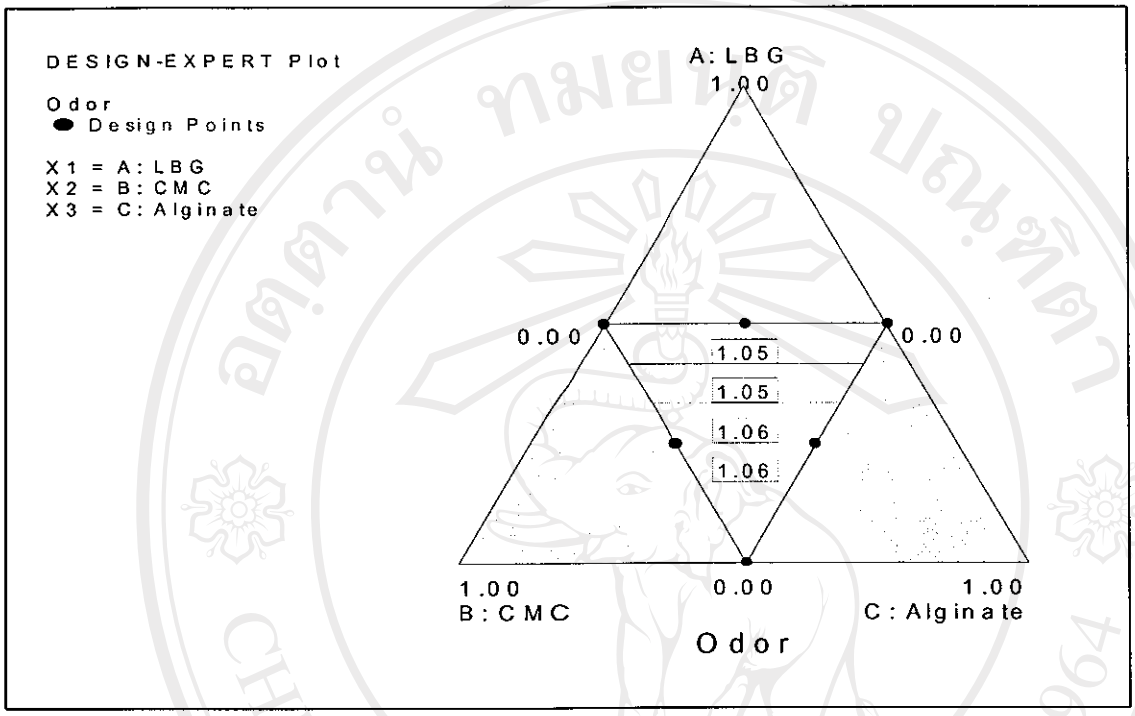
จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะกลิ่นรสถั่วเหลือง ดังนี้

กลิ่นรสถั่วเหลือง = 1.034 LBG + 1.066 CMC + 1.068 Alginate , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 1.04 – 1.08 (ตาราง 4.13) ได้รับอิทธิพลใกล้เคียงกันจากสารให้ความคงตัว Alginate CMC และ LBG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการศึกษา พบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกัน 3 ชนิด มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองใกล้เคียงเท่ากับ 1 มากกว่า การใช้สารให้ความคงตัว 2 ชนิดผสมกัน เช่น ทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.1 % Alginate 0.05 % จะมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองเท่ากับ 1.04 ส่วนทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ LBG 0 % CMC 0.1 % Alginate 0.1 % ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.08

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง แสดงดังรูป 4.17



รูป 4.17 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.17 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองใกล้เคียงเท่ากับ 1 เมื่อใช้สารให้ความคงตัวผสมกัน 3 ชนิด เช่น ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.04

จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะความเรียบเนียน ดังนี้

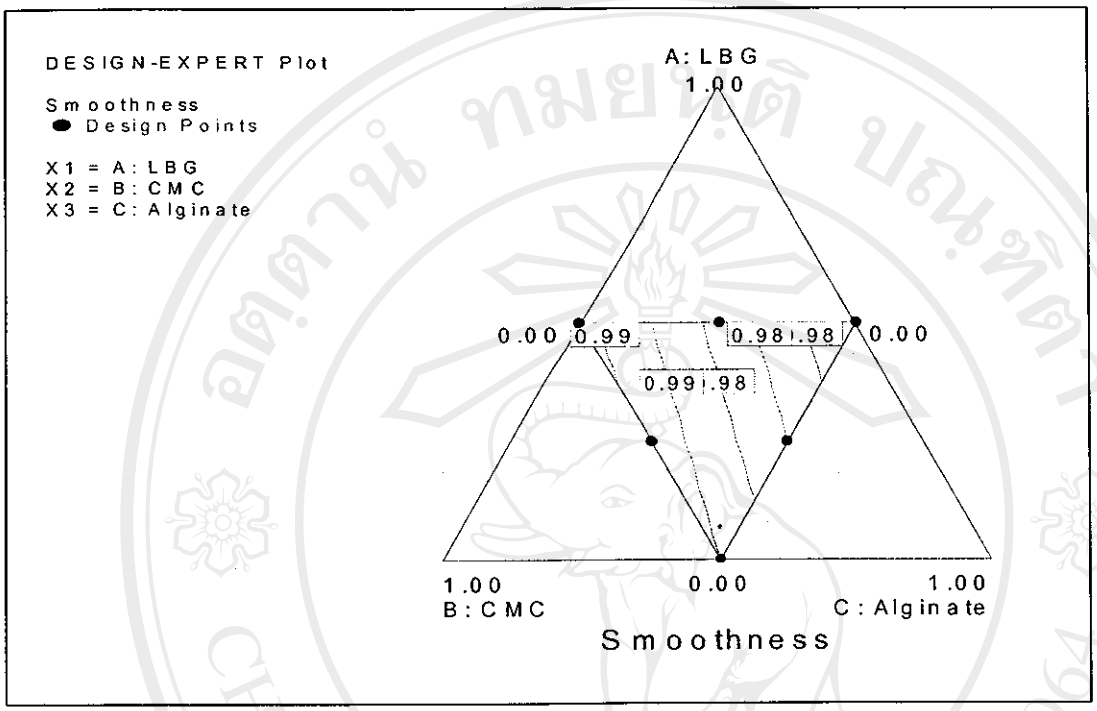
ความเรียบเนียน = 0.979 LBG + 1.005 CMC + 0.965 Alginate , $R^2 = 1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.97 – 0.99 (ตาราง 4.13) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว CMC LBG และ Alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดย CMC มีอิทธิพลมากที่สุด ส่วน Alginate มีอิทธิพลน้อยที่สุด และจากการศึกษาพบว่าไอศครีมถั่วเหลืองทุกทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกันมีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนใกล้เคียง เท่ากับ 1 ก็เพราะว่าสารให้ความคงตัวช่วยให้เนื้อสัมผัสของไอศครีมเรียบเนียน เช่นเดียวกับ Fennema (1996) รายงานว่า น้ำบางส่วนเกิดพันธะกับไฮโดรคอลลอยด์ จึงเกิดเป็น bound water ทำให้น้ำไม่อยู่ในรูปน้ำอิสระ (free water) จึงไม่สามารถกลายเป็นน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีม เรียบเนียนขึ้น และสอดคล้องกับ Miller – Livney และ Hartel (1997) พบว่า สารให้ความคงตัวเพิ่มความข้นหนืดของเฟสต่อเนื่องในส่วนของเหลวที่ยังไม่แข็งตัวในไอศครีมเป็นการช่วยขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ และลดขนาดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น ไอศครีมที่ไม่มีสารให้ความคงตัวจะทำให้อัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่เกิดขึ้นได้เร็วกว่า จึงทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมไม่เรียบเนียน เช่นเดียวกับ Hagiwara และ Hartel (1996) พบว่า ไอศครีมที่ใส่สารให้ความคงตัว และไม่มีสารให้ความคงตัว จะมีอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่เป็น 8.7 และ 15.6 ไมโครเมตรต่อวัน $^{0.33}$ ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ –15.2 °ซ ดังนั้นการควบคุมขนาดผลึกน้ำแข็ง ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน แสดงดังรูป 4.18



รูป 4.18 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.18 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นเมื่อใช้สารให้ความคงตัวผสมกันทุกทรีทเมนต์ที่ความเข้มข้น 0.2% ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนใกล้เคียงเท่ากับ 1 ซึ่งถือว่าเรียบเนียนมาก เช่น ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 0.99

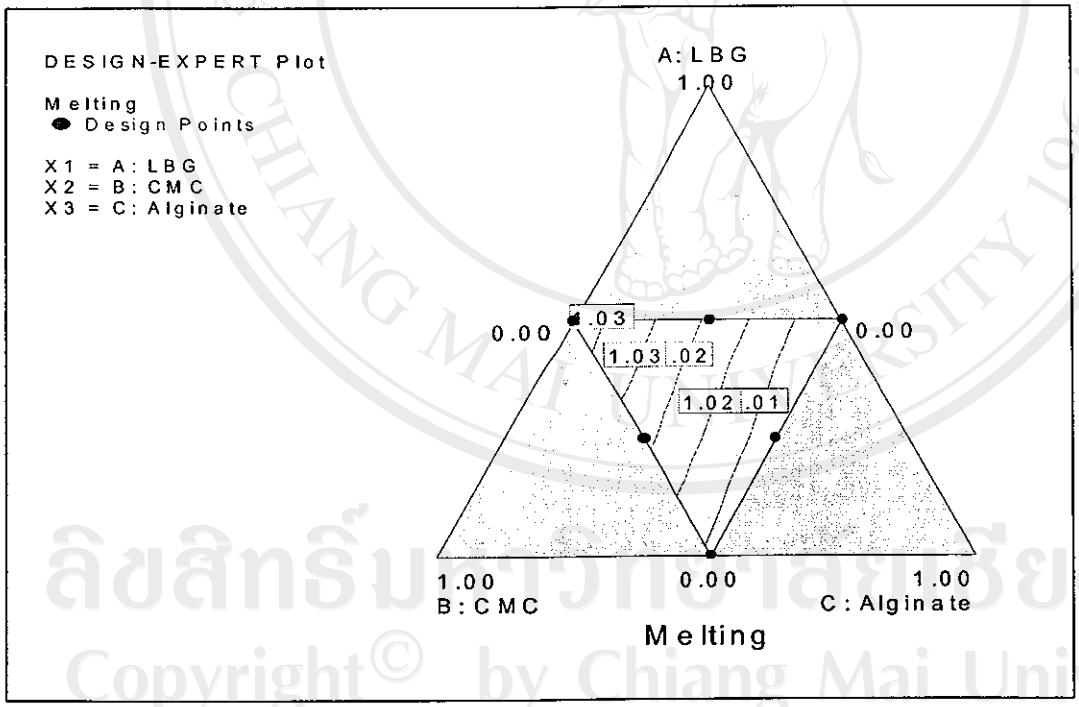
จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะการละลายในปาก ดังนี้

การละลายในปาก = 1.036 LBG + 1.04 CMC + 0.981 Alginate , $R^2 = 1$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.99 – 1.04 (ตาราง 4.13) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว CMC LBG และ Alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการศึกษาพบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกันทุกทรีทเมนต์ มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากใกล้เคียง เท่ากับ 1 แสดงว่า การใช้สารให้ความคงตัวแบบผสมที่ความเข้มข้น 0.2 % อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่มากเกินไป หรือน้อยเกินไป เช่นเดียวกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่มีโครงสร้างเป็นแบบสายยาว เช่น CMC Alginate และแตกกิ่งก้าน เช่น LBG Xanthan gum จะโอบอุ้มส่วนของของเหลวไว้ในโครงร่างตาข่าย ทำให้การละลายในปากไม่เร็ว หรือช้าเกินไป

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก แสดงดังรูป 4.19



รูป 4.19 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.19 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นเมื่อใช้สารให้ความคงตัวผสมกันทุกทรีทเมนต์ที่ความเข้มข้น 0.2 % ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากใกล้เคียง เท่ากับ 1 เช่น ทรีทเมนต์ที่ 4 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0.05 % Alginate 0.05 % ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปาก เท่ากับ 1.01

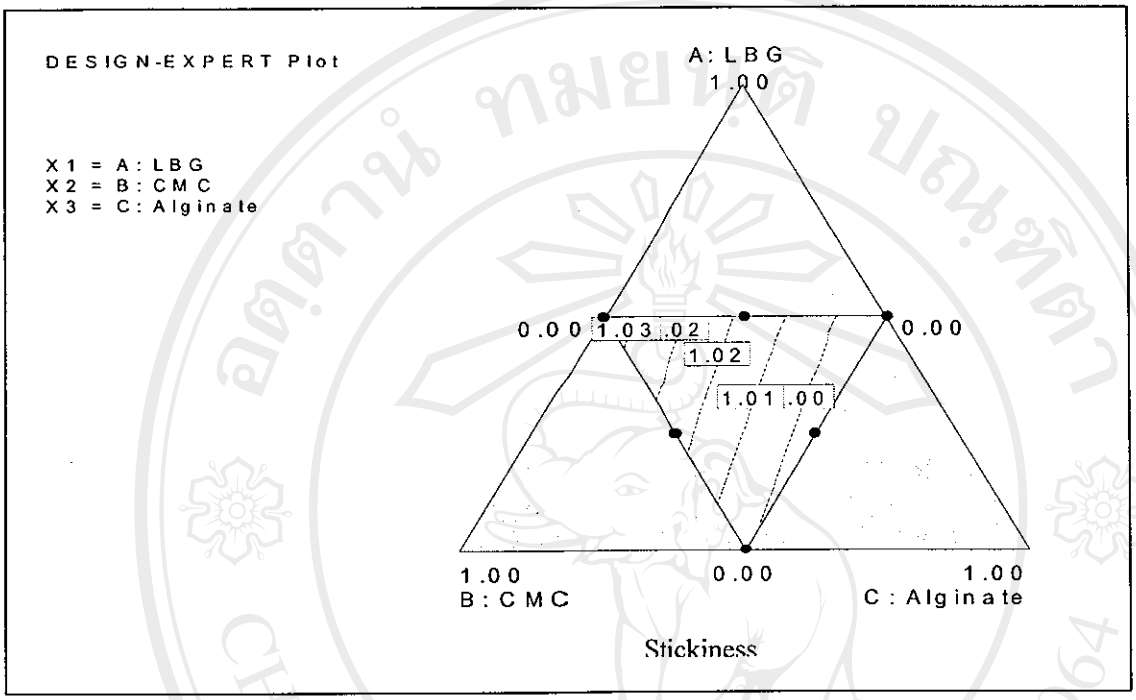
จากตาราง 4.13 ตารางผนวก ค-9 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการลักษณะความเหนียวหนืด ดังนี้

ความเหนียวหนืด = 1.034 LBG + 1.041 CMC + 0.957 Alginate , $R^2 = 1$

พบว่า ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดของไอศครีมถั่วเหลือง อยู่ระหว่าง 0.99 – 1.04 (ตาราง 4.13) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว CMC LBG และ Alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และจากการศึกษาพบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกันทุกทรีทเมนต์ มีค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดใกล้เคียงเท่ากับ 1 แสดงว่าการใช้สารให้ความคงตัวผสมที่ความเข้มข้น 0.2 % อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่มากเกินไป หรือน้อยเกินไป สอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัว หรือไฮโดรคอลลอยด์สามารถละลายหรือกระจายตัวได้ในน้ำ เนื่องจากมีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีประจุ และสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจน จึงสามารถลดการเคลื่อนย้ายของน้ำได้ เป็นผลทำให้ความสามารถในการเป็นของไหลลดลง หรือมีความข้นหนืดสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืด แสดงดังรูป 4.20



รูป 4.20 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และLBG

จากรูป 4.20 และตาราง 4.13 แสดงให้เห็นเมื่อใช้สารให้ความคงตัวผสมกันทุกทรีทเมนต์ที่ความเข้มข้น 0.2 % ทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดใกล้เคียง เท่ากับ 1 เช่น ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % ได้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเหนียวหนืดเท่ากับ 1.00

สำหรับค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้จากการวัดผลทางประสาทสัมผัสตามวิธี Ratio Profile Test โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ตาราง 4.13) นำค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ไปหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 10 จะได้สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น ทางประสาทสัมผัสดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สีที่ปรากฏ = 0.991 LBG + 1.056 CMC + 1.037 Alginate ; $R^2 = 1$

รสหวาน = 0.942 LBG + 1.047 CMC + 0.988 Alginate ; $R^2 = 1$

ความมัน = 1.014 LBG + 0.999 CMC + 0.937 Alginate ; $R^2 = 1$

กลิ่นรสถั่วเหลือง = 1.034 LBG + 1.066 CMC + 1.068 Alginate ; $R^2 = 1$

ความเหนียวหนืด = 1.034 LBG + 1.041 CMC + 0.957 Alginate ; $R^2 = 1$

ความเรียบเนียน = 0.979 LBG + 1.005 CMC + 0.965 Alginate ; $R^2 = 1$

การละลายในปาก = 1.036 LBG + 1.040 CMC + 0.981 Alginate ; $R^2 = 1$

เมื่อได้สมการมาแล้ว นำไปคำนวณเพื่อหาค่าตัวแปร (ปริมาณสารให้ความคงตัวที่ต้องใช้) ด้วยโปรแกรม Mathcad 7 เพื่อคำนวณหาค่าสัดส่วนสารให้ความคงตัวให้ได้ผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เข้าใกล้อุดมคติมากที่สุด ซึ่งพบว่าจากการคำนวณต้องใช้ โลคัสบีนกัม (LBG) เท่ากับ 35.5 % คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) เท่ากับ 48 % และอัลจิเนต เท่ากับ 16.5 % จากนั้นคิดเทียบสัดส่วนสารให้ความคงตัวผสมกัน เท่ากับ 0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก จะได้สัดส่วนสารให้ความคงตัวดังต่อไปนี้

โลคัสบีนกัม (LBG)	=	0.071 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก
คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC)	=	0.096 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก
อัลจิเนต (Alginate)	=	0.033 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก
รวม	=	0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

และเมื่อนำค่าที่ได้จากการคำนวณนี้ย้อนกลับไปแทนค่าลงในสมการที่ผ่านมาพบว่า

สีที่ปรากฏ	= 1.03	รสหวาน	= 1.0
ความมัน	= 0.994	กลิ่นรสถั่วเหลือง	= 1.055
ความเรียบเนียน	= 0.989	การละลายในปาก	= 1.029
ความเหนียวหนืด	= 1.025		

สำหรับค่าต่าง ๆ ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการนั้น จะเห็นได้ว่า สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด มีค่าเกือบเท่ากับค่าในอุดมคติ (I=1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้ โลคัสบีนกัม (LBG) อัลจิเนต (Alginate) และ คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) ผสมกันให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิด จะมีค่าอยู่ระหว่าง 34.46 % - 34.90 % สารให้ความคงตัวทั้ง 3 ชนิด Alginate LBG และ CMC มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด เพราะเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดที่ได้ คือ ปริมาณของแข็งที่ได้มาจากสัดส่วนผสมของ นมถั่วเหลือง น้ำตาล ไขมันพืช ซึ่งแต่ละสูตรมีปริมาณเท่ากัน และ สารให้ความคงตัวแต่ละทรีทเมนต์มีปริมาณส่วนผสมเท่ากันที่ความเข้มข้น 0.2 %

ค่าพีเอชของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 6.45 - 6.47 สารให้ความคงตัว Alginate LBG และ CMC มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าพีเอช เช่นเดียวกับการทดลองของ Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis (1990) ศึกษาสารให้ความคงตัว แซนแทนกัม กัวร์กัม และสารให้ความคงตัวทางการค้า พบว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวทำให้ไอศครีมโยเกิร์ตมีพีเอชอยู่ในช่วงแคบ ๆ คือ 4.58 - 4.74

ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.16 % - 0.18 % โดยสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติค

4.5.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้ โลคัสบีนกัม (LBG) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และอัลจิเนต (Alginate) ผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสี L แสดงถึงระดับความสว่างของทรีทเมนต์ไอศครีมถั่วเหลือง โดยค่าสี L ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 77.39 - 77.68 ซึ่งปริมาณ CMC Alginate และ LBG มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าสี L (ความสว่าง)

ค่าสี a เป็นค่า สีเขียว (ค่าเป็นลบ) โดยค่าสี a ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง – 0.04 ถึง – 0.46 ซึ่งปริมาณ CMC Alginate และ LBG มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าสี a (สีเขียว)

ค่าสี b เป็นค่าสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) โดยค่าสี b ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 10.59 ถึง 10.80 ซึ่งปริมาณ LBG Alginate และ CMC มีผลใกล้เคียงกันต่อค่าสี b (สีเหลือง)

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านความข้นหนืด และ เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้ โลคัสบีนกัม(LBG) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และ อัลจิเนต (Alginate) ผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์ความข้นหนืด และโอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนโลคัสบีนกัม คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส อัลจิเนต

ทรีทเมนต์	LBG (%)	CMC (%)	Alginate (%)	ความข้นหนืด (พอยส์)	โอเวอร์รัน (%)
1	0	0.5	0.5	37.33 ± 1.10	40.19 ± 1.26
2	0.5	0.5	0	37.45 ± 0.86	42.11 ± 1.34
3	0.5	0	0.5	36.52 ± 1.53	37.96 ± 1.02
4	0.5	0.25	0.25	38.45 ± 1.03	39.42 ± 1.25
5	0.25	0.5	0.25	41.25 ± 1.04	40.33 ± 1.34
6	0.25	0.25	0.5	42.65 ± 1.29	38.55 ± 1.13

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลแสดงในค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สารให้ความคงตัวคิดสัดส่วนเป็น 0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

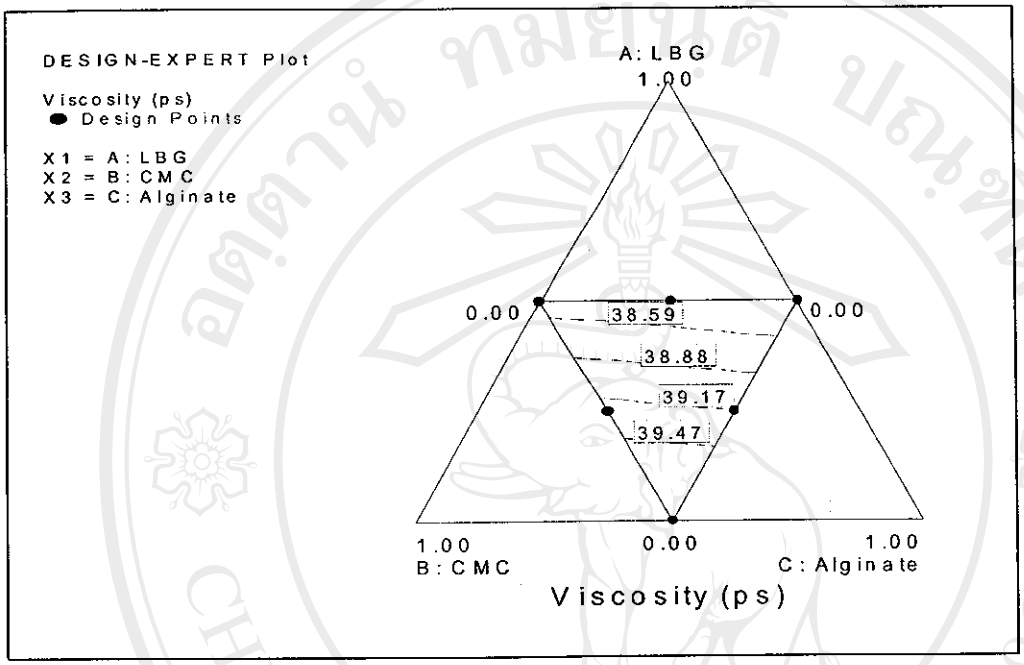
ตาราง 4.14 ตารางผนวก ค-10 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) จะได้สมการความข้นหนืดดังนี้

ความข้นหนืด = 36.707 LBG + 40.243 CMC + 39.875 Alginate , $R^2 = 0.994$

พบว่า ค่าความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 36.52 – 42.65 พอยส์ (ตาราง 4.14) สารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG มีอิทธิพลต่อค่าความข้นหนืด โดย CMC มีอิทธิพลต่อค่าความข้นหนืดเป็นอันดับหนึ่ง และ LBG มีอิทธิพลเป็นอันดับสามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมเป็นผลมาจากสารให้ความคงตัวเกิดสานตัวกันเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ทำให้จำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำ และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ละลายน้ำไว้ในไอศครีม (Marshall และ Arbuckle , 1996) สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้ความข้นหนืดมากกว่าสารให้ความคงตัว 2 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % เพราะ ความข้นหนืดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลของสารให้ความคงตัวเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน และสอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า CMC เป็นพวกที่มีประจุลบ (anionic) เมื่อผสมกับโพลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ (nonionic) เช่น LBG และ Alginate พวกที่มีประจุลบถูกดูดซับไว้บนโพลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ ทำให้เกิดแรงผลักของประจุ (electrostatic repulsion) เป็นผลให้คอยล์ของโพลิเมอร์หลักมีการขยายใหญ่ขึ้นกว่าเดิม ทำให้ CMC มีอิทธิพลต่อค่าความข้นหนืดเป็นอันดับหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ต่อค่าความข้นหนืด แสดงดังรูป 4.21



รูป 4.21 ค่าความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.21 และตาราง 4.14 จะเห็นได้ว่าสารให้ความคงตัวผสมกัน 3 ชนิด มีค่าความข้นหนืดมากกว่าการใช้สารให้ความคงตัว 2 ชนิดผสมกัน เช่น ทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % มีค่าความข้นหนืดเฉลี่ย เท่ากับ 42.65 พอยส์ มีค่ามากกว่า ทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ LBG 0 % CMC 0.1 % Alginate 0.1 % มีค่าความข้นหนืดเฉลี่ย เท่ากับ 37.33 พอยส์ สอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวสามารถช่วยเสริมการทำงานซึ่งกันและกันได้โดยมีปฏิกิริยาสัมพันธ์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนของหมู่คาร์บอกซีอิสระทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความข้นหนืดมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

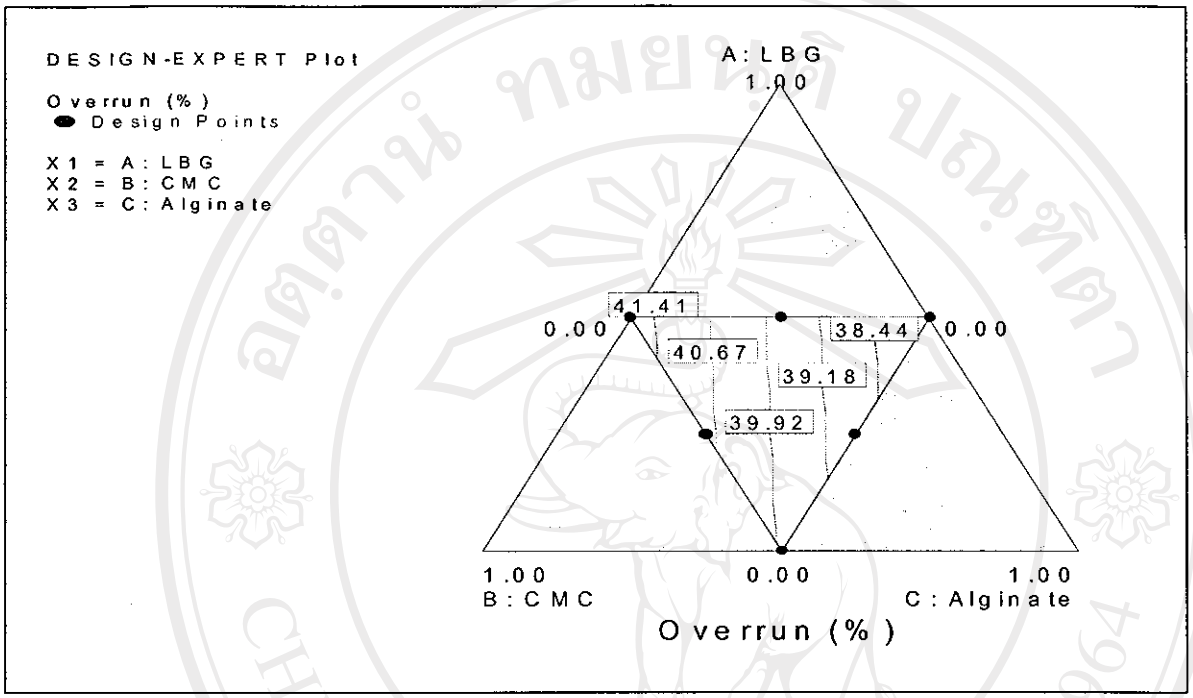
ตาราง 4.14 ตารางผนวก ค-10 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression) จะได้สมการเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ดังนี้

เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน = 39.584 LBG + 43.88 CMC + 35.816 Alginate , R^2 = 1.0

พบว่า เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 37.96 % - 42.11 % (ตาราง 4.14) สารให้ความคงตัว CMC LBG และ Alginate มีอิทธิพลต่อค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน โดย CMC มีอิทธิพลเป็นอันดับหนึ่ง และ Alginate มีอิทธิพลเป็นอันดับสามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่น ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0.1 % Alginate 0 % มีค่าความข้นหนืดเฉลี่ย เท่ากับ 37.45 พอยส์ จะได้ค่าเปอร์เซนต์โอเวอร์รันเฉลี่ยเท่ากับ 42.11 % ส่วนทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % มีค่าความข้นหนืดเฉลี่ย เท่ากับ 42.65 พอยส์ จะได้ค่าเปอร์เซนต์โอเวอร์รันเฉลี่ยเท่ากับ 38.55 % สอดคล้องกับ Martinou – Voulasiki และ Zerfirids (1990) พบว่าความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมมีส่วนช่วยทำให้เกิดการจับอากาศได้ดีขึ้น แต่ถ้าความข้นหนืดมากเกินไปการตีให้จับอากาศทำได้ยากขึ้น ค่าโอเวอร์รันที่ได้จึงน้อยลง เช่นเดียวกับ Schmidt *et al* ., (1993) ทดลองใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตในไอศครีมไขมันต่ำ โดยใช้ N-Lite D (FR-C) ได้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเท่ากับ 60 % และ Simplesse D 100 (FR-P) เป็นสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนได้โอเวอร์รันเท่ากับ 111.50 % เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ที่ได้แตกต่างกันเนื่องจากไอศครีมที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตมีความข้นหนืดมากกว่า ความสัมพันธ์ของความข้นหนืดกับโอเวอร์รันไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้เนื่องจากส่วนผสมไอศครีมที่มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจะช่วยให้การจับอากาศเกิดได้ดี แต่ในทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % มีค่าความข้นหนืดมากเท่ากับ 42.65พอยส์ จะได้ค่าเปอร์เซนต์โอเวอร์รันเฉลี่ยเท่ากับ 38.55 % ค่าโอเวอร์รันที่ได้จะต่ำกว่าทรีทเมนต์อื่น อาจเป็นเพราะมีความข้นหนืดมากเกินไป จึงทำให้การตีให้ขึ้นฟูทำได้ยาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปต่อค่าเปอร์เซนต์โอเวอร์รันแสดงดังรูป 4.22



รูป 4.22 ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.22 และตาราง 4.14 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนของ CMC เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเพิ่มขึ้น เช่น ทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.1 % Alginate 0.05 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเฉลี่ย เท่ากับ 40.33 % ส่วนทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0 % Alginate 0.1 % ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเฉลี่ย เท่ากับ 37.96 %

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของอัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้ โลคัสบีนกัม (LBG) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และอัลจิเนต (Alginate) ผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนโลคัสบีนกัม คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส อัลจิเนต

ทรีทเมนต์	LBG (%)	CMC (%)	Alginate (%)	เวลา (นาที)	น้ำหนักไอศครีมที่ละลายต่อ 100 กรัม (กรัม)	อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)
1	0	0.5	0.5	60	27.69 ± 1.48	0.46 ± 0.02
2	0.5	0.5	0	60	30.89 ± 1.46	0.51 ± 0.02
3	0.5	0	0.5	60	27.58 ± 0.94	0.46 ± 0.02
4	0.5	0.25	0.25	60	23.61 ± 0.88	0.39 ± 0.01
5	0.25	0.5	0.25	60	21.47 ± 0.89	0.36 ± 0.01
6	0.25	0.25	0.5	60	22.29 ± 1.00	0.37 ± 0.02

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สารให้ความคงตัวคิดสัดส่วนเป็น 0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

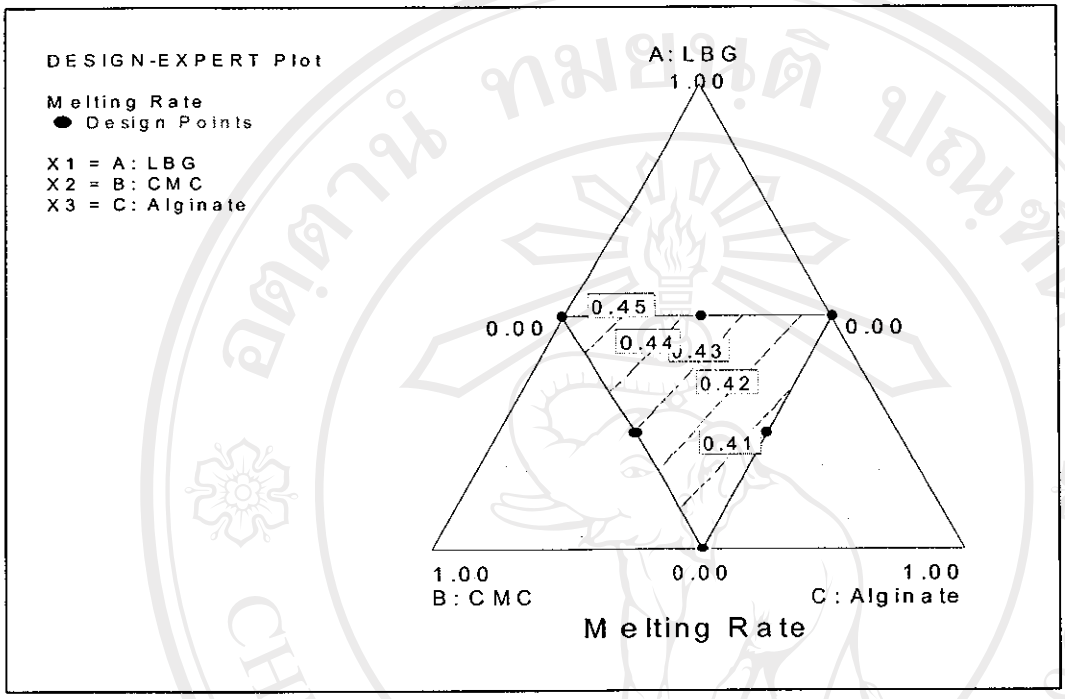
ตาราง 4.15 ตารางผนวก ค-10 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการค่าอัตราการละลาย ดังนี้

อัตราการละลาย = 0.465 LBG + 0.441 CMC + 0.369 Alginate , R^2 = 0.985

พบว่า ค่าอัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.36 - 0.51 กรัมต่อนาที (ตาราง 4.15) ได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดย LBG มีอิทธิพลมากกว่า และเมื่อพิจารณาควบคู่กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการละลายในปาก พบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองทุกทรีทเมนต์มีอัตราการละลายที่เหมาะสม ไม่เร็วหรือช้าจนเกินไป คือ ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยการละลายในปากของไอศครีมถั่วเหลืองใกล้เคียงเท่ากับ 1 และสอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวช่วยจับน้ำในไอศครีม และเรียงตัวกันหนาแน่น ซึ่งเป็นโครงร่างตาข่ายที่อุ้มน้ำไว้ภายใน เมื่อไอศครีมละลาย น้ำแข็งในส่วนที่อยู่อิสระจะละลายออกมาก่อน น้ำแข็งที่จับกับโพลีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่จะละลายออกมาตามภายหลัง ทำให้ไอศครีมไม่ละลายเร็วเกินไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปต่อค่าอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) แสดงดังรูป 4.23



รูป 4.23 อัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม ของไอศครีมถั่วเหลือง ที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.23 และตาราง 4.15 จะเห็นได้ว่าสารให้ความคงตัวผสมกัน 2 ชนิด มีค่าอัตราการละลายมากกว่าการใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน เช่น ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1% CMC 0.1 % Alginate 0.0 % มีค่าอัตราการละลายเฉลี่ย เท่ากับ 0.51 กรัมต่อนาที มีค่ามากกว่าทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.1 % Alginate 0.05 % มีค่าอัตราการละลายเฉลี่ย เท่ากับ 0.36 กรัมต่อนาที สอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า CMC และ Alginate จะช่วยเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน (synergistic) ทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้น (ตาราง 4.18) จึงทำให้อัตราการละลายช้าลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้โลคัสบีนกัม (LBG) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และอัลจิเนต (Alginate) ผสมกันให้มีความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % เป็นปัจจัยศึกษา วางแผนการทดลองแบบ Mixture Design แสดงดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วน LBG CMC Alginate

ทรีทเมนต์	LBG (%)	CMC (%)	Alginate (%)	แรงเจาะ(นิวตัน)	แรงกด (นิวตัน)
1	0	0.5	0.5	27.28 ± 1.38	491.80 ± 47.33
2	0.5	0.5	0	25.56 ± 1.43	445.56 ± 35.80
3	0.5	0	0.5	28.23 ± 1.51	501.05 ± 31.24
4	0.5	0.25	0.25	26.22 ± 1.60	495.49 ± 30.78
5	0.25	0.5	0.25	25.54 ± 1.32	484.95 ± 33.40
6	0.25	0.25	0.5	27.65 ± 1.63	506.26 ± 30.85

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สารให้ความคงตัวคิดสัดส่วนเป็น 0.2 % โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก

ตาราง 4.16 ตารางผนวก ค-10 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้น จะได้สมการแรงเจาะ ดังนี้

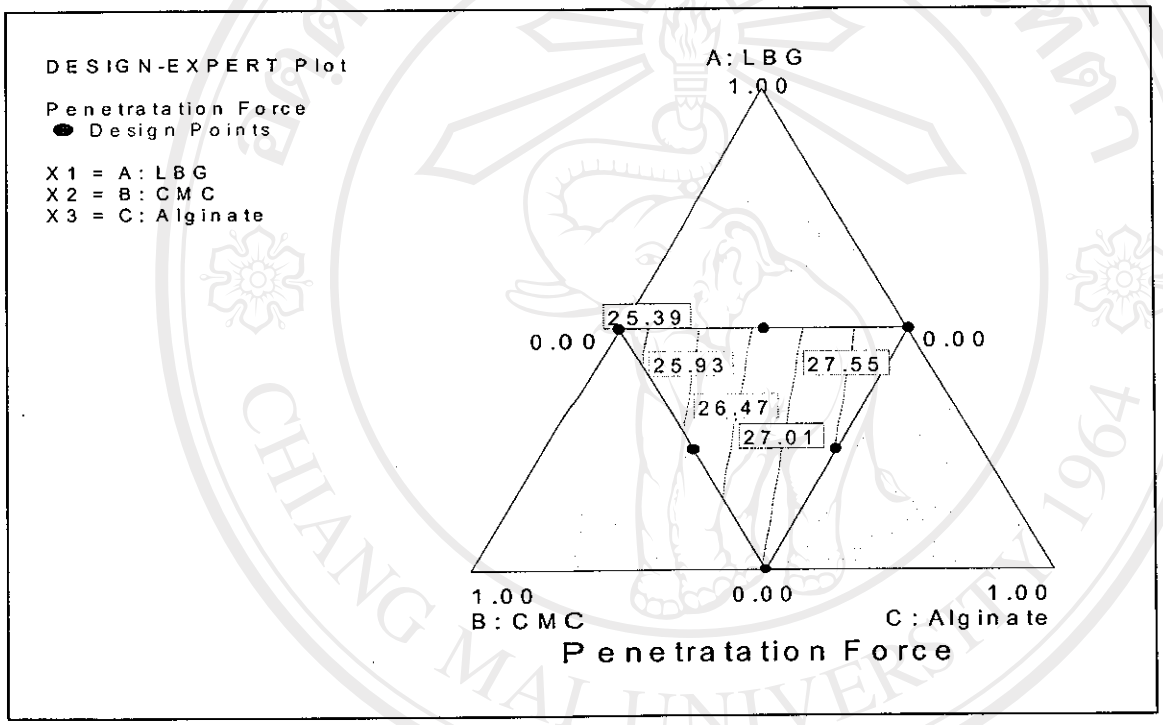
แรงเจาะ = 20.568 LBG + 18.616 CMC + 25.096 Alginate , R^2 = 0.999

พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 % และวัดค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัส (penetration force ; Newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมด้วยระยะทางคงที่ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 25.54 - 28.23 นิวตัน (ตาราง 4.16) สารให้ความคงตัว Alginate LBG และ CMC มีอิทธิพลต่อค่าแรงเจาะ โดย Alginate มีอิทธิพลเป็นอันดับหนึ่ง และ CMC มีอิทธิพลเป็นอันดับสาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่น ทรีทเมนต์ที่ 3 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0 % Alginate 0.1 % มีค่าแรงเจาะเฉลี่ย เท่ากับ 28.23 นิวตัน มีค่ามากกว่าทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1 % CMC 0.1 % Alginate 0 % มีค่าแรงเจาะเฉลี่ย เท่ากับ 25.56 นิวตัน สอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวอัลจิเนตสามารถเกิดเจลได้ โดยเกิดจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลายโพลีแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลเป็นสายมีความสามารถจับกับน้ำ และจะเกิดการ cross – link ประกอบด้วยโครงร่างตาข่าย และ junction zone จากเกลียวคู่ (double helices) เรียงตัวกันใหม่ กลายเป็นเจลแข็ง (rigid gel) ทำให้เนื้อไอศครีมแน่นแข็งขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปต่อค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลือง แสดงดังรูป 4.24



รูป 4.24 ค่าแรงเจาะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

จากรูป 4.24 และตาราง 4.16 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนของ Alginate เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงเจาะเพิ่มขึ้นเช่นทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % มีค่าแรงเจาะเฉลี่ย เท่ากับ 27.65 นิวตัน ส่วนทรีทเมนต์ที่ 5 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.1 % Alginate 0.05 % มีค่าแรงเจาะเฉลี่ย เท่ากับ 25.54 นิวตัน เพราะ ความเข้มข้นของ Alginate ลดลง

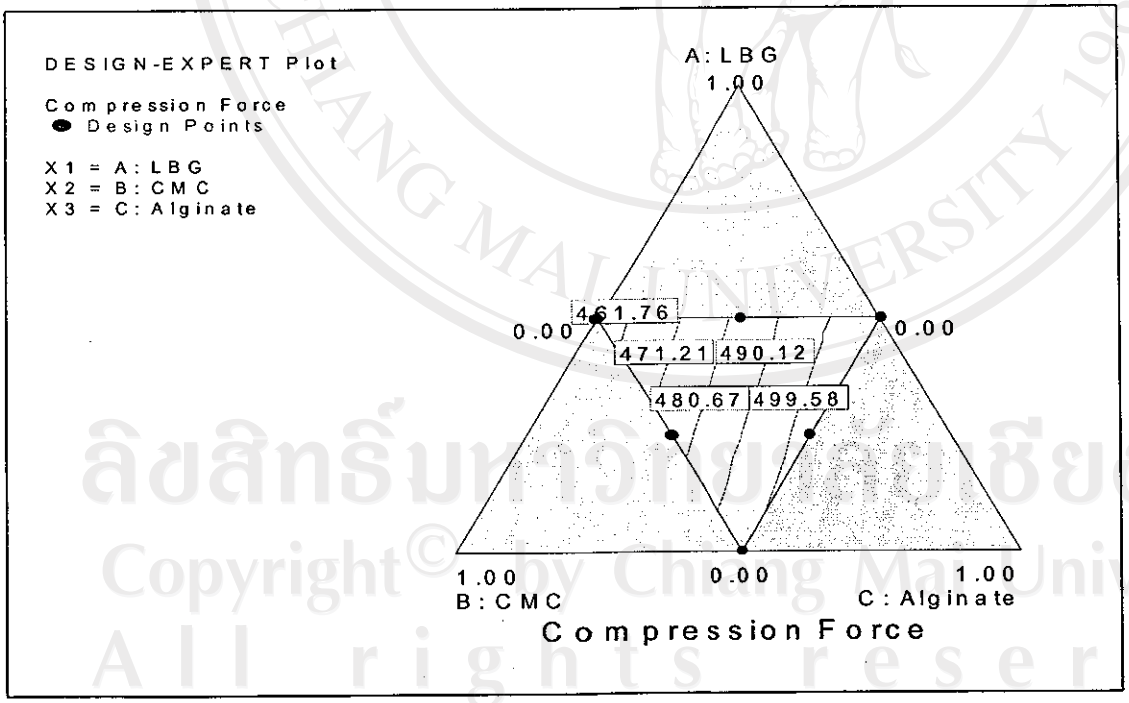
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.16 ตารางผนวก ค-10 และผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นจะได้สมการแรงกด ดังนี้

แรงกด = 368.301 LBG + 339.221 CMC + 465.573 Alginate , R^2 = 0.999

พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันให้มีความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % วัดค่าแรงกด (compression force ; newtons) ที่กระทำต่อเนื้อไอศครีมด้วยระยะทางคงที่ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 445.56 – 506.26 นิวตัน (ตาราง 4.16) สารให้ความคงตัว Alginate LBG และ CMC มีอิทธิพลต่อค่าแรงกด โดย Alginate มีอิทธิพลเป็นอันดับหนึ่ง และ CMC มีอิทธิพลเป็นอันดับสาม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่น ทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1% CMC 0.1 % Alginate 0.0 % มีค่าแรงกดเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 445.56 นิวตัน ส่วนทรีทเมนต์ที่ 1 ใช้ LBG 0 % CMC 0.1 % Alginate 0.1 % มีค่าแรงกดเฉลี่ย เท่ากับ 491.80 นิวตัน

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ที่ใช้ร่วมกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปต่อค่าแรงกดเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลือง แสดงดังรูป 4.25



รูป 4.25 ค่าแรงกดเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ได้จากสัดส่วนสารให้ความคงตัว CMC Alginate และ LBG

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรูป 4.25 และตาราง 4.16 แสดงให้เห็นเมื่อสัดส่วนของ Alginate เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าแรงกดเพิ่มขึ้น เช่นทรีทเมนต์ที่ 6 ใช้ LBG 0.05 % CMC 0.05 % Alginate 0.1 % จะได้ค่าแรงกดเฉลี่ย เท่ากับ 506.26 นิวตัน ส่วนทรีทเมนต์ที่ 2 ใช้ LBG 0.1% CMC 0.1% Alginate 0% จะได้ค่าแรงกดเฉลี่ย เท่ากับ 445.56 นิวตัน เพราะ Alginate ลดลง

ผลการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว โลคัสบีนกัม (LBG) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส (CMC) และอัลจิเนต (Alginate) ผสมกันที่ความเข้มข้น 0.0 - 0.1 % ให้ได้ความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % เมื่อทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า การใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน ให้ผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับค่าอุดมคติ เช่นค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองเข้าใกล้ 1 มากกว่าการใช้ สารให้ความคงตัว 2 ชนิดผสมกัน สัดส่วนสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อการผลิตไอศครีมถั่วเหลืองคือ LBG 0.071 % CMC 0.096 % และ Alginate 0.033 % โดย Alginate มีอิทธิพลต่อกลิ่นรสถั่วเหลืองมากที่สุด ถ้าใช้ Alginate ในส่วนผสมสารคงตัวมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลือง มากกว่า 1 ด้านความเรียบเนียน CMC มีอิทธิพลมากที่สุด ถ้าใช้ CMC ในส่วนผสมสารให้ความคงตัวมากขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยความเรียบเนียนเข้าใกล้ 1 มากยิ่งขึ้น ด้านการละลายในปาก และความเหนียวหนืด CMC มีอิทธิพลมากที่สุด และ Alginate มีอิทธิพลน้อยที่สุด ความเหนียวหนืดมีความสัมพันธ์กับความเรียบเนียน ทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองมากที่สุด

ผลการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate ผสมกันที่ความเข้มข้น 0.0 – 0.1 % ให้ได้ความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % เมื่อทดสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่า สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน มีความข้นหนืดมากกว่า 2 ชนิดผสมกัน โดย CMC มีอิทธิพลต่อค่าความข้นหนืดเป็นอันดับหนึ่ง เนื่องจาก CMC สามารถเสริมการทำงานให้กับสารให้ความคงตัว LBG และ Alginate ค่าโอเวอร์รันสูงขึ้นได้รับอิทธิพลจาก CMC เป็นอันดับหนึ่ง และ Alginate มีอิทธิพลเป็นอันดับสาม อัตราการละลายได้รับอิทธิพลจากสารให้ความคงตัว LBG CMC และ Alginate โดยสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน มีค่าอัตราการละลายช้ากว่า ค่าแรงเจาะ และแรงกดเนื้อสัมผัสไอศครีม พบว่า Alginate มีอิทธิพลมากที่สุด และ CMC มีอิทธิพลน้อยที่สุด ถ้าผสม Alginate ที่ความเข้มข้นมากขึ้น เนื้อไอศครีมจะแข็งมากกว่า เพราะฉะนั้นในการใช้ Alginate เป็นสารให้ความคงตัวแบบผสมควรใช้ในปริมาณที่น้อยเพื่อให้เนื้อไอศครีมมีความนุ่มกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.6 ผลการศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวที่ความเข้มข้น 0.1 % ต่อคุณภาพไอศครีมถั่วเหลือง

4.6.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เลือกสูตรไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วย นมถั่วเหลือง 75 % ไขมันพืช 10 % น้ำตาล 15 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 % เกลือ 0.15 % มาศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ได้แก่ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % เปรียบเทียบลักษณะทางประสาทสัมผัสกับทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2% และไอศครีมนม ที่ประกอบด้วย ไขมัน 10 % ของแข็งไม่รวมไขมัน (MSNF) 10 % น้ำตาล 13 % กลิ่นวานิลา 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % สารให้ความคงตัว (LBG) 0.2 % ได้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 คุณรูปทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม

ทรีทเมนต์	LBG (0.1%)	CMC (0.1%)	Alginate (0.1%)	Xanthan gum (0.1%)	0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	ไอศครีมนม (LBG 0.2%)
สีที่ปรากฏ	$7.47^{ns} \pm 1.15$	$7.47^{ns} \pm 1.19$	$7.58^{ns} \pm 0.97$	$7.51^{ns} \pm 1.09$	$7.55^{ns} \pm 1.01$	$7.75^{ns} \pm 0.96$
รสหวาน	$7.04^{ns} \pm 1.24$	$7.17^{ns} \pm 1.17$	$7.21^{ns} \pm 1.17$	$7.06^{ns} \pm 1.06$	$7.21^{ns} \pm 1.21$	$7.40^{ns} \pm 1.18$
ความมัน	$6.92^{b} \pm 1.05$	$7.00^{b} \pm 1.24$	$7.09^{ab} \pm 1.10$	$6.96^{b} \pm 1.00$	$7.28^{ab} \pm 0.95$	$7.45^{a} \pm 1.20$
กลิ่นรสถั่วเหลือง	$7.02^{ns} \pm 1.29$	$6.75^{ns} \pm 1.33$	$7.00^{ns} \pm 1.16$	$7.00^{ns} \pm 1.40$	$7.08^{ns} \pm 1.17$	-
ความเรียบเนียน	$7.20^{bc} \pm 1.18$	$7.28^{abc} \pm 1.03$	$7.23^{abc} \pm 1.14$	$7.08^{c} \pm 1.11$	$7.57^{a} \pm 0.84$	$7.49^{ab} \pm 1.03$
การละลายในปาก	$7.22^{ns} \pm 1.12$	$7.37^{ns} \pm 1.12$	$7.20^{ns} \pm 1.12$	$7.29^{ns} \pm 1.04$	$7.41^{ns} \pm 0.81$	$7.40^{ns} \pm 1.38$
ความเหนียวหนืด	$7.08^{ns} \pm 1.22$	$7.23^{ns} \pm 1.23$	$7.08^{ns} \pm 1.09$	$7.11^{ns} \pm 1.17$	$7.31^{ns} \pm 1.10$	$7.38^{ns} \pm 1.48$
การยอมรับรวม	$7.13^{ns} \pm 1.04$	$7.17^{ns} \pm 1.05$	$7.28^{ns} \pm 1.05$	$7.13^{ns} \pm 1.09$	$7.37^{ns} \pm 1.02$	$7.46^{ns} \pm 1.24$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลได้จากผู้ทดสอบชิม 53 คน

- ไม่มีกลิ่นรสถั่วเหลือง, ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9 point ให้คะแนนตั้งแต่ 1 เท่ากับไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 เท่ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนชอบมากที่สุด โดยทดสอบกับผู้ชิมจำนวน 53 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) พบว่า สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนความชอบทางด้านสีที่ปรากฏ รสหวาน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ความมัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.92 – 7.45 (ตาราง 4.17) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความมันอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความมันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดย LBG 0.1 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความมันต่ำสุดเท่ากับ 6.92 ส่วนไอศครีมนมมีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความมันสูงที่สุดเท่ากับ 7.45 ($P\leq0.05$) รองลงมาคือสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.28 และ Alginate 0.1 % ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.09 มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความมันไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

กลิ่นรสถั่วเหลือง โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.75 – 7.08 (ตาราง 4.17) ประเมินว่ากลิ่นรสถั่วเหลืองอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันมีคะแนนเฉลี่ยกลิ่นรสถั่วเหลืองสูงที่สุด เท่ากับ 7.08 เช่นเดียวกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวที่ใช้ในไอศครีมมีปริมาณน้อยจึงมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร และกลิ่นรสน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ Lo *et al.*, (1996) ที่ได้วัดค่าสัมประสิทธิ์การแยก (partition coefficient) ของสารให้กลิ่นรส เช่น acetaldehyde ethanol และ diacetyl ด้วยวิธีแกสโครมาโตรกราฟีในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่ใช้กัวร์กัมความเข้มข้น 0.1 - 0.5 % พบว่า กัวร์กัมไม่มีผลต่อค่า partition coefficient อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แสดงว่าสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อกลิ่นรสของไอศครีม

ความเรียบเนียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.08 – 7.57 (ตาราง 4.17) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความเรียบเนียนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % ให้คะแนนความเรียบเนียนอยู่ระหว่าง 7.08 – 7.28 ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สามารถเรียงลำดับความเรียบเนียนจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ CMC Alginate LBG และ Xanthan gum ส่วนไอศครีมถั่วเหลือง CMC Alginate สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไอศครีมนม ให้คะแนนลักษณะความเรียบเนียนไม่แตกต่างกัน (P>0.05) การใช้สารคงตัว 3 ชนิดผสมกันมีค่าคะแนนเฉลี่ยความเรียบเนียน เท่ากับ 7.57 มากกว่าการใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว เพราะ ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวแบบผสมมากกว่า และมีความเหนียวหนืดมากกว่า เช่นเดียวกับ Moore และ Shoemaker (1981) ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวต่อลักษณะ iceness ของไอศครีม สารให้ความคงตัวที่ใช้คือ คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้น 0.0 และ 0.2 % จะได้ค่าคะแนน iceness เท่ากับ 7.8 และ 4.0 การใช้สารให้ความคงตัวทำให้ลักษณะเกล็ดน้ำแข็ง (iceness) น้อยลง เนื่องจากจำนวนและขนาดของผลึกน้ำแข็งลดลง ทำให้ไอศครีมมีความเรียบเนียนมากขึ้น สอดคล้องกับ Miller – Livney และ Hartel (1997) ศึกษาอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ (recrystallization) ของไอศครีมที่ใช้สารให้ความคงตัว พบว่า สารให้ความคงตัวมีความสามารถเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้น้ำที่จะแข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งลดลง นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความข้นหนืดของเฟสต่อเนื่องในส่วนของเหลวที่ยังไม่แข็งตัวในไอศครีมเป็นการช่วยขัดขวางการโตของผลึกน้ำแข็งในระหว่างการแช่แข็งได้ ดังนั้นอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่จึงเกิดได้ช้ากว่าไอศครีมที่ไม่ใช้สารให้ความคงตัวจึงทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียน เช่นเดียวกับการทดลองของ Kailasapathy และ Sellepan (1998) พบว่า สารให้ความคงตัวแบบผสมทำให้ความข้นหนืดของไอศครีมถั่วเหลืองสูงขึ้น เพราะใช้ความเข้มข้นที่มากกว่า และอุณหภูมิกลาสทรานสิชั่น (glasstransition : Tg) สูงขึ้นเท่ากับ – 29.64 °ซ โอกาสที่จะเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่เป็นไปได้ช้าทำให้ไอศครีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน และมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษา รายงานในรูป shape factor เท่ากับ 125.30 % สอดคล้องกับ Hagiwara และ Hartel (1996) พบว่า สารให้ความคงตัวช่วยเพิ่มความข้นหนืดให้กับส่วนผสมไอศครีม และควบคุมการเกิดนิวเคลียสผลึกน้ำแข็ง (nucleation) ซึ่งมีผลต่อขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในไอศครีม และควบคุมอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ในระหว่างการเก็บรักษา

ความเหนียวหนืด โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.08 – 7.38 (ตาราง 4.17) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความเหนียวหนืดอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนความเหนียวหนืดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันมีคะแนนเฉลี่ยความเหนียวหนืดเท่ากับ 7.38 มากกว่าสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % เพราะใช้ความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวมากกว่า มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนกว่า เนื่องจากความหนืดมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียว ให้การรับรู้ที่ดีขณะรับประทานไอศครีม รวมทั้งการละลายในปาก นอกจากนี้ความหนืดเพิ่มขึ้นจะช่วยชะลอการโตของผลึกน้ำแข็งได้อีกด้วย (Miller-Livney และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Hartel , 1997) และสอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ส่วนผสมไอศครีมที่มีความหนืดสูงจะทำให้ส่วนผสมแข็งตัวได้เร็ว การผลิตไอศครีมที่ดีต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวสั้น เพราะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดสามารถเลือกใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % โดยพิจารณาจากคะแนนทางประสาทสัมผัสได้ดังนี้ Alginate ให้คะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.28 รองลงไปคือ CMC LBG และ Xanthan gum ตามลำดับ CMC ให้คะแนนความเรียบเนียนสูงที่สุด เท่ากับ 7.28 รองลงไปคือ Alginate LBG และ Xanthan gum ตามลำดับแต่การใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสยอมรับโดยเฉลี่ยสูงกว่าสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % เพราะมีสารให้ความคงตัวมากกว่า ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมดีกว่า คือ มีความเรียบเนียนมากกว่า มีความเหนียวหนืดมากกว่า ให้การรับรู้ที่ดีขณะรับประทาน ลักษณะการละลายในปากดีกว่าไม่ทำให้ไอศครีมละลายเร็วเกินไป ทำให้ผู้ทดสอบชิมมีเวลาในการสัมผัส และรับรู้ถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ไอศครีมได้นานขึ้น

4.6.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวไม่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษาได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 34.19 - 34.86 % ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน จะได้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 34.86 % ส่วนสูตรควบคุมจะได้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 34.19 % ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมเหมาะสม สอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า ของแข็งทั้งหมดที่เติมลงในส่วนผสมไอศครีม ทำให้ไอศครีมมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ช่วยปรับปรุงรูปร่าง และเนื้อสัมผัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เรียบเนียนขึ้น ถ้าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดสูง อยู่ในช่วง 40 - 42 % จะทำให้ลักษณะเนื้อไอศครีมแฉะ (soggy) และมีเนื้อหนัก (heavy)

พีเอชของไอศครีมถั่วเหลืองทั้ง 6 ทรีทเมนต์ โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่ามีค่าเฉลี่ยพีเอชอยู่ระหว่าง 6.44 - 6.50 โดยทรีทเมนต์ที่ใช้ Xanthan gum 0.1 %ให้ค่าเฉลี่ยพีเอชต่ำที่สุดเท่ากับ 6.44 ส่วน Alginate 0.1 % ให้ค่าเฉลี่ยพีเอชสูงที่สุดเท่ากับ 6.50 เช่นเดียวกับ Schmidt et al., (1993) พบว่า พีเอชของไอศครีมไอซ์มิลค์ (ice milk) ที่ลดปริมาณไขมันแล้วทดแทนด้วยสารทดแทนไขมัน มีพีเอชอยู่ระหว่าง 6.41 - 6.57 สอดคล้องกับ Martinou – Voulasiki และ Zerfirids (1990) พบว่า ความเข้มข้น และชนิดของสารให้ความคงตัวไม่มีผลกระทบต่อพีเอชของส่วนผสมไอศครีม

ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.19 % ทรีทเมนต์ที่ใช้ Xanthan gum 0.1 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.19 % ไอศครีมถั่วเหลืองทรีทเมนต์ LBG 0.1 % CMC 0.1 % และสูตรควบคุม มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 % ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และ Alginate 0.1 % ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.17 % สอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า ส่วนผสมไอศครีมที่มีความเป็นกรดมาก จะทำให้ไอศครีมที่ได้ไม่มีคุณภาพตามต้องการ เช่น กลิ่นรสไม่ดี ความคงตัวของรูปร่างไม่ดี เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันลดลง

4.6.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวไม่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษา ได้ผลดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่าจะให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าสี L (ค่าความสว่าง) อยู่ระหว่าง 76.80 - 77.66 โดยทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 77.66 ส่วนสูตรควบคุม ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 76.80

ค่าสี a เป็นค่าสีเขียว (ค่าเป็นลบ) พบว่า ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกัน 3 ชนิดผสมกัน มีค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ – 0.35 และ Alginate 0.1 % ให้ค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ – 0.03 ส่วนสูตรควบคุมให้ค่าสี a เป็นค่าสีแดง (ค่าเป็นบวก) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.07

ค่าสี b เป็นค่าสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) พบว่า ค่าสี b (สีเหลือง) อยู่ระหว่าง 10.25 - 10.99 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยสูตรควบคุม ให้ค่าสี bโดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 10.99 ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีผลิตภัณฑ์มากกว่าทรีทเมนต์อื่น และ เป็นสาเหตุทำให้มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้ LBG 0.1 % มีค่าสี b โดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 10.25

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านความข้นหนืด และ เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวไม่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์ ความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวไม่มีอิมัลซิไฟเออร์)

ทรีทเมนต์	ความข้นหนืด (พอยส์)	โอเวอร์รัน (%)
1. LBG (0.1%)	$20.93^{c} \pm 0.73$	$36.65^{b} \pm 1.87$
2. CMC (0.1%)	$18.27^{d} \pm 0.95$	$32.85^{c} \pm 1.27$
3. Alginate (0.1%)	$22.66^{b} \pm 1.37$	$34.08^{c} \pm 0.84$
4. Xanthan gum (0.1%)	$20.02^{c} \pm 1.07$	$33.28^{c} \pm 1.51$
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	$40.53^{a} \pm 0.96$	$42.86^{a} \pm 2.43$
6. สูตรควบคุม	$1.07^{e} \pm 0.01$	$29.38^{d} \pm 0.89$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ความข้นหนืดเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของไอศครีมที่สำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีม จากผลการทดลอง พบว่า ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ที่ความเข้มข้น 0.1 % มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.27 – 22.66 พอยส์ (ตาราง 4.18) ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว Alginate 0.1 % จะได้ค่าเฉลี่ยความข้นหนืดสูงสุด เท่ากับ 22.66 พอยส์ เปรียบเทียบกับสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับ Fennema (1996) รายงานว่า อัลจิเนตมีโครงสร้างเป็นแบบเชิงเส้น (linear polysaccharide) จะมีความข้นหนืดสูงกว่าสารให้ความคงตัวที่มีโครงสร้างแบบแตกแขนง (branch polysaccharide) เนื่องจากโมเลกุลแบบเส้นตรงจะเกิดอันตรกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ง่ายกว่า สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีค่าความข้นหนืดเฉลี่ย เท่ากับ 40.53 พอยส์ ซึ่งมีความข้นหนืดมากกว่า สอดคล้องกับ Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis (1990) พบว่า เมื่อใช้สารคงตัวที่ความเข้มข้นเท่ากัน สารให้ความคงตัวแต่ละชนิดทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความหนืดแตกต่างกัน และเมื่อเพิ่มความเข้มข้น ทำให้ส่วนผสมมีความข้นหนืดมากขึ้น ส่วนสูตรควบคุมจะมีค่าความข้นหนืดต่ำสุดเท่ากับ 1.07 พอยส์ เพราะสารให้ความคงตัวเป็นโพลีแซคคาไรด์มีหมู่ไฮดรอกซิลที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดี ทำให้ความหนืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มขึ้น (Fennema , 1996) เช่นเดียวกับ Goff *et al.*, (1994) พบว่า สารคงตัวแต่ละชนิดให้ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมแตกต่างกัน เช่น แซนแทนกัมให้ความข้นหนืดมากกว่าโลคัสบีนกัม และโลคัสบีนกัมให้ความข้นหนืดมากกว่าคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.13 % สอดคล้องกับ Kailasapathy และ Sellepan (1998) ที่ศึกษาความข้นหนืดของไอศครีมที่ใช้สารให้ความคงตัวต่างชนิดกัน และรายงานในลักษณะความคงตัวรูปร่าง (shape factor) พบว่า ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้โลคัสบีนกัม มีค่าความข้นหนืดเท่ากับ 0.50 Pa.s และ shape factor เท่ากับ 71.2 % ในขณะที่ กัวร์กัม มีค่าความข้นหนืดเท่ากับ 1.03 Pa.s และ shape factor เท่ากับ 91.8 % แสดงว่าสารให้ความคงตัวต่างชนิดกันมีค่าความข้นหนืดแตกต่างกัน และมีความคงตัวของรูปร่างแตกต่างกัน ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกัน มีค่าความข้นหนืดมากกว่าสารคงตัวชนิดเดี่ยว ($P \leq 0.05$) จึงทำให้ค่าคะแนนความเรียบเนียนของสารให้ความคงตัวแบบผสมมีคะแนนมากกว่าสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพราะความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมที่เพิ่มขึ้นในเฟสต่อเนื่อง ช่วยลดขนาดผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น และ ขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ได้ (Moore และ Shoemaker , 1981) และเช่นเดียวกับ Goff *et al.*, (1993) พบว่า ผลึกน้ำแข็งก่อน และหลังเก็บของไอศครีมที่เติมสารให้ความคงตัวจะมีขนาดเล็กกว่า ไอศครีมที่ไม่ได้ใส่สารให้ความคงตัว เนื่องจากสารให้ความคงตัวจับกับส่วนผสมอื่น ๆ ของไอศครีม และเกิดโครงร่างตาข่ายสามมิติ ทำให้ลดการเคลื่อนที่ของน้ำในเฟสที่เป็นของเหลว ที่อยู่รายล้อมผลึกน้ำแข็ง ทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านผลึกน้ำแข็งจนทำให้น้ำแข็งละลาย และแข็งตัวซ้ำอีก ทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น

เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 32.85 - 36.65 % (ตาราง 4.18) ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูงสุด เท่ากับ 42.86 % ($P \leq 0.05$) สารให้ความคงตัว LBG ที่ความเข้มข้น 0.1 % มีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเป็นอันดับสอง เท่ากับ 36.65 % เช่นเดียวกับการทดลองของ Kailasapathy และ Sellepan (1998) ได้ศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวแบบเดี่ยว และแบบผสมในผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลือง พบว่า ความข้นหนืดสูงมีความสัมพันธ์กับความเหมาะสมของการกักเก็บอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม โลคัสบีนกัม ให้ความข้นหนืดต่ำกว่า กัวร์กัม อัลจิเนต ซึ่งส่งผลให้ได้โอเวอร์รันสูงมากกว่า และ ค่าโอเวอร์รันสูงจะสอดคล้องกับการขยายตัวของโฟม (foam expansion) และความคงตัวของโฟม (foam liquid stability) ให้ค่าที่สูงตามไปด้วย และความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันที่ดี หากความข้นหนืดมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ตีอากาศเข้าเนื้อไอศครีมได้ไม่ดีเท่าที่ควร สอดคล้องกับการทดลองของ Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis (1990) พบว่า เมื่อใช้สารให้ความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คงตัวเพิ่มขึ้นถึง 0.2 % เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มขึ้นถึง 0.3 % ความข้นหนืดก็จะเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันที่ได้จะลดลง เช่นเดียวกับ Flores และ Goff (1999) พบว่า สารคงตัวมีผลต่อความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีม และช่วยจับอากาศขณะปั่นให้เป็นไอศครีม และมีความสม่ำเสมอของเซลล์อากาศ จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันเพิ่มขึ้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และความเข้มข้นที่ใช้ไอศครีมสูตรควบคุมซึ่งไม่มีสารให้ความคงตัวและไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันต่ำสุดเท่ากับ 29.38 % ($P<0.05$) เพราะ สารให้ความคงตัวให้ความข้นหนืด และช่วยให้เกิดโครงสร้างเจล ทำให้ไอศครีมมีโอเวอร์รันสูงขึ้นด้วย (Arbuckle , 1986) สอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า อิมัลซิไฟเออร์สามารถแทนที่โปรตีนที่อยู่ล้อมรอบเม็ดไขมันในส่วนผสมไอศครีมในระหว่างการบ่ม เมื่อได้รับแรงเฉือนระหว่างการปั่นไอศครีม เม็ดไขมันบางส่วนจะเริ่มไม่คงตัว (destabilization) และเกิดการเชื่อมตัวกัน (flocculation) ไปเคลือบอยู่ที่ผิวของฟองอากาศ ทำให้ฟองอากาศคงตัว ถ้าไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ เม็ดไขมันจะเชื่อมตัวกันได้ยาก ทำให้ฟองอากาศไม่คงตัว และได้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันต่ำ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวไม่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.19 อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม

ทรีทเมนต์	เวลา (นาที)	น้ำหนักไอศครีมที่ละลายต่อ 100 กรัม (กรัม)	อัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)
1. LBG (0.1%)	60	78.16 ± 3.03	1.30^{b} ± 0.05
2. CMC (0.1%)	60	67.74 ± 2.68	1.13^{c} ± 0.04
3. Alginate (0.1%)	60	62.57 ± 2.96	1.04^{c} ± 0.05
4. Xanthan gum (0.1%)	60	80.13 ± 3.86	1.33^{b} ± 0.06
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	60	18.55 ± 2.81	0.31^{d} ± 0.05
6. สูตรควบคุม	60	93.21 ± 2.08	1.55^{a} ± 0.03

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สูตรควบคุม คือไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีสารให้ความคงตัวและไม่มีอิมัลซิไฟเออร์

อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลือง ต่อ 100 กรัม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.31-1.55 กรัมต่อนาที (ตาราง 4.19) ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว CMC และAlginateที่ความเข้มข้น 0.1 % มีอัตราการละลายไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่มีค่าอัตราการละลายมากกว่าสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % ไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุมซึ่งไม่มีสารให้ความคงตัวและไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ มีอัตราการละลายต่อ 100 กรัม เร็วที่สุด คือ 1.55 กรัมต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เพราะ มีปริมาณน้ำอิสระเกิดขึ้นมาก ทำให้ปริมาณน้ำที่แข็งตัวเป็นน้ำแข็งมากขึ้น ค่าการแพร่กระจายความร้อน (thermal diffusivity) ของน้ำแข็งสูงกว่าน้ำประมาณ 9 เท่า (Fennema ,1996) ดังนั้นอัตราเร็วของการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของน้ำแข็งจึงมากกว่าน้ำ ทำให้ไอศครีมละลายเร็วขึ้น สอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวมีทั้งแบบมีประจุ และไม่มีประจุ เป็นไฮโดรฟิลิก และไฮโดรโฟบิก ทำให้จับส่วนประกอบต่างๆในไอศครีมจึงช่วยให้ไอศครีมละลายช้าลง บทบาทหน้าที่ของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดทำให้ไอศครีมถั่วเหลืองมีอัตราการละลายต่างกันโดยที่สารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นทำให้ไอศครีมละลายช้าลง เช่นเดียวกับการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองของ Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis (1990) ที่ศึกษาผลของสารให้ความคงตัว แซนแทนกัม และกัวร์กัมที่ความเข้มข้น 0.0 - 0.5 % พบว่า อัตราการละลายของไอศครีมโยเกิร์ตลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณสารให้ความคงตัว แซนแทนกัม และกัวร์กัม สารให้ความคงตัวช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เนื่องจากเกิดอันตรกิริยา กับโปรตีน ไขมัน และ น้ำตาล โดยยึดจับไว้เป็นโครงร่างสามมิติทำให้ไอศครีมละลายได้ช้า และมีความคงตัวขณะละลายไม่เกิดการแยกตัวของส่วนผสม อัตราการละลายควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่เร็วหรือช้าจนเกินไป และเมื่อพิจารณาควบคู่กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านการละลายในปากพบว่าไอศครีมถั่วเหลือง ที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % อยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับค่าการละลายในปากชอบปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.20 – 7.41 ($P>0.05$) (ตาราง 4.17)

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.20

ตาราง 4.20 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม

ทรีทเมนต์	แรงเจาะ(นิวตัน)	แรงกด (นิวตัน)
1. LBG (0.1%)	$23.49^{b} \pm 1.17$	$366.81^{bc} \pm 19.35$
2. CMC (0.1%)	$22.85^{b} \pm 1.50$	$357.12^{c} \pm 20.18$
3. Alginate (0.1%)	$24.01^{b} \pm 1.21$	$379.57^{b} \pm 19.03$
4. Xanthan gum (0.1%)	$23.12^{b} \pm 1.47$	$367.76^{bc} \pm 16.98$
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	$26.81^{a} \pm 1.44$	$487.02^{a} \pm 32.81$
6. สูตรควบคุม	$19.49^{c} \pm 1.73$	$337.33^{d} \pm 19.75$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สูตรควบคุม คือ ไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีสารให้ความคงตัวและไม่มีอิมัลซิไฟเออร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุม ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองมีความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นโดย ค่าแรงเจาะมีค่าอยู่ระหว่าง 19.49 – 26.81 นิวตัน และค่าแรงกดอยู่ระหว่าง 337.33 – 487.02 นิวตัน (ตาราง 4.20) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Martinou-Voulasiki and Zerfiridis (1990) พบว่า ความแน่นแข็ง (firmness) ของไอศครีมโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว แซนแทนกัม และกัวร์กัมเพิ่มขึ้น 0.0 - 0.5 % ทำให้ค่าระยะทางที่กดลึกของหัวเข็มจากเครื่องเพเนโตรมิเตอร์ (penetrometer) ลดลง ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุมซึ่งไม่มีสารให้ความคงตัวและไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ จะมีค่าแรงเจาะ และค่าแรงกดต่อเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวเป็นพวกโพลีแซคคาไรด์สามารถจับกับน้ำในส่วนผสมไอศครีมทำให้เกิดโครงสร้างเป็นเกลียว (helix) สานตัวกันเป็นโครงร่างตาข่าย เมื่อทำให้อุณหภูมิต่ำลงโครงสร้างเรียงตัวกันใหม่เป็นแท่งแข็ง (rigid rods) และเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวน junction zones เพิ่มขึ้นมีผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวมากกว่า ทำให้ต้องใช้แรงกดเนื้อไอศครีมมากขึ้น เพื่อทำให้ไอศครีมเสียรูปร่างได้

ผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.1 % ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลือง โดยมีค่าแรงเจาะเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.85 – 24.01 นิวตัน (ตาราง 4.20) ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) และ ค่าแรงกดมีค่าอยู่ระหว่าง 357.12 – 379.57 นิวตัน แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยสารให้ความคงตัว CMC ให้ค่าแรงกดเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 357.12 นิวตัน และ Alginate ให้ค่าแรงกดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 379.57 นิวตัน

เมื่อนำไอศครีมถั่วเหลืองมาศึกษาผลของการใช้สารให้ความคงตัว LBG CMC Alginate และ Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.1 % ทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบปานกลาง Alginate 0.1 % ให้คะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.28 รองลงไปคือ CMC LBG และ Xanthan gum ตามลำดับ CMC 0.1 % ให้คะแนนความเรียบเนียนสูงที่สุด เท่ากับ 7.28 รองลงไปคือ Alginate LBG และ Xanthan gum ตามลำดับ ทางด้านกายภาพ พบว่า Alginate 0.1 % มีอัตราการละลายช้ากว่าและมีความข้นหนืดมากที่สุด เท่ากับ 22.66 พอยส์ ($P \leq 0.05$) LBG 0.1 % มีโอเวอร์รันสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 36.65 % ($P \leq 0.05$) CMC 0.1 % มีโอเวอร์รันต่ำสุด เท่ากับ 32.85 % และความข้นหนืดต่ำสุด เท่ากับ 18.27 พอยส์ แรงเจาะเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าอยู่ระหว่าง 22.85 – 24.01 นิวตัน ($P > 0.05$) แรงกดอยู่ระหว่าง 357.12 – 379.57 นิวตัน ($P \leq 0.05$)

4.7 ผลการศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวที่ความเข้มข้น 0.2 % ต่อคุณภาพไอศครีมถั่วเหลือง

4.7.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เลือกสูตรไอศครีมถั่วเหลืองที่ประกอบด้วย นมถั่วเหลือง 75 % ไขมันพืช 10 % น้ำตาล 15 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % กลิ่นวานิลา 0.2 % เกลือ 0.15 % มาศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ได้แก่ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % เปรียบเทียบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสกับทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2% และไอศครีมนม ที่ประกอบด้วย ไขมัน 10 % ของแข็งไม่รวมไขมัน (MSNF) 10 % น้ำตาล 13 % กลิ่นวานิลา 0.2 % อิมัลซิไฟเออร์ (GMS) 0.2 % สารให้ความคงตัว (LBG) 0.2 % ได้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ดังตาราง 4.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.21 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม

ทรีทเมนต์	LBG (0.2%)	CMC (0.2%)	Alginate (0.2%)	Xanthan gum (0.2%)	0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	ไอศครีมนม (LBG 0.2%)
สีที่ปรากฏ	$7.32^{b} \pm 1.03$	$7.28^{b} \pm 1.15$	$7.32^{b} \pm 1.14$	$7.25^{b} \pm 1.12$	$7.53^{ab} \pm 1.07$	$7.79^{a} \pm 1.15$
รสหวาน	$7.08^{ns} \pm 1.05$	$7.09^{ns} \pm 1.13$	$6.98^{ns} \pm 1.23$	$7.00^{ns} \pm 1.21$	$7.24^{ns} \pm 1.11$	$7.42^{ns} \pm 1.50$
ความมัน	$7.11^{ab} \pm 1.14$	$7.13^{ab} \pm 1.13$	$7.00^{ab} \pm 1.22$	$6.92^{b} \pm 1.31$	$7.30^{a} \pm 1.12$	$7.47^{a} \pm 1.42$
กลิ่นรสถั่วเหลือง	$7.08^{ns} \pm 1.24$	$6.91^{ns} \pm 1.20$	$6.83^{ns} \pm 1.30$	$6.68^{ns} \pm 1.22$	$7.09^{ns} \pm 1.33$	-
ความเรียบเนียน	$7.23^{ns} \pm 1.14$	$7.53^{ns} \pm 1.03$	$7.23^{ns} \pm 1.10$	$7.34^{ns} \pm 1.11$	$7.60^{ns} \pm 1.15$	$7.43^{ns} \pm 1.35$
การละลายในปาก	$7.21^{ns} \pm 1.04$	$7.28^{ns} \pm 1.12$	$7.19^{ns} \pm 1.02$	$7.08^{ns} \pm 1.22$	$7.45^{ns} \pm 1.12$	$7.34^{ns} \pm 1.44$
ความเหนียวหนืด	$7.07^{ns} \pm 0.98$	$7.13^{ns} \pm 1.23$	$6.98^{ns} \pm 1.08$	$6.98^{ns} \pm 1.22$	$7.34^{ns} \pm 1.21$	$7.34^{ns} \pm 1.51$
การยอมรับรวม	$7.30^{ns} \pm 1.10$	$7.29^{ns} \pm 1.11$	$7.21^{ns} \pm 1.03$	$7.16^{ns} \pm 1.06$	$7.35^{ns} \pm 1.02$	$7.42^{ns} \pm 1.49$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลได้จากผู้ทดสอบชิม 53 คน

- ไม่มีกลิ่นรสถั่วเหลือง, ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2% และไอศครีมนม โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale 9 point ให้คะแนนตั้งแต่ 1 เท่ากับไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 เท่ากับคะแนนชอบมากที่สุด โดยทดสอบกับผู้ชิมจำนวน 53 คน วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) พบว่า

สีที่ปรากฏ โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.25 – 7.79 (ตาราง 4.21) อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีที่ปรากฏไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อเทียบกับไอศครีมนมจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยไอศครีมนม มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับสีที่ปรากฏสูงที่สุดเท่ากับ 7.79 ก็เพราะว่าไอศครีมนมมีสีเหลืองอ่อน เนื่องจากวัตถุดิบ นมผง และไขมันนมที่มีสีเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รสหวาน โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.98 – 7.42 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนรสหวานอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนมมีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดย Alginate 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับรสหวานต่ำที่สุดเท่ากับ 6.98 ไอศครีมนม มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับรสหวานสูงที่สุดเท่ากับ 7.42

ความมัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.92 – 7.47 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความมันอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยความมัน เท่ากับ 7.30 และไอศครีมนมมีคะแนนเฉลี่ย ความมันเท่ากับ 7.47 ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดย Xanthan gum 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความมันต่ำสุดเท่ากับ 6.92 (P≤0.05) เช่นเดียวกับการทดลองของ Martinou – Voulasiki และ Zerfiridis (1990) พบว่า ความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไอศครีมมีความมันลดลง เนื่องจากมีความข้นหนืดมากเกินไป

กลิ่นรสถั่วเหลือง โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.68 – 7.09 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนกลิ่นรสถั่วเหลืองอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสถั่วเหลือง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดย Xanthan gum 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับกลิ่นรสถั่วเหลืองต่ำที่สุด เท่ากับ 6.68 สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับกลิ่นรสถั่วเหลืองสูงที่สุดเท่ากับ 7.09

ความเรียบเนียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.23 – 7.60 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความเรียบเนียน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2% สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2% และ ไอศครีมนม มีคะแนนไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดย LBG และ Alginate ที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความเรียบเนียนต่ำที่สุด เท่ากับ 7.23 สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความเรียบเนียนสูงที่สุด เท่ากับ 7.60 เช่นเดียวกับ Sutton

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ Wilccox (1998) รายงานว่า สารให้ความคงตัวถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของผลึกน้ำแข็งอย่างอ่อน ๆ ดังนั้นจึงช่วยขัดขวางการโตของผลึกน้ำแข็งได้ ทำให้เนื้อสัมผัสไอศครีมเรียบเนียนขึ้น และสอดคล้องกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า สารให้ความคงตัวช่วยควบคุมการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ของเนื้อไอศครีมในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง (fluctuation) เช่นเดียวกับ Hagiwara และ Hartel (1996) พบว่า การใช้สารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น จะทำให้ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมเพิ่มขึ้น และทำให้อุณหภูมิกลาสทรานสิชั่นสูงขึ้น โอกาสที่จะเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่เป็นไปได้ช้า

การละลายในปาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.08 – 7.45 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการละลายในปากอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนทางประสาทสัมผัสการละลายในปาก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดย Xanthan gum 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับการละลายในปากต่ำที่สุด เท่ากับ 7.08 สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับการละลายในปากสูงที่สุด เท่ากับ 7.45

ความเหนียวหนืด โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 6.98 – 7.34 (ตาราง 4.21) ประเมินว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความเหนียวหนืดอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนทางประสาทสัมผัสความเหนียวหนืด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดย Xanthan gum และ Alginate ที่ความเข้มข้น 0.2 % มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความเหนียวหนืดต่ำที่สุด เท่ากับ 6.98 สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนเฉลี่ยยอมรับความเหนียวหนืดสูงที่สุด เท่ากับ 7.34

การยอมรับรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ระหว่าง 7.16 – 7.42 (ตาราง 4.21) ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และไอศครีมนม มีคะแนนทางประสาทสัมผัสการยอมรับความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ก็เพราะว่าผู้บริโภคคนไทยมีความเคยชินกับกลิ่นรสของถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ นมถั่วเหลือง อาหารมังสวิรัต เป็นต้น ทำให้ไอศครีมถั่วเหลืองเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลือง พบว่าสามารถเลือกสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % โดยพิจารณาจากคะแนนทางประสาทสัมผัสได้ดังนี้ LBG ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสการยอมรับความชอบโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.30 อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง รองลงไปคือ CMC Alginate และ Xanthan gum ตามลำดับ CMC ให้คะแนนความเรียบเนียนสูงที่สุด เท่ากับ 7.53 รองลงไปคือ Xanthan gum LBG และ Alginate ตามลำดับ แต่การใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % ให้คะแนนทางประสาทสัมผัสโดยเฉลี่ยสูงกว่าสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 %

4.7.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษาได้ผลดังต่อไปนี้

การหาเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.40 - 34.86 % ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % จะได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 34.86 % เช่นเดียวกับ Fennema (1996) รายงานว่า สารให้ความคงตัวเป็นตัวอุ้มน้ำได้ดี ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุมที่ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์จึงมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดต่ำสุด เท่ากับ 34.40 %

พีเอชของไอศครีมถั่วเหลืองทั้ง 6 ทรีทเมนต์ โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่าค่าเฉลี่ย พีเอชอยู่ระหว่าง 6.41 - 6.49 โดยทรีทเมนต์ Xanthan gum 0.2 % ให้ค่าเฉลี่ยพีเอชต่ำที่สุดเท่ากับ 6.41 ส่วนทรีทเมนต์ LBG 0.2 % และ Alginate 0.2 % ให้ค่าเฉลี่ยพีเอชสูงที่สุด เท่ากับ 6.49

ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.21 % ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้ Xanthan gum 0.2 % จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 0.21 % ส่วน LBG 0.2 % CMC 0.2 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีค่าเปอร์เซ็นต์กรดแลคติคเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.17 % ดังนั้นไอศครีม ที่ใช้ Xanthan gum 0.2 % มีค่าการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า ส่วนผสมไอศครีมที่มีค่าความเป็นกรดสูงจะทำให้กลิ่นรสไม่ดี และมีความคงตัวต่ำ เนื่องจากความร้อนในขบวนการพาสเจอร์ไรส์และความเป็นกรดจะไปเร่งให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพธรรมชาติได้ง่าย

4.7.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม (ไม่มีสารให้ความคงตัว แต่มีอิมัลซิไฟเออร์) เป็นปัจจัยศึกษา ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าสีในระบบฮันเตอร์ของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม พบว่าจะให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยค่าสี L (ค่าความสว่าง) อยู่ระหว่าง 77.41 - 77.91 โดยทรีทเมนต์ที่ใช้ CMC 0.2 % ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 77.91 ส่วนทรีทเมนต์ที่ใช้ Alginate 0.2 % ให้ค่าสี L โดยเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 77.41

ค่าสี a เป็นค่าสีเขียว (ค่าเป็นลบ) พบว่า ค่าสี a อยู่ระหว่าง – 0.35 ถึง 0.17 ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ – 0.35 และ Xanthan gum 0.2 % ให้ค่าสีเขียวโดยเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ – 0.07 ส่วน LBG 0.2 % ให้ค่าสี a เป็นค่าสีแดง (ค่าเป็นบวก) โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.17

ค่าสี b เป็นค่าสีเหลือง (ค่าเป็นบวก) พบว่า ค่าสี b (สีเหลือง) อยู่ระหว่าง 10.37 - 10.99 มีค่าใกล้เคียงกัน โดย Alginate 0.2 % ให้ค่าสี bโดยเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 10.99 ดังนั้น Alginate 0.2 % จึงมีค่า L ต่ำกว่า ทรีทเมนต์อื่น และเป็นสาเหตุทำให้มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ส่วน CMC 0.2 % มีค่า สี b โดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 10.37 และ ทำให้ CMC 0.2 % มีค่าความสว่างมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านความข้นหนืด และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 ผลการวิเคราะห์ความข้นหนืดและเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2% สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และ สูตรควบคุม

ทรีทเมนต์	ความข้นหนืด (พอยส์)	โอเวอร์รัน (%)
1. LBG (0.2%)	$34.49^{c} \pm 1.99$	$38.98^{bc} \pm 1.42$
2. CMC (0.2%)	$33.91^{c} \pm 0.92$	$37.95^{c} \pm 1.15$
3. Alginate (0.2%)	$40.99^{b} \pm 1.55$	$40.13^{b} \pm 1.24$
4. Xanthan gum (0.2%)	$42.94^{a} \pm 1.35$	$38.67^{c} \pm 1.35$
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	$40.53^{b} \pm 0.96$	$42.86^{a} \pm 2.43$
6. สูตรควบคุม	$3.61^{d} \pm 0.04$	$29.79^{d} \pm 1.15$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สูตรควบคุม คือไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ (GMS)

ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 33.91 – 42.94 พอยส์ (ตาราง 4.22) ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว Xanthan gum 0.2 % จะได้ค่าเฉลี่ยความข้นหนืดสูงสุด เท่ากับ 42.94 พอยส์ ($P \leq 0.05$) ไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุมที่ไม่ใช้สารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ มีความข้นหนืดน้อยที่สุด เท่ากับ 3.61 พอยส์ ($P \leq 0.05$) เพราะสมบัติของสารให้ความคงตัวคือการเพิ่มความข้นหนืดให้แก่ส่วนผสมไอศครีม เนื่องจากสารให้ความคงตัวเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ส่วนใหญ่เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความสามารถจับกับน้ำได้ดี และเกิดเจลได้ทำให้มีผลต่อความข้นหนืด (Hagiwara และ Hartel ,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1996) ไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้แซนแทนกัม 0.1 % ให้ความข้นหนืดต่ำกว่า อัลจิเนต 0.1 % แต่แซนแทนกัม 0.2 % กลับให้ความข้นหนืดมากกว่า อัลจิเนต 0.2 % และให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Martinou-Voulasiki และ Zerfiridis (1990) พบว่า ไอศครีมโยเกิร์ตที่ใช้ กัวร์กัม ความเข้มข้น 0.1 % และ 0.2 % จะมีความข้นหนืดมากกว่า แซนแทนกัม ความเข้มข้น 0.1 % และ 0.2 % แต่ที่ระดับความเข้มข้นของแซนแทนกัม 0.3 % - 0.5 % กลับให้ความข้นหนืดมากกว่า กัวร์กัม อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นเท่ากันทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความหนืดแตกต่างกันไป และเมื่อใช้ในปริมาณมากขึ้นทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความข้นหนืดมากขึ้น และเช่นเดียวกับ Goff *et al.*, (1994) พบว่า สารให้ความคงตัวแต่ละชนิดจะให้ความข้นหนืดส่วนผสมไอศครีมที่แตกต่างกัน เช่น กัวร์กัม และโลคัสบีนกัม มีความข้นหนืดมากกว่า คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส เปรียบเทียบที่ความเข้มข้น 0.28 % เท่ากัน

เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 29.79 – 42.86 % (ตาราง 4.22) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมไอศครีมมีความหนืดเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Arbuckle (1986) รายงานว่า ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศครีมที่เพิ่มขึ้น ทำให้การจับอากาศของไอศครีมดีขึ้น และสารให้ความคงตัวช่วยให้เกิดโครงสร้างเจลในไอศครีม ทำให้ไอศครีมมีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันสูงขึ้น แต่แซนแทนกัม 0.2 % มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 38.67 % ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % มีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 42.86 % เนื่องจากส่วนผสมไอศครีมมีความข้นหนืดมากไปซึ่งจะไปขัดขวางการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศครีมทำให้โอเวอร์รันลดลง (Schmidt *et al.*, 1993) และสอดคล้องกับ Flores และ Goff (1999) พบว่า สารให้ความคงตัวจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศครีมที่แตกต่างกันตามชนิดของสารคงตัวที่ใช้ เช่น คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส ให้เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 83.4 % กัวร์กัม 89.5 % แซนแทนกัม 80.5 % เปรียบเทียบที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.2 % เนื่องจากสารให้ความคงตัวทำให้ส่วนผสมไอศครีมมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น จึงช่วยจับอากาศ และทำให้การกระจายของเซลล์อากาศมีความสม่ำเสมอ ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองสูตรควบคุมซึ่งไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์มีความข้นหนืดต่ำสุด จึงทำให้การตีอากาศเข้าเนื้อไอศครีมได้ไม่ดี และจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันต่ำสุด เท่ากับ 29.79 % ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับ Baer *et al.*, (1999) พบว่า การใช้กัมไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส (hydroxypropyl methyl cellulose) ที่ความเข้มข้น 0.15 – 0.25 % ในไอศครีมที่ไม่มีไขมันทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการตีส่วนผสมไอศครีมให้ขึ้นฟู และยังช่วยให้ไอศครีมมีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน มากกว่า ไอศครีมที่ไม่เติมกัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านอัตราการละลาย ต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที) ของไอศครีมถั่วเหลือง โดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.23

ตาราง 4.23 ผลการวิเคราะห์อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม

ทรีทเมนต์	เวลา (นาที)	น้ำหนักไอศครีมที่ละลายต่อ 100 กรัม (กรัม)	อัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)
1. LBG (0.2%)	60	43.20 ± 2.67	0.72^{b} ± 0.04
2. CMC (0.2%)	60	31.45 ± 2.78	0.52^{c} ± 0.05
3. Alginate (0.2%)	60	28.42 ± 1.79	0.47^{c} ± 0.03
4. Xanthan gum (0.2%)	60	29.27 ± 2.45	0.49^{c} ± 0.04
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	60	18.55 ± 2.81	0.31^{d} ± 0.05
6. สูตรควบคุม	60	89.75 ± 3.18	1.50^{a} ± 0.05

หมายเหตุ : ค่าของคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สูตรควบคุม คือไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ (GMS)

อัตราการละลายของไอศครีมถั่วเหลือง ต่อ 100 กรัม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.31-1.50 กรัมต่อนาที (ตาราง 4.23) ทรีทเมนต์ที่ใช้สารให้ความคงตัว CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % มีอัตราการละลายไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วน LBG 0.2 % มีอัตราการละลายเร็วกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทรีทเมนต์สูตรควบคุมที่ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ มีอัตราการละลายต่อ 100 กรัม เร็วที่สุดคือ 1.50 กรัมต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสารให้ความคงตัวประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่ช่วยจับน้ำในไอศครีม ซึ่งเป็นโครงร่างตาข่ายที่อุ้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำไว้ภายใน และสารให้ความคงตัวช่วยให้ไอศครีมมีความข้นหนืดมากกว่าทำให้เกาะเกี่ยวน้ำไว้ภายในโครงร่างตาข่ายได้ในสภาพหนาแน่นมากกว่า เมื่อไอศครีมละลาย น้ำแข็งในส่วนที่อยู่อิสระจะละลายออกมาก่อน น้ำแข็งที่จับกับโพลีแซคคาไรด์โมเลกุลใหญ่จะละลายตามออกมาที่หลัง (Marshall และArbuckle , 1996) และสารให้ความคงตัวช่วยดูดซับน้ำได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำอิสระในไอศครีมลดลง นอกจากนี้ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ของน้ำแข็งสูงกว่าน้ำถึง 4 เท่า (Fennema , 1996) ดังนั้นสูตรควบคุมที่ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ จึงละลายได้เร็วกว่า เนื่องจากไอศครีมมีปริมาณน้ำอิสระอยู่มากกว่า

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ของไอศครีมถั่วเหลืองโดยใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยว คือ LBG CMC Alginate Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม เป็นปัจจัยศึกษา แสดงดังตาราง 4.24

ตาราง 4.24 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่มีสารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % และสูตรควบคุม

ทรีทเมนต์	แรงเจาะ(นิวตัน)	แรงกด (นิวตัน)
1. LBG (0.2%)	$24.36^{c} \pm 1.05$	$392.61^{c} \pm 36.08$
2. CMC (0.2%)	$25.59^{bc} \pm 1.26$	$426.26^{b} \pm 37.41$
3. Alginate (0.2%)	$27.74^{a} \pm 1.50$	$464.81^{a} \pm 28.78$
4. Xanthan gum (0.2%)	$26.38^{ab} \pm 2.07$	$470.52^{a} \pm 26.59$
5. 0.096% CMC + 0.071% LBG + 0.033%Alginate	$26.81^{ab} \pm 1.44$	$487.02^{a} \pm 32.81$
6. สูตรควบคุม	$20.79^{d} \pm 1.58$	$344.23^{d} \pm 19.25$

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

สูตรควบคุม คือไอศครีมถั่วเหลือง ไม่มีสารให้ความคงตัวแต่มีอิมัลซิไฟเออร์ (GMS)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวชนิดเดี่ยวที่ความเข้มข้น 0.2 % และสารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศครีมถั่วเหลืองมีความแข็งเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีสารให้ความคงตัว แต่มีอิมัลซิไฟเออร์ โดยค่าแรงเจาะมีค่าอยู่ระหว่าง 20.79 – 27.74 นิวตัน (ตาราง 4.24) และค่าแรงกดอยู่ระหว่าง 344.23 – 487.02 นิวตัน (ตาราง 4.24) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับ Marshall และ Arbuckle (1996) รายงานว่า เมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นจะทำให้ไอศครีมมีความแข็ง (stiffness) เพิ่มขึ้น และการใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดผสมกันที่ความเข้มข้น 0.2 % อาจช่วยเสริมให้เจลแข็งแรงมากขึ้น เพราะ โครงสร้างหลักของโลคัสบีนกัมเป็นโพลิเมอร์สายยาว และมีแขนงเล็กน้อยสามารถรวมตัวกับคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส และ อัลจิเนตได้แน่นขึ้น (Nussinovitch , 1997) ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองที่ใช้สารให้ความคงตัวผสมกันจะมีค่าแรงเจาะ และ ค่าแรงกดต่อเนื้อสัมผัสมากที่สุด ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำไอศครีมถั่วเหลืองมาศึกษาผลของการใช้สารให้ความคงตัว LBG CMC Alginate และ Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % ทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง LBG 0.2 % ให้คะแนนการยอมรับรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.30 รองลงไปคือ CMC Alginate และ Xanthan gum ตามลำดับ CMC 0.2 % ให้คะแนนความเรียบเนียนสูงที่สุด เท่ากับ 7.53 รองลงไปคือ Xanthan gum LBG และ Alginate ตามลำดับ ทางด้านกายภาพ พบว่า Alginate CMC และ Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % มีอัตราการละลายใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 0.47 – 0.52 กรัมต่อนาที LBG มีอัตราการละลายเร็วกว่า เท่ากับ 0.72 กรัมต่อนาที ($P \leq 0.05$) ความข้นหนืดไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าอยู่ระหว่าง 33.91 – 42.94 พอยส์ ($P \leq 0.05$) Xanthan gum 0.2 % มีความข้นหนืดมากที่สุด เท่ากับ 42.94 พอยส์ และ CMC 0.2 % มีความข้นหนืดต่ำสุด เท่ากับ 33.91 พอยส์ ($P \leq 0.05$) Alginate 0.2 % มีโอเวอร์รันสูงที่สุด เท่ากับ 40.13 % LBG CMC และ Xanthan gum ที่ความเข้มข้น 0.2 % ให้โอเวอร์รันอยู่ระหว่าง 37.95 % - 38.98 % ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แรงเจาะเนื้อสัมผัสไอศครีมถั่วเหลืองมีค่าอยู่ระหว่าง 24.36 – 27.74 นิวตัน ($P \leq 0.05$) Alginate 0.2 % มีค่าแรงเจาะสูงที่สุด เท่ากับ 27.74 นิวตัน รองลงมาคือ Xanthan gum CMC และ LBG ตามลำดับ แรงกดมีค่าอยู่ระหว่าง 392.61 – 470.52 นิวตัน ($P \leq 0.05$) Xanthan gum 0.2 % มีค่าแรงกดสูงที่สุด เท่ากับ 470.52 นิวตัน รองลงมาคือ Alginate CMC และ LBG ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8 การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของไอศครีมถั่วเหลือง

ผลจากการพัฒนาสูตรได้สูตรของไอศครีมถั่วเหลืองที่พัฒนาแล้ว ดังแสดงในตาราง 4.25

ตาราง 4.25 สูตรการผลิตไอศครีมถั่วเหลืองที่เหมาะสม

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์ (%)
นมถั่วเหลือง	75.00
ไขมันพืช	10.00
น้ำตาล	15.00
กลิ่นวานิลา	0.20
เกลือ	0.15
กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต	0.20
คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส	0.091
โลคัสบีนกัม	0.076
อัลจิเนต	0.033
รวม	100

4.8.1 ผลการศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้ว

ผลการศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่พัฒนาแล้ว โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ปริมาณทางจุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.26 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่พัฒนาแล้ว

ลักษณะ	ปริมาณ
สมบัติทางกายภาพ	
ความข้นหนืด (พอยส์)	40.53 ± 0.96
ค่าสี L (ค่าความสว่าง)	77.66 ± 0.02
ค่าสี a (ค่าสีเขียว)	- 0.35 ± 0.01
ค่าสี b (ค่าสีเหลือง)	10.59 ± 0.01
โอเวอร์รัน (%)	42.86 ± 2.43
แรงเจาะ (นิวตัน)	26.81 ± 1.44
แรงกด (นิวตัน)	487.02 ± 32.81
อัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัมต่อนาที)	0.31 ± 0.05
สมบัติทางเคมี	
เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด (Total solid , %)	34.86 ± 0.07
โปรตีน (N x 6.25 , %)	3.78 ± 0.02
ไขมัน (%)	8.96 ± 0.12
เถ้า (%)	0.58 ± 0.01
พีเอช (pH)	6.46 ± 0.005
กรดแลคติค (%)	0.17 ± 0.003
ปริมาณจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี / กรัม)	1.80×10^3
โคลิฟอร์ม (MPN / กรัม)	< 3

หมายเหตุ : ค่าของข้อมูลคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติทางกายภาพ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าสีประกอบด้วยค่าความสว่าง , ค่าความเข้าใกล้สีเขียว ค่าความเข้าใกล้สีเหลือง เท่ากับ 77.66 , - 0.35 , 10.59 ตามลำดับ ซึ่งจากค่าสีดังกล่าวแสดงว่าไอศครีมถั่วเหลืองมีสีขาวนวล เนื่องจากค่าความสว่างมีค่า เท่ากับ 77.6 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 100 และยังมีส่วนผสมออกไปทางสีเหลือง ความข้นหนืด เท่ากับ 40.53 พอยส์ เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน เท่ากับ 42.86 % แรงเจาะ เท่ากับ 26.81 นิวตัน แรงกด เท่ากับ 487.02 นิวตัน อัตราการละลายต่อ 100 กรัม เท่ากับ 0.31 กรัมต่อนาที

สมบัติทางเคมี

จากการศึกษาองค์ประกอบโดยประมาณของไอศครีมถั่วเหลือง โดยศึกษาปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด , โปรตีน , ไขมัน และ เถ้า พบว่า มีเท่ากับ 34.86 % , 3.78 % , 8.96 % และ 0.58 % ตามลำดับ มีค่าพีเอช เท่ากับ 6.46 และเปอร์เซ็นต์กรดแลคติค เท่ากับ 0.17

ปริมาณจุลินทรีย์

จากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของไอศครีมถั่วเหลือง พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) เท่ากับ 1.80 X 10^3 cfu/g จำนวนโคลิฟอร์มทั้งหมด โดยการทดสอบครั้งแรก (Presumtive test) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อลอริลซัลเฟตทริพโทสบรอท (Lauryl Sulphate Trytose broth , LSB) ระดับความเจือจางละ 3 หลอด (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) ไม่มีหลอดทดลองใดที่มีก๊าซเกิดขึ้นในหลอดดักก๊าซ ดังนั้นเมื่อเปิดตาราง เอ็มพีเอ็น (most probable number) พบว่า ค่า MPN น้อยกว่า 3 MPN / g

ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลืองสามารถสรุปคุณภาพทางจุลินทรีย์ได้ว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 1.80 X 10^3 โคโลนี/กรัม และ แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มมีน้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็น/กรัม ซึ่งเป็นไปตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 257 (พศ.2545) ที่กำหนดว่า ไอศครีมต้องมีแบคทีเรียไม่เกิน 600,000 โคโลนีในอาหาร 1 กรัม และตรวจไม่พบ E. coli ในอาหาร 0.01 กรัม ดังนั้นไอศครีมถั่วเหลือง ที่ผลิตได้มีคุณภาพดี ถูกสุขลักษณะ ปลอดภัยสำหรับการบริโภค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.2 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลือง

ทดสอบผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองกับผู้บริโภคจำนวน 60 คนโดยใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic 9 - points scale ดังแสดงในภาคผนวก ก-4 เพื่อประเมินความชอบที่มีต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส คือ สีที่ปรากฏ รสหวาน ความมัน กลิ่นรสถั่วเหลือง ความเรียบเนียน การละลายในปาก ความเหนียวหนืด การยอมรับรวม ผลการทดสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวม เท่ากับ 7.35 อยู่ในระดับ ความชอบปานกลาง ดังแสดงในตาราง 4.27 พร้อมทั้งถามถึงการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลืองที่พัฒนาได้ เท่ากับ 100 % สำหรับความคิดเห็นต่อการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลือง กลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างจะตัดสินใจซื้อ เท่ากับ 92 % เหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อ คือ อร่อย รสชาติดี กลิ่นรสดี เนื้อสัมผัสดี และดีกว่าไอศครีมในท้องตลาดมาก ได้คุณค่าทางโภชนาการจากถั่วเหลือง ยังไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด เป็นการสนับสนุนผลิตผลทางการเกษตร ชอบทานไอศครีม สนใจอาหารเพื่อสุขภาพ และให้ความสดชื่นมากกว่าดื่มน้ำเต้าหู้เย็น และไม่แน่ใจในการตัดสินใจซื้อ เท่ากับ 8 % เหตุผลที่ไม่แน่ใจในการตัดสินใจซื้อ คือ ดูราคาจำหน่าย ไม่ค่อยได้กลิ่นรสถั่วเหลือง อยากได้ไอศครีมหลากหลายรสชาติ เช่น รสกาแฟ รสช็อคโกแลต รูปแบบภาชนะบรรจุ เป็นต้น

ตาราง 4.27 คะแนนความชอบเฉลี่ยที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศครีมถั่วเหลือง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบ	ระดับความชอบ
สีที่ปรากฏ	7.47 $\pm$ 0.95	ชอบปานกลาง
รสหวาน	7.34 $\pm$ 0.96	ชอบปานกลาง
ความมัน	7.33 $\pm$ 0.90	ชอบปานกลาง
กลิ่นรสถั่วเหลือง	7.11 $\pm$ 0.90	ชอบปานกลาง
ความเรียบเนียน	7.52 $\pm$ 0.72	ชอบปานกลาง ถึง ชอบมาก
การละลายในปาก	7.41 $\pm$ 0.87	ชอบปานกลาง
ความเหนียวหนืด	7.28 $\pm$ 0.69	ชอบปานกลาง
การยอมรับรวม	7.35 $\pm$ 0.82	ชอบปานกลาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8.3 การคำนวณต้นทุนการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง

ในการผลิตไอศครีมถั่วเหลืองน้ำหนัก 100 กรัม ต้องใช้นมถั่วเหลือง ไขมันพืช น้ำตาลทราย เกลือ กลิ่นวานิลา อิมัลซิไฟเออร์ สารให้ความคงตัว ซึ่งวัตถุดิบแต่ละตัวมีราคาดังนี้ ดังแสดงในตาราง 4.28

ตาราง 4.28 การคำนวณต้นทุนการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง

รายการ	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา (บาท) / หน่วย (กรัม)	คิดเป็นเงิน (บาท)
นมถั่วเหลือง	75.00	10 / 1000	0.10
ไขมันพืช	10.00	60 / 1000	0.60
น้ำตาลทราย	15.00	15 / 1000	0.225
เกลือ	0.15	10 / 1000	0.0015
กลิ่นวานิลา	0.20	125 / 500	0.05
อิมัลซิไฟเออร์	0.20	100 / 1000	0.02
สารให้ความคงตัว	0.20	100 / 1000	0.02
บรรจุภัณฑ์	1 ชุด	20 / 50 ชุด	0.40
รวมต้นทุนวัตถุดิบ			1.4165
แรงงาน และเชื้อเพลิง 30 % ของราคาต้นทุนวัตถุดิบ			0.42
ต้นทุนทั้งหมด / 100 กรัม			1.84

ดังนั้น ต้นทุนการผลิตไอศครีมถั่วเหลือง เท่ากับ 1.84 บาท / 100 กรัม ในการผลิตครั้งนี้อาจมีต้นทุนวัตถุดิบที่สูงกว่า เพราะ เป็นวัตถุดิบที่ซื้อในราคาขายปลีก ซึ่งถ้าเป็นการผลิตจำนวนมากในระบบอุตสาหกรรม จะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบลดลง เนื่องจากเกิดการประหยัดจากการผลิตในปริมาณการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนทั้งหมดของไอศครีมถั่วเหลืองลดลงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved