บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ตอนที่ 1 . ศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ของโยเกิร์ตนมข้าวโพดจากสูตรพื้นฐาน และทำการสำรวจเค้าโครงของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบชิม

เตรียมผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดตามสูตรพื้นฐานแล้วทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิม 10 คน ซึ่งผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษาปริญญาโท และเอกซึ่งผ่านการฝึกการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) โดยใช้แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Ideal ratio profile test

4.1.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมในการทำ Fixed Ideal

ผลที่ได้จากการทดสอบจากผู้ทดสอบชิม 10 คน ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ลักษณะที่มีผู้อธิบายมากกว่าหรือเท่ากับ 50% ขึ้นไปมีดังนี้

ลักษณะปรากฏ

- สี หมายถึง สีของโยเกิร์ตนมข้าวโพดซึ่งมีสีเหลืองนวล
- ความเรียบเนียน หมายถึง ลักษณะของเนื้อโยเกิร์ตที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่าว่ามีความหยาบเป็นเม็ดหรือเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน
- การแยกตัวของน้ำเวย์ หมายถึง ลักษณะที่โยเกิร์ตมีน้ำใสๆ แยกชั้นออกมาจากเนื้อโยเกิร์ตส่วนที่เป็นตะกอนนมหรือเคิร์ด (Curd)

เนื้อสัมผัส

- ความลื่นคอ หมายถึง ความรู้สึกที่สัมผัสได้ขณะที่โยเกิร์ตอยู่ในปาก และการกลืนผ่านลำคอลงไปสู่กระเพาะอาหารว่ามีความคล่องคอหรือลื่นคอมากน้อยแค่ไหน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ความข้นหนืด หมายถึง ลักษณะปรากฏที่สามารถรับรู้ได้โดยประสาทสัมผัสหรือเครื่องมือชี้บ่งบอกถึงคุณภาพในการเกิดตะกอนนมของโยเกิร์ตได้

กลิ่นและรสชาติ

- กลิ่นนมผง หมายถึง กลิ่นที่ได้จากนมผงซึ่งทำจากนมวัวโดยเติมลงไปในสูตรการผลิต
- กลิ่นข้าวโพด หมายถึง กลิ่นที่ได้จากน้ำนมข้าวโพดซึ่งให้กลิ่นที่เฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
- กลิ่นกรด หมายถึง กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการหมักโดยอาศัยการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)
- รสเปรี้ยว หมายถึง รสเปรี้ยวที่เกิดจากการสร้างกรดนมจากกระบวนการหมักที่สร้างกรดนมโดยเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)
- รสหวาน หมายถึง รสที่ได้จากการเติมน้ำตาลซูโครส และรสที่ได้จากตัววัตถุดิบ คือน้ำนมข้าวโพดจากข้าวโพดหวาน

การยอมรับโดยรวม หมายถึง การยอมรับลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 ผลการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ (Profile Test)

เมื่อได้ลักษณะทางประสาทสัมผัสตามข้อ 4.1.1 แล้วนั้น นำลักษณะทางประสาทสัมผัสดังกล่าวมาทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธี Ideal ratio profile technique ซึ่งได้ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสดังตาราง 4.1 และภาพ 4.1 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 ค่า Mean ratio scores ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

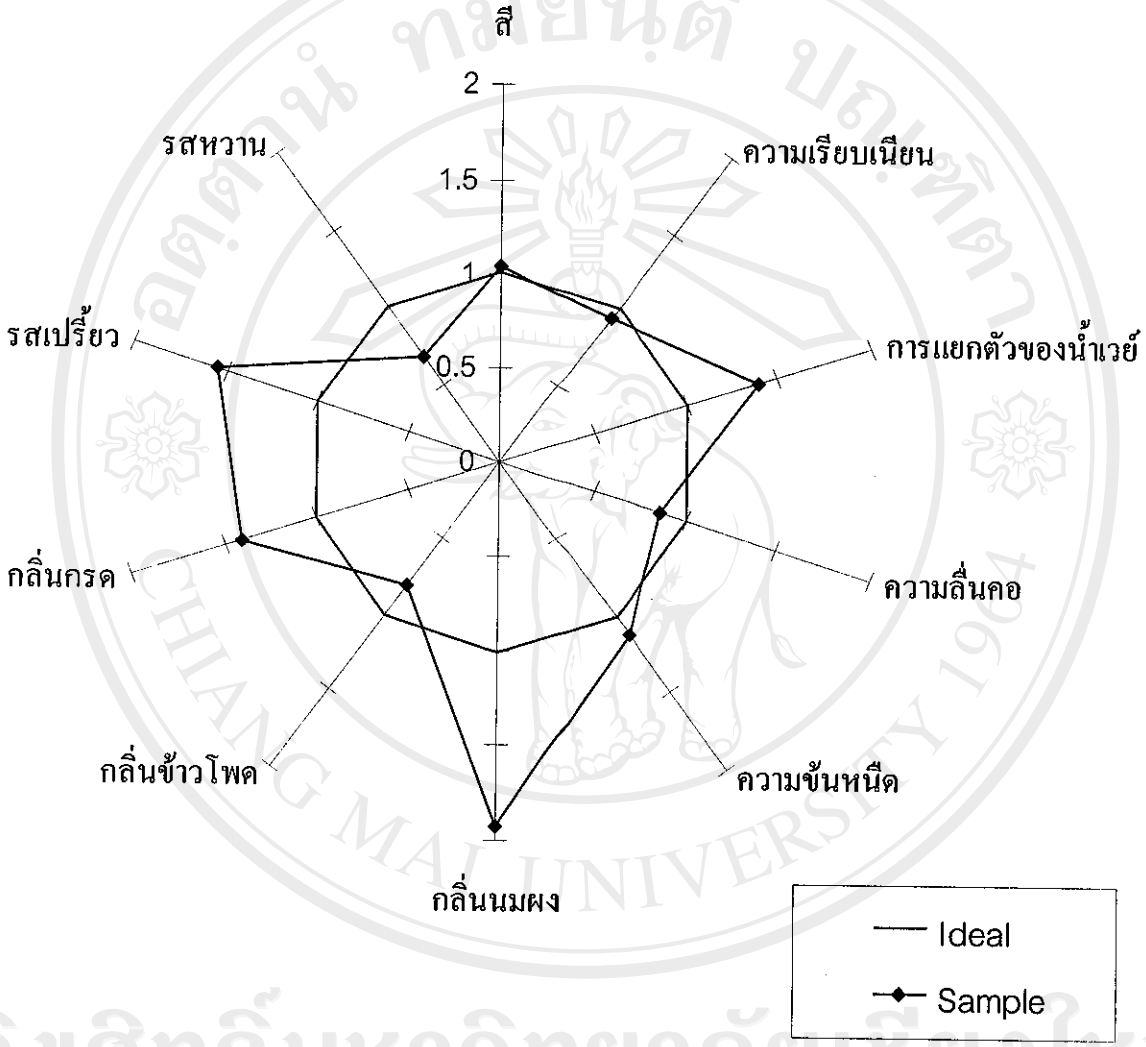
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ค่า Mean ratio scores
สี	1.04±0.15
ความเรียบเนียน	0.94±0.15
การแยกตัวของน้ำเวย์	1.38±0.41*
ความลื่นคอ	0.85±0.30
ความข้นหนืด	1.12±0.28
กลิ่นนมผง	1.93±1.33*
กลิ่นข้าวโพด	0.81±0.29
กลิ่นกรด	1.39±0.77*
รสเปรี้ยว	1.54±0.49*
รสหวาน	0.68±0.35*
การยอมรับรวม	0.55±0.15*

- ค่า Mean ideal ratio scores ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบชิม 10 คน

* แสดงลักษณะที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าในอุดมคติ

ภาพ 4.1 จะเห็นได้ว่าในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดนั้น ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ควรคำนึงถึงเป็นพิเศษ คือ การแยกตัวของน้ำเวย์ กลิ่นนมผง กลิ่นกรด รสเปรี้ยว และรสหวาน ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.1 เค้าโครงผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมี	ค่าสังเกตที่ทำการวัดได้
ค่าสี L	92.98±0.12
ค่าสี a	-6.73±0.08
ค่าสี b	32.80±0.13
ค่าความหนืด ($\times 10^4$ cp)	1.68±0.02
ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (%w/w)	18.83±1.50
ค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ (%w/w) (as lactic acid)	1.22±0.02
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	3.80±0.13
ค่าปริมาณน้ำตาลซูโครส (%w/w)	2.36±0.08
ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์(%w/w) (as invert sugar)	3.45±0.08
ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%w/w)	5.90±0.08

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ตอนที่ 2. พัฒนาสูตร และศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่างๆ ต่อคุณภาพ และการยอมทางด้านประสาทสัมผัส

- การคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์

โดยในขั้นตอนนี้เป็นการกลั่นกรอง หรือ ทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ และสูตรการผลิตของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ซึ่งได้แก่ส่วนผสมต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ และการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ นมผงขาดมันเนย หัวเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต น้ำตาลซูโครส เจลาติน อุณหภูมิในการหมัก และระยะเวลาในการหมัก ดังแสดงใน ตาราง 3.2

ผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนผสมต่างๆ ที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงระดับของการใช้ปัจจัยในแต่ละปัจจัยส่งผล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส ดังแสดงในตาราง 4.3 และตาราง 4.4 ตามลำดับ

ผลการทดลองโดยทำการกลั่นกรองปัจจัยต่างๆ ในส่วนผสมทั้ง 6 ปัจจัยจะเห็นได้ว่าอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรการผลิตที่มีผลกระทบต่อลักษณะทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยหลัก (Major factors) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนองในลักษณะต่างๆ (Response variables) ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด และปัจจัยรอง (Minor factors) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน แต่มีอิทธิพลน้อยกว่าปัจจัยหลัก ทั้งนี้นอกจากจะพิจารณาถึงจำนวนของลักษณะต่างๆ ที่มีผลกระทบแล้ว ยังพิจารณาถึงผลของปัจจัยดังกล่าวนั้นว่ามีความสำคัญต่อระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่น 85% ($P \leq 0.15$) ขึ้นไปทั้งนี้เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไปได้ ค่า t-test ที่มีค่าเป็นลบ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้นหมายความว่า เมื่อทำการเพิ่มระดับของปัจจัยนั้นๆ ขึ้นก็จะทำให้คุณภาพในลักษณะนั้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง และค่า t-test ที่มีค่าเป็นบวก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้นหมายความว่า เมื่อทำการเพิ่มระดับของปัจจัยนั้นๆ มากขึ้น จะส่งผลให้คุณภาพนั้นๆ ของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman แสดงไว้ในตาราง 4.3 ภาพ 4.2 a, b ตาราง 4.4 และตาราง 4.5 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

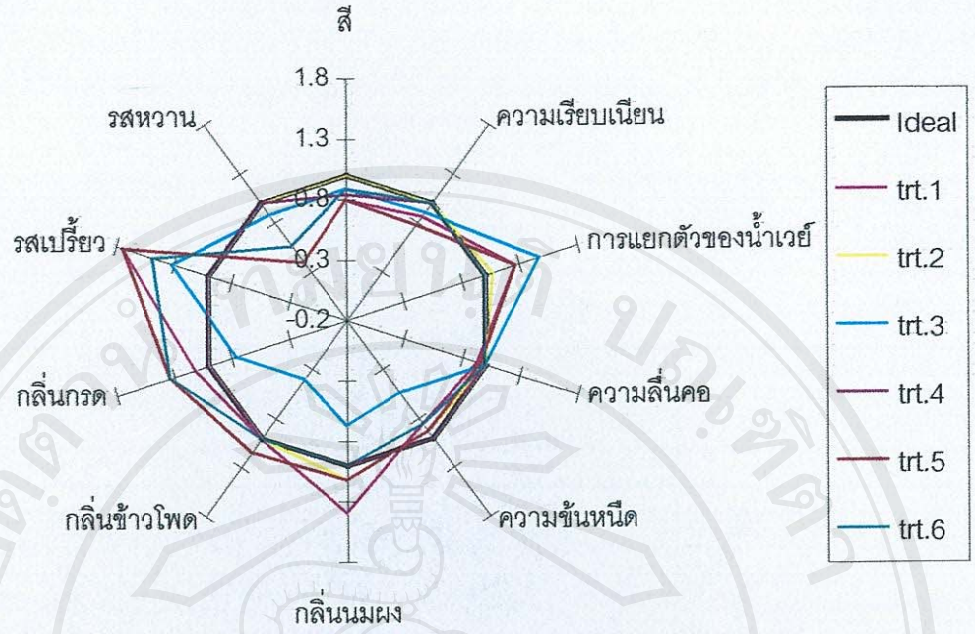
ตาราง 4.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดจากการทดลอง Plackett and Burmann โดยใช้วิธี Ideal ratio profile technique ในรูปของ Mean ideal ratio scores

สิ่งทดลอง	สี	ความเรียบเนียน	การแยกตัวของน้ำเวย์	ความลื่นคอ	ความข้นหนืด	กลิ่นนมผง	กลิ่นข้าวโพด	กลิ่นกรด	รสเปรี้ยว	รสหวาน	การยอมรับโดยรวม
1	0.80±0.16	0.87±0.15^{ab}	1.27±0.10^{b}	0.94±0.15	0.86±0.28^{cde}	1.39±0.28^{d}	1.00±0.28^{b}	1.11±0.12^{bc}	1.73±0.09^{c}	0.41±0.06^{a}	0.50±0.23^{a}
2	1.00±0.18	1.00±0.12^{b}	1.07±0.09^{a}	1.00±0.15	0.93±0.21^{de}	1.12±0.29^{cd}	0.97±0.37^{b}	1.00±0.37^{ab}	1.00±0.30^{a}	1.00±0.05^{e}	0.84±0.29^{e}
3	0.89±0.18	0.91±0.25^{ab}	1.47±0.11^{bc}	1.00±0.23	0.54±0.23^{b}	0.67±0.30^{ab}	0.39±0.29^{a}	0.76±0.29^{a}	1.31±0.22^{b}	0.88±0.13^{de}	0.75±0.17^{cde}
4	0.84±0.20	1.00±0.12^{b}	1.00±0.25^{a}	1.00±0.28	1.00±0.31^{e}	1.00±0.31^{bcd}	0.94±0.34^{b}	1.00±0.26^{ab}	1.00±0.27^{a}	1.00±0.23^{c}	0.79±0.15^{de}
5	0.80±0.22	0.78±0.15^{a}	1.20±0.09^{b}	0.96±0.17	0.93±0.28^{de}	1.16±0.15^{cd}	1.14±0.34^{b}	1.33±0.25^{bcd}	1.73±0.23^{c}	0.39±0.14^{a}	0.50±0.12^{a}
6	0.89±0.17	1.00±0.24^{b}	1.00±0.26^{a}	1.00±0.26	0.86±0.30^{cde}	1.00±0.28^{bcd}	1.00±0.28^{b}	1.33±0.32^{bcd}	1.47±0.27^{bc}	0.56±0.21^{abc}	0.59±0.25^{ab}
7	1.00±0.14	0.91±0.16^{ab}	1.47±0.26^{bc}	0.96±0.28	0.69±0.29^{bcd}	0.76±0.13^{abc}	1.20±0.29^{b}	1.57±0.33^{d}	1.59±0.26^{bc}	0.56±0.15^{abc}	0.60±0.13^{ab}
8	1.00±0.17	0.91±0.12^{ab}	1.27±0.26^{b}	0.96±0.29	0.73±0.31^{bcde}	0.76±0.30^{abc}	1.16±0.29^{b}	1.46±0.20^{cd}	1.65±0.32^{c}	0.52±0.15^{ab}	0.56±0.15^{ab}
9	1.00±0.15	0.87±0.18^{ab}	1.40±0.25^{bc}	1.00±0.15	0.61±0.20^{bc}	1.12±0.27^{cd}	0.39±0.32^{a}	1.22±0.26^{bcd}	1.31±0.23^{b}	0.78±0.13^{cde}	0.69±0.29^{bcd}
10	0.80±0.16	0.91±0.22^{ab}	1.31±0.11^{b}	0.96±0.16	0.86±0.33^{cde}	1.06±0.25^{bcd}	1.23±0.27^{b}	1.46±0.09^{cd}	1.59±0.15^{bc}	0.52±0.17^{ab}	0.56±0.13^{ab}
11	1.00±0.15	1.00±0.15^{b}	1.52±0.23^{bc}	0.94±0.28	0.59±0.15^{bc}	0.74±0.09^{abc}	1.14±0.29^{b}	1.40±0.12^{cd}	1.65±0.13^{c}	0.62±0.18^{bcd}	0.66±0.09^{bc}
12	1.00±0.22	1.00±0.15^{b}	1.67±0.15^{c}	0.94±0.32	0.24±0.12^{a}	0.55±0.30^{a}	1.00±0.12^{b}	1.00±0.27^{ab}	1.31±0.27^{b}	0.69±0.26^{bcd}	0.65±0.26^{bc}

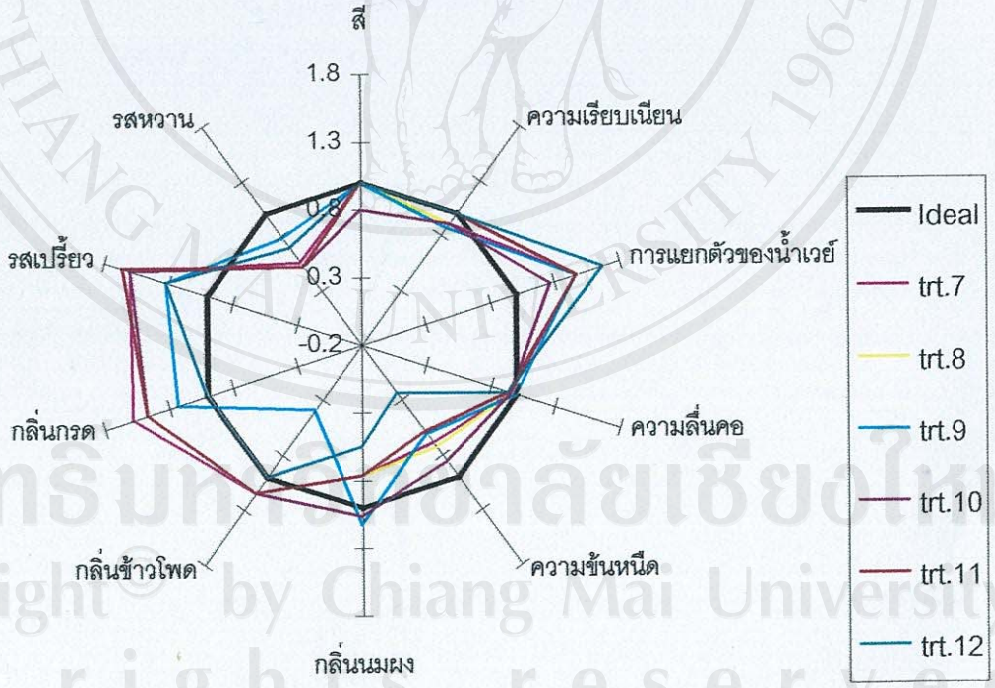
หมายเหตุ: * ค่า Mean ideal ratio scores ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(a)



(b)

ภาพ 4.2 a และ b เค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Plackett and Burmann; N = 12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ ของโยเกิร์ตนมข้าวโพดในการทดลองแบบ Plackett and Burman

สิ่ง ทดลอง	Total solid content (% w/w)	Total titratable acidity (%w/w as lactic acid)	pH (pH-meter)	Sucrose (%w/w)	Reducing sugar (%w/w as invert sugar)	Total sugar (%w/w)	L	a	b	viscosity (centipoise)
1	20.85±0.49^{c}	1.84±0.06^{h}	3.44±0.03^{b}	2.46±0.11^{a}	3.56±0.37^{bc}	6.22±0.09^{e}	90.68±0.69^{ef}	-6.54±0.69^{ef}	31.34±0.46^{ef}	11,250±56.57^{f}
2	26.90±0.14^{d}	1.18±0.02^{d}	3.96±0.03^{e}	3.89±0.06^{d}	4.72±0.08^{e}	8.40±0.23^{h}	91.06±0.06^{fg}	-6.41±0.03^{g}	29.61±0.05^{bc}	13,160±169.70^{i}
3	18.90±0.99^{bc}	1.01±0.05^{b}	4.28±0.02^{f}	3.33±0.10^{c}	4.17±0.08^{d}	7.64±0.26^{g}	86.97±0.91^{bc}	-6.84±0.08^{b}	31.22±0.69^{ef}	4,360±56.57^{d}
4	29.75±2.62^{e}	1.23±0.01^{de}	3.87±0.14^{d}	4.05±0.21^{d}	4.97±0.11^{e}	8.32±0.04^{h}	90.08±0.02^{de}	-6.89±0.03^{b}	29.69±0.26^{bc}	14,280±56.57^{j}
5	21.25±1.34^{c}	1.60±0.02^{g}	3.66±0.02^{c}	2.18±0.04^{a}	3.19±0.13^{b}	5.85±0.10^{d}	89.84±0.34^{d}	-6.60±0.03^{de}	29.95±0.26^{cd}	12,720±156.27^{h}
6	19.85±0.92^{c}	1.30±0.05^{f}	3.69±0.04^{c}	2.40±0.13^{a}	3.36±0.11^{b}	5.26±0.23^{c}	91.51±0.07^{g}	-6.40±0.04^{g}	30.46±0.11^{cde}	11,920±113.14^{g}
7	17.00±1.13^{ab}	1.34±0.07^{f}	3.38±0.08^{a}	2.17±0.08^{a}	2.41±0.18^{a}	4.60±0.08^{b}	85.01±0.42^{a}	-6.68±0.07^{cd}	29.88±0.57^{cd}	3,320±56.57^{b}
8	18.65±0.64^{abc}	1.12±0.03^{c}	4.32±0.01^{f}	2.26±0.04^{a}	2.50±0.08^{a}	6.32±0.23^{b}	84.93±0.83^{a}	-6.78±0.21^{bc}	31.53±1.98^{ef}	4,920±56.56^{e}
9	16.71±0.85^{ab}	1.00±0.03^{a}	4.26±0.01^{f}	3.05±0.06^{b}	3.62±0.28^{bc}	6.16±0.27^{e}	87.44±0.32^{c}	-7.16±0.11^{a}	32.09±0.05^{f}	3,520±43.56^{b}
10	24.40±1.70^{d}	1.64±0.05^{g}	3.42±0.01^{b}	2.20±0.26^{a}	2.46±0.53^{a}	4.66±0.08^{a}	90.24±0.02^{de}	-6.47±0.02^{fg}	31.06±0.07^{def}	11,360±113.14^{f}
11	20.15±0.92^{c}	1.26±0.02^{e}	3.32±0.05^{a}	2.92±0.06^{b}	3.20±0.03^{de}	6.12±0.04^{de}	86.21±0.01^{b}	-6.83±0.01^{b}	28.63±0.04^{ab}	4,320±59.23^{c}
12	16.05±0.21^{a}	1.05±0.01^{b}	4.28±0.01^{f}	3.04±0.09^{b}	3.90±0.04^{f}	6.76±0.15^{f}	86.33±0.08^{b}	-6.28±0.02^{h}	27.59±0.05^{a}	2,800±38.25^{a}

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P \leq 0.05$)

ตาราง 4.5 ค่า t ที่วิเคราะห์ได้จากผลการทดลอง Plackett and Burman และระดับนัยสำคัญทางสถิติของผลกระทบของส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด

Response Variables	Input Variables					
	Skim milk	Starter culture	Sugar	Gelatin	Temperature	Fermentation times
Viscosity	17.590e	ns	2.349d	ns	ns	ns
ค่าสี L	13.166e	ns	ns	ns	1.668b	-3.217e
ค่าสี a	1.636b	-3.390d	ns	ns	ns	ns
ค่าสี b	ns	ns	ns	1.402a	ns	ns
Total solid Content	3.445e	ns	ns	ns	ns	ns
Total Titratable Acidity	8.533e	1.817c	-2.133d	2.370d	ns	8.612e
pH	2.932e	ns	1.481c	ns	ns	-1.697b
Surcose	ns	ns	2.183d	ns	ns	-3.630e
Reducing Sugar	ns	- 1.842c	ns	ns	ns	-4.067e
Total Sugar	ns	ns	ns	ns	ns	-2.871e
สี	-3.911e	-1.853c	ns	ns	1.853c	ns
เรียบเนียน	ns	ns	ns	ns	ns	-1.767c
การแยกตัวเวย์	-4.130e	ns	ns	ns	ns	ns
ความลื่นคอ	ns	ns	ns	ns	ns	-2.803e
ความข้นหนืด	3.849e	ns	ns	ns	ns	ns
กลิ่นนมผง	6.839e	2.676e	-1.883c	3.072e	3.271e	ns
กลิ่นข้าวโพด	2.165d	-2.726e	ns	-2.726e	ns	3.848e
กลิ่นกรด	ns	ns	ns	ns	ns	3.008e
รสเปรี้ยว	ns	ns	-1.856c	ns	ns	5.015e
รสหวาน	ns	ns	2.779e	ns	ns	-5.220e
การยอมรับรวม	ns	ns	3.013e	ns	ns	-5.657e

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับตัวเลขในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

a = ค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 75% ($P \leq 0.25$) มีค่า = ± 1.301

b = ค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 80% ($P \leq 0.20$) มีค่า = ± 1.476

c = ค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 85% ($P \leq 0.15$) มีค่า = ± 1.699

d = ค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ($P \leq 0.10$) มีค่า = ± 2.015

e = ค่า t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) มีค่า = ± 2.571

ns = non-significant (ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ได้จากการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman; N = 12 นั้นทำให้ทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- **นมผงขาดมันเนย :** มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดทั้งในด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส โดยทำให้ค่าความหนืด ค่าสี L ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ (as lactic acid) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความข้นหนืด กลิ่นนมผง และกลิ่นข้าวโพด มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) เนื่องจากในน้ำนมมีปริมาณของโปรตีนที่สูงจึงทำให้ค่าความหนืด ความข้นหนืด และปริมาณของแข็งทั้งหมดมีปริมาณสูงเพิ่มขึ้น และปริมาณนมผงขาดมันเนยที่สูงขึ้นนั้น นอกจากนั้นยังส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ส่วนผลกระทบที่มีต่อค่าความสว่าง (L) นั้นเกิดจากสีของตัวนมผงขาดมันเนยที่ทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของนมผงขาดมันเนยที่ใช้ในสูตรการผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพด แล้วยังทำให้กลิ่นนมผง และกลิ่นข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนั้นแล้วนมผงขาดมันเนยยังมีผลทำให้คุณลักษณะของสี และการแยกตัวของน้ำเวย์ (whey off) ของโยเกิร์ตนมข้าวโพดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ถ้ามีการใช้ในปริมาณที่มากเกินระดับการใช้ที่เหมาะสม

- **ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น** จากการทดลองที่ได้ทำให้ทราบว่าปริมาณการใช้หัวเชื้อเริ่มต้นส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ทั้งในด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส ในลักษณะที่สำคัญๆ หลายๆ ลักษณะ เช่น ระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ระดับสูงจะส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ และส่งผลให้ ค่าสี a และปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) นอกจากนั้นยังส่งผลให้กลิ่นของนมผงมากขึ้นอีกด้วย และตรงกันข้ามทำให้กลิ่นข้าวโพดลดลงเมื่อระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ระดับสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **น้ำตาลซูโครส** ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ทั้งด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) โดยทำให้ ค่าความหนืด ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณน้ำตาลซูโครส รสหวาน และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้น และตรงกันข้ามจะทำให้ค่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ รสเปรี้ยว และกลิ่นนมผง มีค่าลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$)

- **ระยะเวลาในการหมัก** ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) โดยทำให้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ กลิ่นข้าวโพด กลิ่นเปรี้ยว และรสเปรี้ยว มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) โดยที่ถ้าใช้ระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดในระดับที่สูงจะส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะดังกล่าวให้มีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น และยังส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางด้าน ค่าสี L ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณน้ำตาลซูโครส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ความเรียบเนียน ความลื่นคอ รสหวาน และการยอมรับโดยรวม ในทางด้านลบคือถ้าเพิ่มระดับการใช้ ระยะเวลาในการหมักสูงขึ้นจะส่งผลทำให้คุณลักษณะดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ดังนั้นในการศึกษาระดับการใช้ระยะเวลาในการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด อย่างละเอียดจะส่งผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

ส่วนปัจจัยที่เหลือคือ เจลาติน และอุณหภูมิในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด นั้นจัดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อย (Minor effect) เนื่องจากเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปัจจัยดังกล่าวกระทบกับบางคุณภาพ และส่วนใหญ่เป็นค่าที่ไม่สำคัญมากนักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และระดับความเชื่อมั่นที่กระทบกับค่าดังกล่าวนั้นเป็นระดับความเชื่อมั่นที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจจะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์จึงทำการศึกษาเฉพาะส่วนของปัจจัยหลัก (Main factor) เท่านั้นส่วนปัจจัยรอง คือ เจลาติน กับ อุณหภูมิในการหมัก นั้นให้คงไว้ที่ระดับต่ำ

ดังนั้นจึงนำปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่กลั่นกรองได้นั้นมาทำการศึกษาระดับการใช้ของปัจจัยต่อไป คือ นมผงขาดมันเนย หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น น้ำตาลซูโครส และระยะเวลาในการหมัก โดยกำหนดช่วงระดับปริมาณที่ต้องการศึกษาดังนี้ นมผงขาดมันเนย กำหนดช่วงในการศึกษาเป็น 5.00 – 9.00% หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น 3.00 - 5.00% น้ำตาลซูโครส 5.00 – 9.00% และระยะเวลาในการหมัก 6.00 – 14.00 ชั่วโมง และกำหนดปัจจัยอื่นให้คงที่ คือ เจลาติน 0.10% และ อุณหภูมิในการหมักที่ 37 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ตอนที่ 3. ศึกษาระดับการใช้ส่วนผสมที่เป็นปัจจัยหลักในการผลิต

- **การทดลองที่ 3.1 ศึกษาระดับการใช้ของหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและระยะเวลาในการหมัก**

กำหนดปัจจัย A, C, D และ F เป็นปัจจัยคงที่ โดยกำหนดระดับของปัจจัย D และ F ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 2 (Plackett and Burmann; N = 12) ส่วนปัจจัย A และ C เป็นการเลือกใช้ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการพิจารณาการทดลองที่ผ่านมา ดูจากระดับของปัจจัยที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดในแต่ละค่าสังเกต ทำให้ทราบว่าที่ระดับของปัจจัย A และ C ที่ระดับสูง คือ 9.00% จะให้ผลตอบสนองต่อค่าสังเกตที่ดีกว่าระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.15$) ทำการวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design with 2 centerpoints และกำหนดให้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดสูตรและกระบวนการทดลองไว้ในตาราง 3.3, 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พร้อมทั้งการวิเคราะห์ผลทางสถิติของแต่ละสิ่งทดลองได้แสดงไว้ในตาราง 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ พร้อมทั้งแสดงเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองเทียบกับเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal) ที่ผู้ทดสอบชิมคาดหวังจากตัวผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพ 4.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตนมข้าวโพดจากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก

สิ่งทดลอง	สี	ความเรียบเนียน	การแยกตัวของน้ำเวย์	ความลื่นคอ	ความข้นหนืด	กลิ่นนมผง	กลิ่นข้าวโพด	กลิ่นกรด	รสเปรี้ยว	รสหวาน	การยอมรับโดยรวม
1	0.80±0.16	0.93±0.15	0.96±0.10	0.94±0.15	0.86±0.28^{b}	0.81±0.28^{b}	1.00±0.28^{a}	0.75±0.12^{a}	0.71±0.09^{a}	1.08±0.06^{b}	0.61±0.23^{b}
2	0.80±0.18	0.96±0.12	1.00±0.09	0.96±0.15	0.90±0.41^{b}	0.80±0.29^{b}	1.00±0.37^{a}	0.73±0.37^{a}	0.73±0.30^{a}	1.12±0.05^{b}	0.60±0.29^{b}
3	0.84±0.18	0.98±0.25	1.00±0.11	1.00±0.23	0.69±0.23^{a}	0.54±0.30^{a}	1.28±0.29^{b}	1.20±0.29^{c}	1.34±0.22^{c}	0.77±0.13^{a}	0.38±0.17^{a}
4	0.86±0.20	1.00±0.12	1.01±0.25	1.00±0.28	0.67±0.31^{a}	0.54±0.31^{a}	1.28±0.34^{b}	1.22±0.26^{c}	1.34±0.27^{c}	0.73±0.23^{a}	0.38±0.15^{a}
5	0.88±0.22	1.00±0.15	1.08±0.09	1.00±0.17	0.93±0.28^{c}	0.77±0.15^{b}	1.09±0.34^{ab}	1.02±0.25^{b}	1.03±0.23^{b}	1.01±0.14^{b}	0.72±0.12^{c}
6	0.88±0.17	1.00±0.24	1.07±0.26	1.00±0.26	0.94±0.30^{c}	0.78±0.28^{b}	1.08±0.28^{ab}	1.00±0.32^{b}	0.99±0.27^{b}	1.02±0.21^{b}	0.73±0.25^{c}

หมายเหตุ : * ค่า Mean ideal ratio scores ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

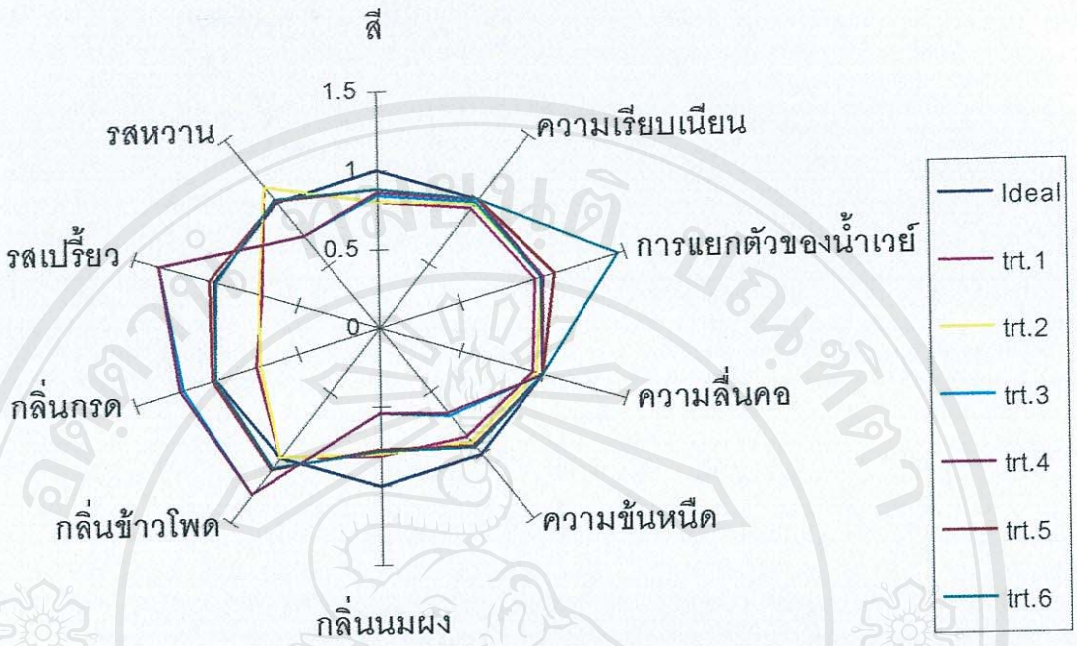
ตาราง 4.7 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ ของโยเกิร์ตนมข้าวโพดจากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก

สิ่งทดลอง	Total solid content (% w/w)	Total titratable acidity (% w/w as lactic acid)	pH (pH-meter)	Sucrose (% w/w)	Reducing sugar (% w/w as invert sugar)	Total sugar (% w/w)	L	a	b	viscosity (centipoise)
1	20.10±0.49	1.16±0.06^{a}	3.93±0.03^{c}	3.97±0.11^{c}	4.60±0.37^{c}	8.36±0.09^{b}	90.87±0.69^{c}	-6.48±0.69	30.48±0.46	4,120±56.57^{a}
2	20.42±0.14	1.34±0.02^{a}	3.93±0.03^{c}	4.09±0.06^{c}	4.74±0.08^{d}	8.10±0.23^{b}	90.79±0.06^{c}	-6.86±0.03	30.46±0.05	4,205±56.57^{a}
3	20.00±0.99	1.79±0.01^{b}	3.31±0.02^{a}	2.35±0.10^{a}	3.50±0.08^{a}	4.22±0.26^{a}	84.68±0.91^{a}	-6.50±0.08	30.20±0.60	11,205±56.57^{b}
4	20.08±2.62	1.74±0.01^{b}	3.22±0.14^{a}	2.34±0.21^{a}	3.38±0.11^{a}	4.55±0.04^{b}	86.75±0.02^{ab}	-6.73±0.03	30.70±0.26	12,210±169.70^{b}
5	20.12±1.34	1.32±0.02^{a}	3.66±0.01^{b}	3.34±0.04^{b}	4.18±0.13^{b}	6.60±0.10^{c}	88.40±0.34^{bc}	-6.56±0.03	32.31±0.26	14,770±124.22^{c}
6	20.08±0.92	1.27±0.01^{a}	3.70±0.01^{b}	3.42±0.13^{b}	4.20±0.11^{b}	6.70±0.23^{c}	89.80±0.07^{c}	-6.84±0.04	29.84±0.11	16,220±113.14^{c}

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 เค้าโครงผลิตภัณฑ์จากการศึกษาระดับการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ตาราง 4.6) พบว่าระดับการใช้ของปัจจัย (F) คือ ระยะเวลาในการหมัก มีผลตอบสนองต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสามารถแสดงในรูปของสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) ได้ดังนี้

(1) ความข้นหนืด = $0.935 - 0.1(F) - 0.155(F)^2$ $R^2 = 0.9970$

(2) กลิ่นนมผง = $0.775 - 0.133(F) - 0.102(F)^2$ $R^2 = 0.9970$

(3) กลิ่นข้าวโพด = $1.085 + 0.14(F)$ $R^2 = 0.9970$

(4) กลิ่นกรด = $1.010 + 0.235(F)$ $R^2 = 0.9960$

(5) รสเปรี้ยว = $1.010 + 0.310(F)$ $R^2 = 0.9900$

(6) รสหวาน = $1.015 - 0.195(F)$ $R^2 = 0.9980$

(7) การยอมรับโดยรวม = $0.725 - 0.112(F)$ $R^2 = 0.9980$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมี (ตาราง 4.7) พบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับการใช้ปัจจัยทั้งสอง คือ หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมัก มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation regression) ได้ดังนี้

(1) กรดทั้งหมด (% w/w as lactic acid)	=	$1.295 + 0.258(F) + 0.213(F)^2$	$R^2 = 0.9820$
(2) pH	=	$3.265 - 0.125(F)$	$R^2 = 0.9560$
(3) น้ำตาลซูโครส (% w/w)	=	$3.380 - 0.843(F)$	$R^2 = 0.9940$
(4) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w as invert sugar)	=	$4.190 - 0.615(F)$	$R^2 = 0.9999$
(5) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w)	=	$6.650 - 0.192(F)$	$R^2 = 0.9980$

ในการคำนวณหาปริมาณการใช้ของปัจจัยที่เหมาะสมนั้น จะนำเอาสมการที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาค่า R^2 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาว่าสมการถดถอยนั้นๆ มีความแม่นยำในการคาดคะเนผลเพียงใดมาทำการถอดรหัสของตัวแปรของแต่ละสมการ เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น ลักษณะในอุดมคติของผลิตภัณฑ์มากที่สุด การพิจารณาจะเลือกสมการถดถอยที่มีค่า R^2 สูง (มีค่าเข้าใกล้ 1) มาทำการถอดรหัส (Decoding) ของตัวแปรของสมการ Coded equation ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำเอาสมการ Coded equation มาแก้สมการโดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ตัวแปรเข้ารหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัย})/2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัย} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัย})/2}$$

แล้วนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสไปแทนค่าในสมการ Coded equation และแก้ไขสมการได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) ซึ่งสามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นได้ แต่การคาดคะเนจะต้องไม่ทำในช่วงที่เกินจากช่วงระดับสูงต่ำที่ได้จากการทดลองเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของสมการที่ถอดรหัสแล้ว แสดงดังต่อไปนี้

(1) ความข้นหนืด	=	$1.035 + 0.005(F) - 0.002(F)^2$	$R^2 = 0.9970$
(2) กลิ่นนมผง	=	$0.416 + 0.117(F) - 0.006(F)^2$	$R^2 = 0.9970$
(3) กลิ่นข้าวโพด	=	$0.735 + 0.035(F)$	$R^2 = 0.9970$
(4) กลิ่นกรด	=	$0.422 + 0.059(F)$	$R^2 = 0.9960$
(5) รสเปรี้ยว	=	$0.235 + 0.078(F)$	$R^2 = 0.9900$
(6) รสหวาน	=	$0.811 + 0.037(F) - 0.002(F)^2$	$R^2 = 0.9980$
(7) การยอมรับโดยรวม	=	$-0.451 + 0.263(F) - 0.015(F)^2$	$R^2 = 0.9980$
(8) กรดทั้งหมด (% w/w)	=	$1.981 - 0.202(F) + 0.013(F)^2$	$R^2 = 0.9820$
(9) pH	=	$4.116 - 0.049(F)$	$R^2 = 0.9560$
(10) น้ำตาลซูโครส (% w/w)	=	$5.487 - 0.211(F)$	$R^2 = 0.9940$
(11) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w)	=	$5.728 - 0.154(F)$	$R^2 = 0.9999$
(12) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w)	=	$7.131 - 0.048(F)$	$R^2 = 0.9980$

จากสมการที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) สามารถนำไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น โดยแทนค่าระดับปริมาณการใช้ระยะเวลาในการหมัก ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio score เข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุด คือ เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ในกรณีของการตอบสนองของลักษณะที่ได้จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส นำสมการที่ถอดรหัสแล้วมาแทนค่าระดับการใช้ระยะเวลาในการหมัก ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ 6 - 14 ชั่วโมง เพื่อคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังนี้

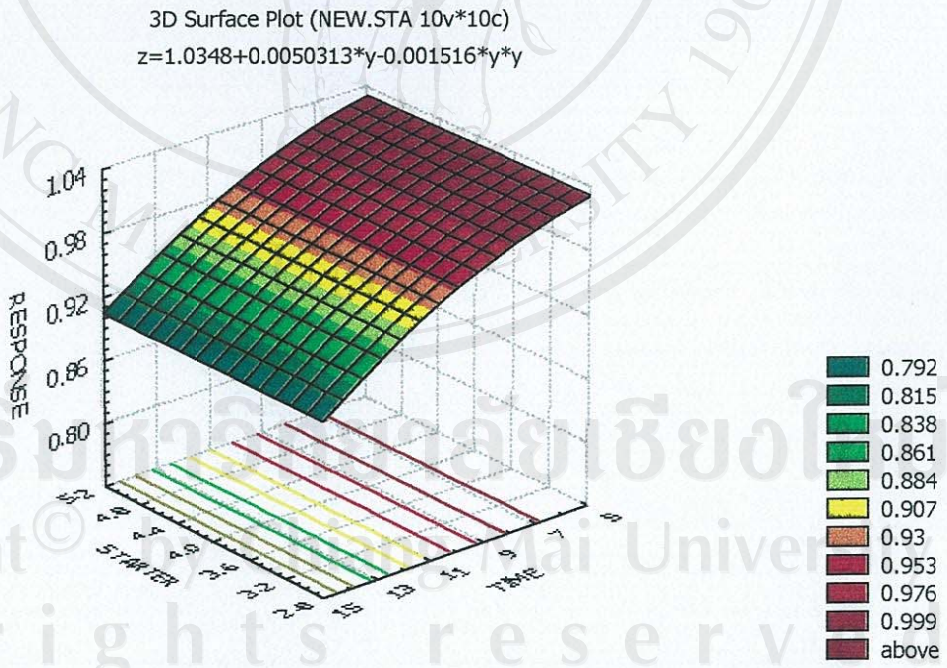
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ความข้นหนืด = $1.035 + 0.005(F) - 0.002(F)^2$ $R^2 = 0.9970$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	1.011	f(7)	=	0.996
f(8)	=	0.979	f(9)	=	0.958
f(10)	=	0.935	f(11)	=	0.908
f(12)	=	0.879	f(13)	=	0.846
f(14)	=	0.811			

จากการแทนค่าในสมการของความข้นหนืด แสดงให้เห็นว่าการใช้ ระยะเวลาในการหมักที่ระดับค่อนไปทางระดับต่ำ (7 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะความข้นหนืดเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.4 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะความข้นหนืด

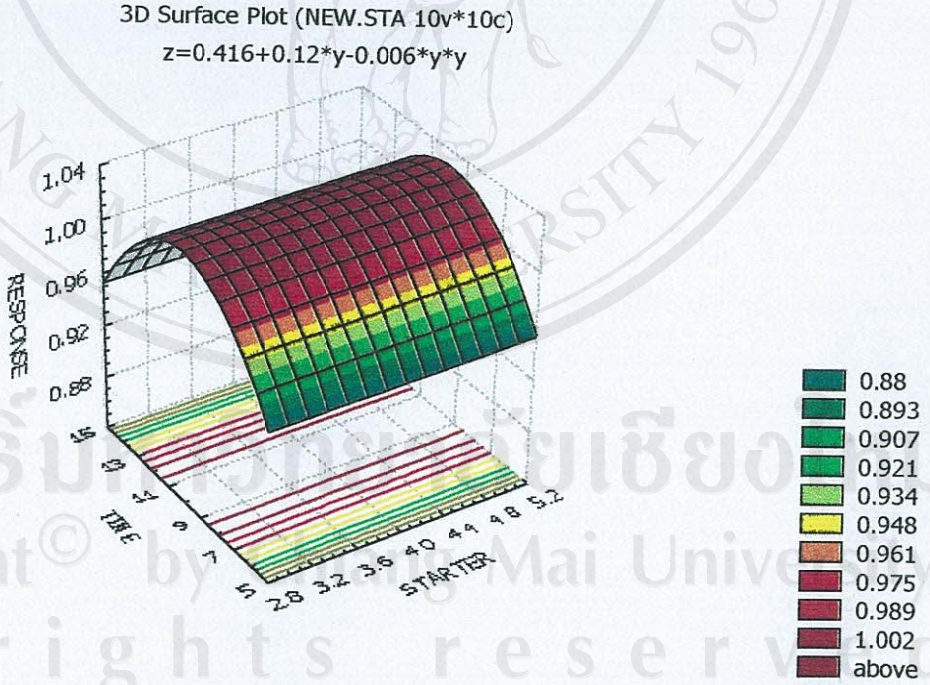
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) กลิ่นนมผง = $0.416 + 0.12(F) - 0.006(F)^2$ $R^2 = 0.9970$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.920	f(7)	=	0.926
f(8)	=	0.992	f(9)	=	1.010
f(10)	=	1.016	f(11)	=	1.010
f(12)	=	0.992	f(13)	=	0.962
f(14)	=	0.920			

จากการแทนค่าในสมการของกลิ่นนมผง แสดงให้เห็นว่าการใช้ ระยะเวลาในการหมักที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (9 - 11ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นนมผงเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.5 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นนมผง

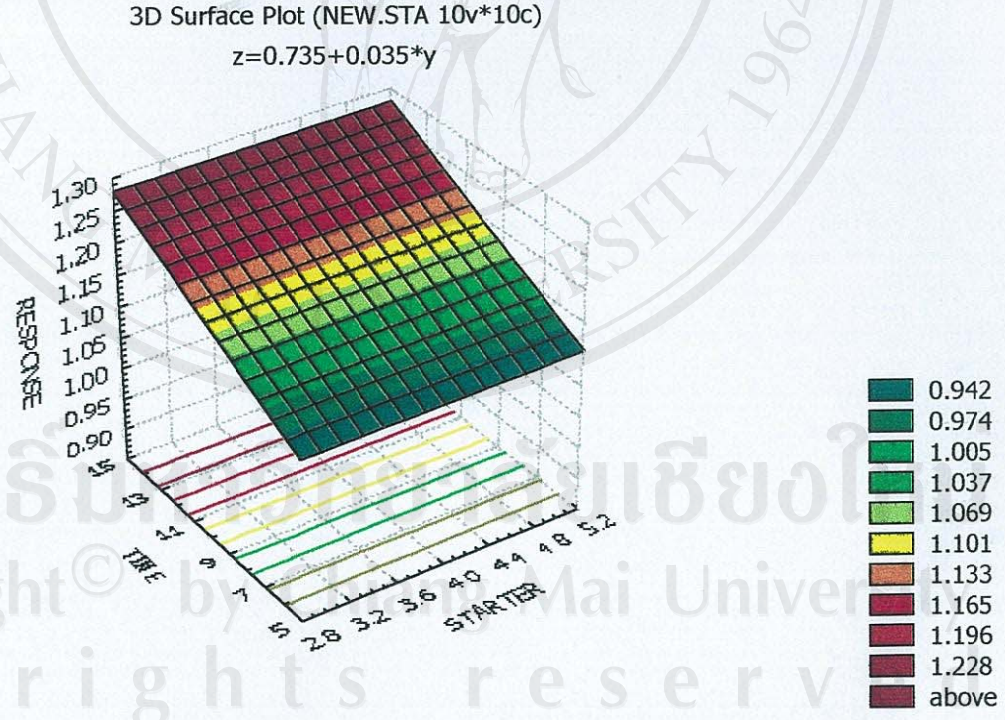
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) กลิ่นข้าวโพด = 0.735 + 0.035(F) $R^2 = 0.9970$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.945	f(7)	=	0.980
f(8)	=	1.015	f(9)	=	1.050
f(10)	=	1.085	f(11)	=	1.120
f(12)	=	1.155	f(13)	=	1.190
f(14)	=	1.225			

จากการแทนค่าในสมการของกลิ่นข้าวโพด แสดงให้เห็นว่าการใช้ ระยะเวลาในการหมักที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (8 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นข้าวโพดเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.6 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นข้าวโพด

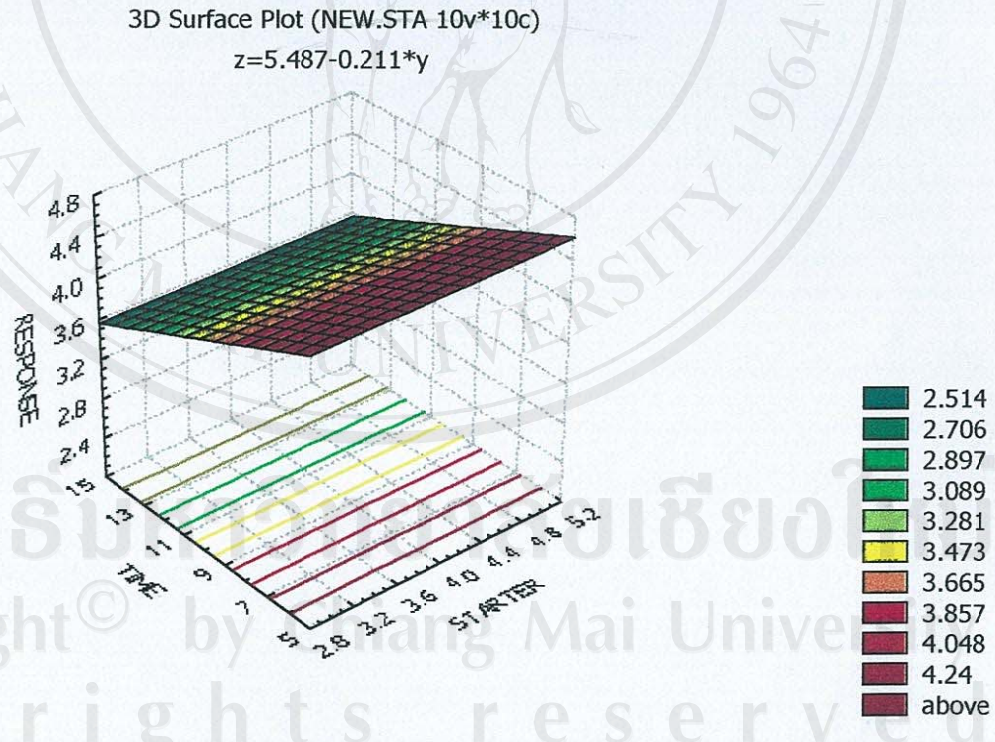
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(4) กลิ่นกรด = 0.422 + 0.059(F) $R^2 = 0.9960$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.775	f(7)	=	0.834
f(8)	=	0.892	f(9)	=	0.951
f(10)	=	1.010	f(11)	=	1.069
f(12)	=	1.127	f(13)	=	1.186
f(14)	=	1.245			

เมื่อแทนค่าในสมการของกลิ่นกรด แสดงให้เห็นว่าการใช้ ระยะเวลาในการหมักที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะ กลิ่นกรด เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.7 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นกรด

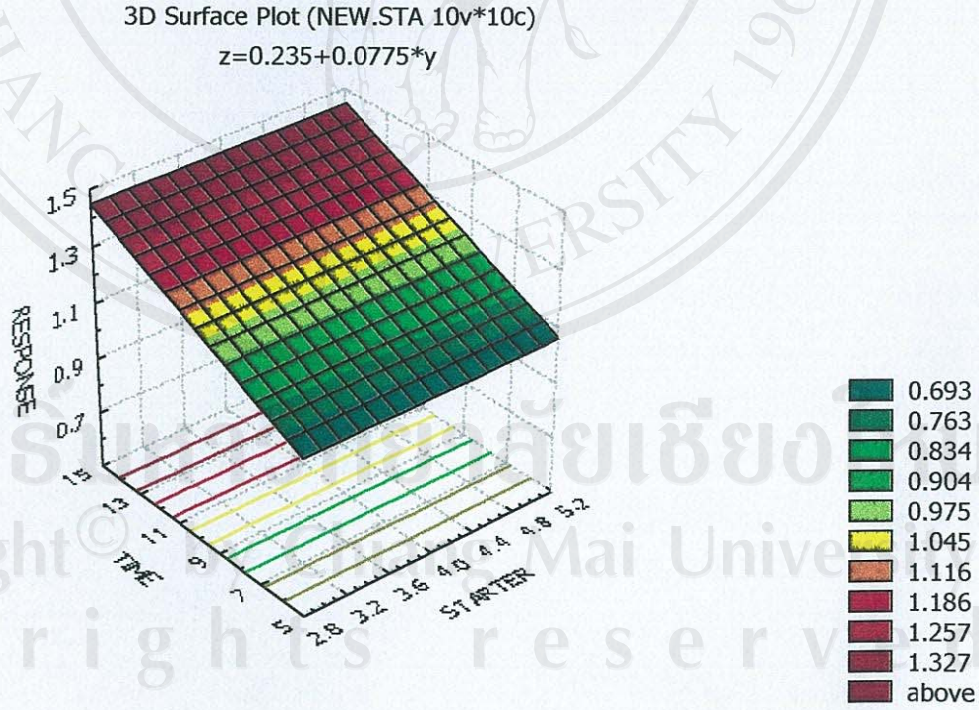
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) รสเปรี้ยว = 0.235 + 0.078(F) $R^2 = 0.9900$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.700	f(7)	=	0.777
f(8)	=	0.855	f(9)	=	0.933
f(10)	=	1.010	f(11)	=	1.087
f(12)	=	1.165	f(13)	=	1.243
f(14)	=	1.320			

ในการแทนค่าในสมการของรสเปรี้ยว แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการหมักที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะ รสเปรี้ยว เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.8 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะรสเปรี้ยว

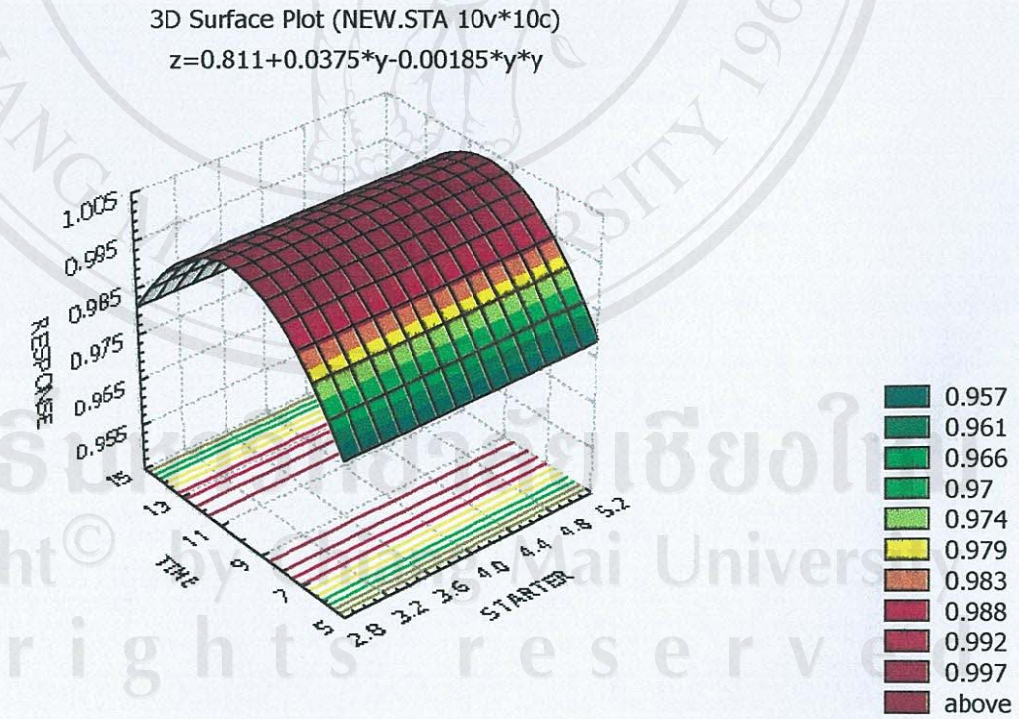
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(6) รสหวาน = $0.811 + 0.0375(F) - 0.00185(F)^2$ $R^2 = 0.9980$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.969	f(7)	=	0.983
f(8)	=	0.993	f(9)	=	0.999
f(10)	=	1.001	f(11)	=	1.000
f(12)	=	0.995	f(13)	=	0.986
f(14)	=	0.973			

การแทนค่าในสมการของรสหวาน แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการหมัก ที่ค่อนไปทางระดับกลาง (10, 11 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะ รสหวาน เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.9 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะรสหวาน

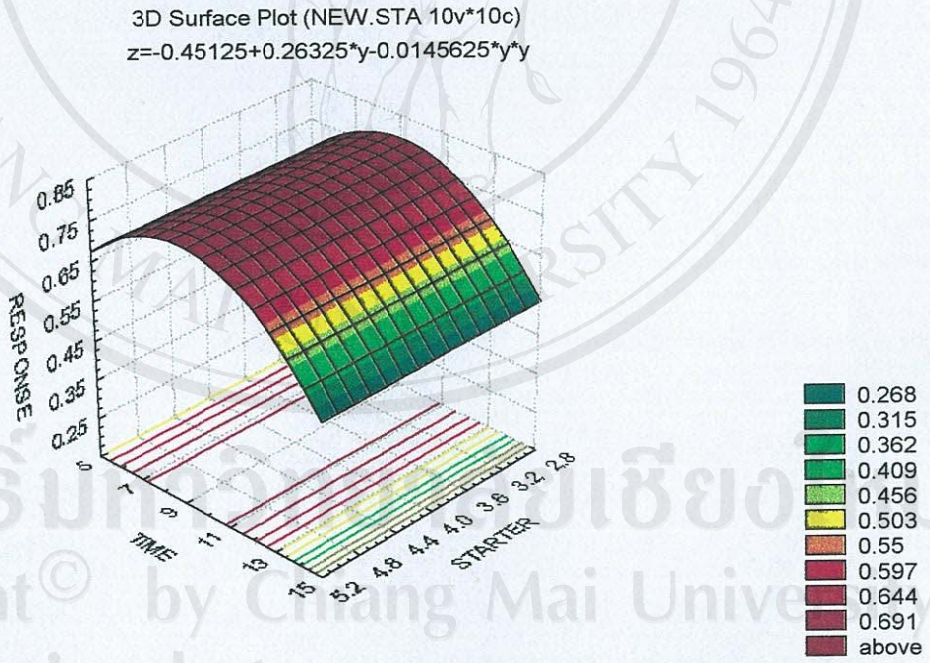
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(7) การยอมรับโดยรวม = $-0.451 + 0.263(F) - 0.015(F)^2$ $R^2 = 0.9980$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	0.604	f(7)	=	0.678
f(8)	=	0.723	f(9)	=	0.725
f(10)	=	0.738	f(11)	=	0.682
f(12)	=	0.611	f(13)	=	0.510
f(14)	=	0.380			

ในการแทนค่าในสมการของการยอมรับโดยรวม แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการหมักที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะการยอมรับโดยรวมเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.10 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะการยอมรับโดยรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(8) กรดทั้งหมด (% w/w as lactic acid) = $1.981 - 0.202(F) + 0.013(F)^2$ $R^2 = 0.9820$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6) = 1.250

f(7) = 1.221

f(8) = 1.219

f(9) = 1.244

f(10) = 1.295

f(11) = 1.373

f(12) = 1.477

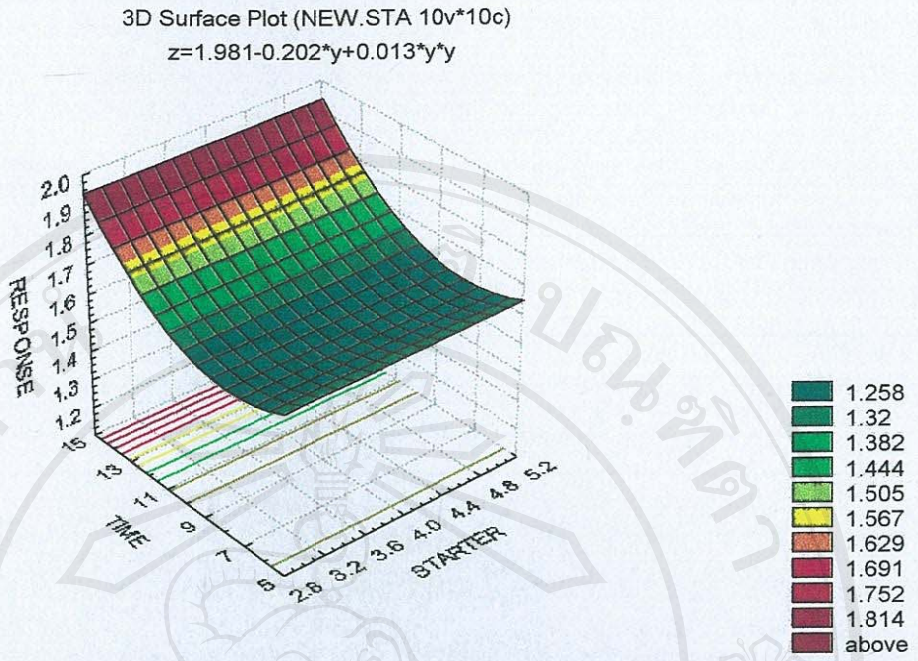
f(13) = 1.608

f(14) = 1.766

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.6 และตาราง 4.7) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสเปรี้ยว ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.27% และแทนค่าในสมการถอดถอยของปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือการใช้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.11 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้

(9) pH = 4.116 – 0.049(F) $R^2 = 0.9560$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6) = 3.822

f(7) = 3.773

f(8) = 3.724

f(9) = 3.675

f(10) = 3.626

f(11) = 3.577

f(12) = 3.528

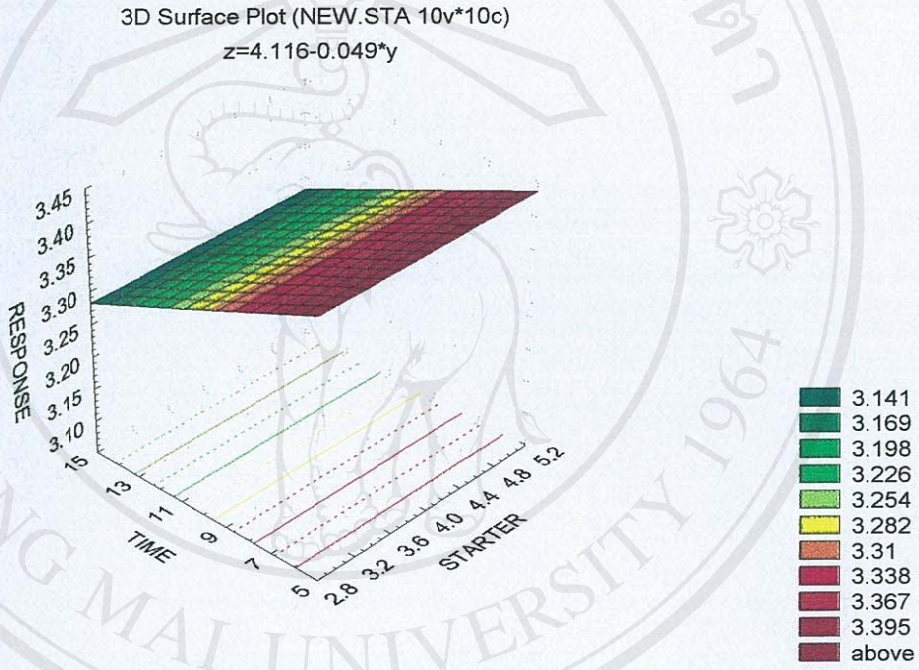
f(13) = 3.479

f(14) = 3.430

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.6 และตาราง 4.7) ทำให้ทราบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสเปรี้ยว ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.70 และทำการแทนค่าในสมการถอดถอยของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

พบว่าระดับการใช้ที่สามารถทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด คือ การใช้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ระดับกลาง (9 - 10 ชั่วโมง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.12 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(10) น้ำตาลซูโครส (% w/w) = 5.487 - 0.211(F) $R^2 = 0.9940$

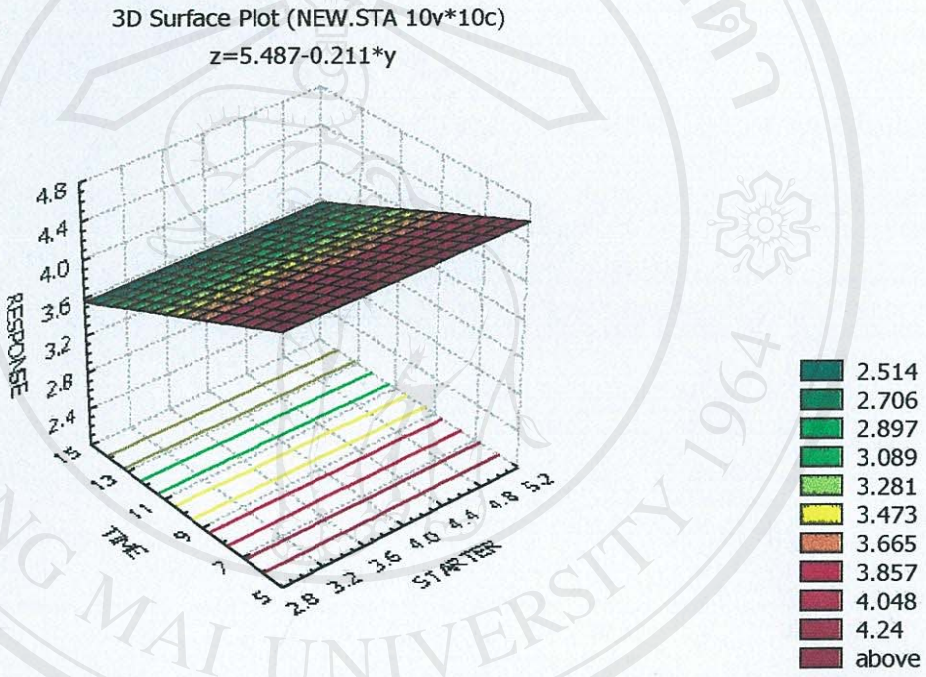
แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	4.223	f(7)	=	4.012
f(8)	=	3.801	f(9)	=	3.591
f(10)	=	3.380	f(11)	=	3.169
f(12)	=	2.658	f(13)	=	2.748
f(14)	=	2.537			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.6 และตาราง 4.7) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสหวานที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 3.34% และทำการแทนค่าในสมการถดถอยของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครส

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมซึ่งสามารถทำให้ค่าปริมาณน้ำตาลซูโครสมีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด คือการใช้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.13 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลซูโครส

(11) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w) = 5.728 - 0.154(F) $R^2 = 0.9999$

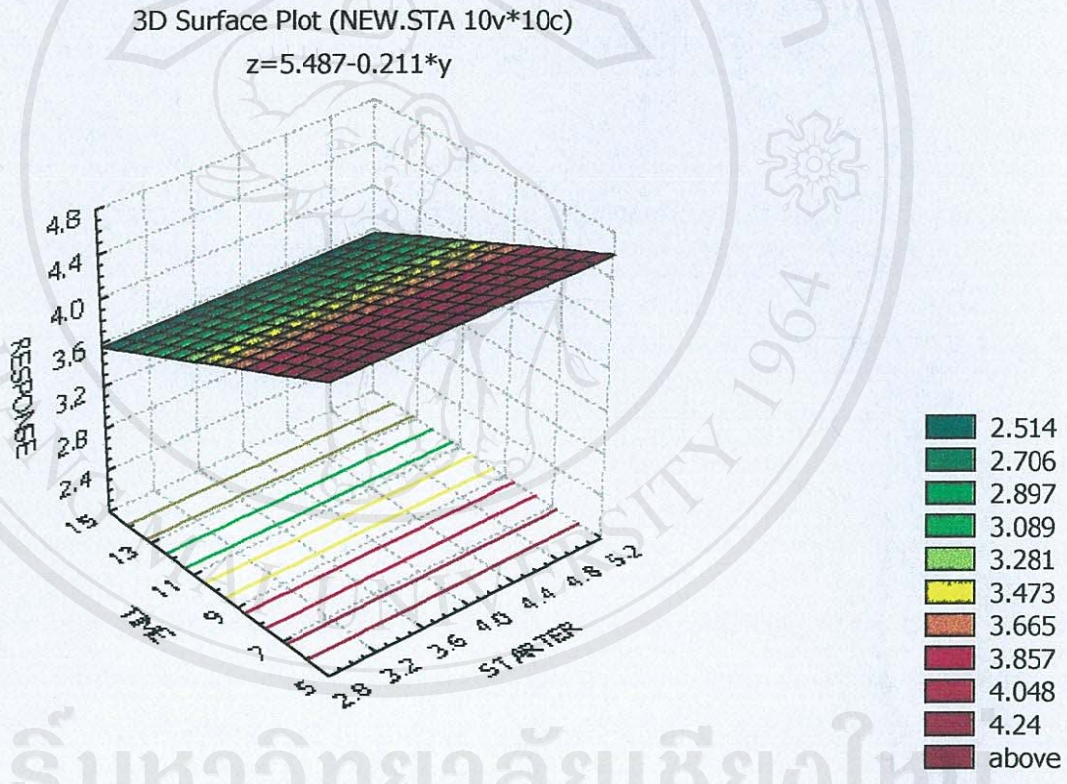
แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	4.805	f(7)	=	4.651
f(8)	=	4.498	f(9)	=	4.344
f(10)	=	4.190	f(11)	=	4.036
f(12)	=	3.883	f(13)	=	3.729
f(14)	=	3.575			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.6 และตาราง 4.7) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสหวาน ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 4.18% และทำการแทนค่าในสมการถอดถอยของค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

พบว่าระดับการใช้ที่สามารถทำให้ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด คือการใช้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.14 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

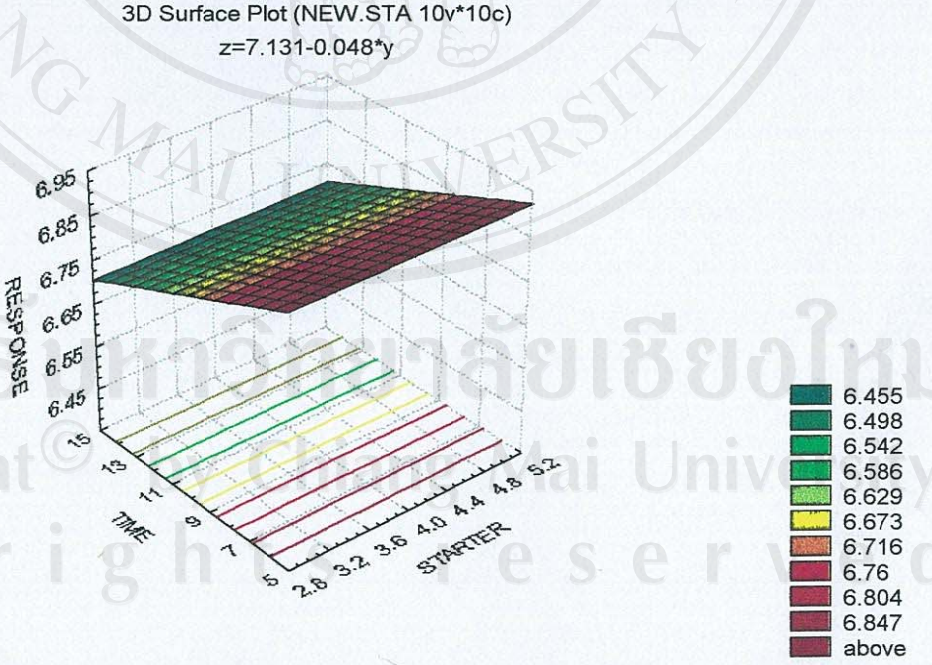
(12) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w) = 7.131 - 0.048(F) $R^2 = 0.9980$

แทนค่าระยะเวลาในการหมักตั้งแต่ 6 - 14 ชั่วโมง ได้ผลดังนี้

f(6)	=	6.842	f(7)	=	6.794
f(8)	=	6.746	f(9)	=	6.698
f(10)	=	6.650	f(11)	=	6.602
f(12)	=	6.554	f(13)	=	6.506
f(14)	=	6.458			

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.6 และตาราง 4.7) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสหวาน ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) มีค่าเท่ากับ 6.60% และทำการแทนค่าในสมการถดถอยของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

พบว่าระดับการใช้ที่ทำให้ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด คือการใช้ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ระดับกลาง (10 ชั่วโมง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.15 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองเมื่อแทนค่าของระดับของปัจจัย คือ ระยะเวลาในการหมัก (ชั่วโมง) ในสมการถดถอยต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยเลือกสมการที่มีค่า R^2 เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ผลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าการทดสอบทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีสมการถดถอย ถึง 11 สมการที่มีความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear effect) และแบบเชิงเส้นโค้ง (Quadratic effect)

เมื่อแทนค่าช่วงของระดับปัจจัยที่ทำการศึกษาลงในสมการถดถอยที่ได้แล้วพบว่า ระยะเวลาในการหมัก (ชั่วโมง) นั้นส่วนใหญ่จะใช้ปัจจัยในระดับกลาง คือ 10 ชั่วโมง และมีบางสมการที่ให้ผลว่าควรใช้ระดับปัจจัยที่ระดับต่ำ ดังนั้นจึงต้องเลือกสมการถดถอย หรือ คุณลักษณะใดๆ เป็นตัวแทนของการทดลองที่ให้ผลใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาดูความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างๆ ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเป็นหลัก ว่าคุณลักษณะใดบ้างมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการนำคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส คือ สี ความเรียบเนียน การแยกตัวของน้ำเวย์ ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นนมผง กลิ่นข้าวโพด กลิ่นกรด รสเปรี้ยว และรสหวาน มาทำการวิเคราะห์รีเกรสชั่นกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

การยอมรับโดยรวม = -1.546 + 2.71(กลิ่นนมผง) + 0.554(รสเปรี้ยว) – 0.383(รสหวาน)

R^2 =0.9999

ในการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์และสามารถอธิบาย ความเป็นผลิตภัณฑ์ในแง่ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสได้ดี และครอบคลุมที่สุดกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ได้แก่ กลิ่นนมผง รสเปรี้ยว และรสหวาน จากนั้นนำสมการถดถอยที่ได้จากทั้ง 3 คุณลักษณะ ดังกล่าวที่ได้มาหาจุดที่เหมาะสม (Optimization) ของระดับการใช้ปัจจัย ภายในช่วงของระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา (6 - 14 ชั่วโมง) โดยการทำ Partial derivative กับสมการถดถอยที่ได้จากสมการดังกล่าวคือ กลิ่นนมผง รสเปรี้ยว และรสหวาน

เนื่องจากรูปแบบหุ่นลำดับที่สอง (คือมีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง; Quadratic effect) แสดงให้เห็นว่าเป็นสมการที่ดีที่สามารถอธิบายความสอดคล้องของข้อมูลที่ดี ดังนั้นจะใช้สมการดังกล่าวในการค้นหาระดับที่เหมาะสมดังนี้ โดยกำหนดให้ $\hat{Y}$ (สมการถดถอย) เป็นฟังชั่นของ X (ตัวแปรที่ศึกษา) กำหนด Partial derivative $\partial \hat{Y}/\partial X$ และให้ฟังก์ชั่นมีค่าเป็นศูนย์เพื่อหาจุดยอดของกราฟได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) กลิ่นนมผง ($\hat{Y}$) = $0.416 + 0.12(F) - 0.006(F)^2$ $R^2 = 0.9970$

$\partial \hat{Y}/\partial X = 0.12 - 0.012(F) = 0$

$X = 0.12/0.012 = 10$ ชั่วโมง

จากการแทนค่าตัวแปรและทำการแก้สมการตามฟังก์ชั่นของสมการถดถอยที่ได้จากการทดลองแล้วทำ Partial derivative เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัย สรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมและทำให้ค่า กลิ่นนมผง เข้าใกล้ Ideal มากที่สุด (1.00) คือ 10 ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

(2) รสหวาน ($\hat{Y}$) = $0.811 + 0.0375(F) - 0.00185(F)^2$ $R^2 = 0.9980$

$\partial \hat{Y}/\partial X = 0.0375 - 0.0037(F) = 0$

$X = 0.0375/0.0037 = 10.14$ ชั่วโมง

หรือ X = 10 ชั่วโมง กับ 8.4 นาที

จากการแทนค่าตัวแปร และทำการแก้สมการตามฟังก์ชั่นของสมการถดถอยที่ได้จากการทดลองแล้วทำ Partial derivative เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัย สรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมและทำให้ค่า รสหวาน เข้าใกล้ Ideal มากที่สุด (1.00) คือ 10 ชั่วโมง กับอีก 8.4 นาที ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface) ส่วนอีกสมการหนึ่ง คือ รสเปรี้ยว ซึ่งมีความสัมพันธ์ลำดับที่หนึ่ง (linear effect) ทำการแทนค่าตามสมการจะได้ว่า

(3) รสเปรี้ยว ($\hat{Y}$) = $0.235 + 0.0775(F)$ $R^2 = 0.9900$

- เมื่อค่ารสเปรี้ยวที่ดีที่สุดในอุดมคติมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นจะได้ว่า

รสเปรี้ยว = 1 = $0.235 + 0.0775(F)$

เพราะฉะนั้น fermentation time = $0.765/0.0775$

= 9.87 ชั่วโมง

หรือ fermentation time = 9 ชั่วโมง กับ 53 นาที

ในการแทนค่าตัวแปร และทำการแก้สมการตามฟังก์ชั่นของสมการถดถอยที่ได้จากการทดลอง เพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัย สรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสม และทำให้ค่า รสเปรี้ยว เข้าใกล้ Ideal มากที่สุด (1.00) คือ 9 ชั่วโมง กับอีก 53 นาที (ระดับกลาง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากสมการถดถอยทั้งสามสมการที่ได้จะสังเกตเห็นได้ว่าควรใช้ระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด เท่ากับ 10 ชั่วโมง และจากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าปริมาณการใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นนั้น ไม่มีผลหรืออิทธิพลต่อผลการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นจึงทำการเลือกระดับการใช้ปัจจัย หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ระดับต่ำ คือ 3.00%

- **การทดลองที่ 3.2 ศึกษาระดับการใช้ของนมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส**

จากผลการทดลองในตอนที่ 3.1 ทำให้ทราบระดับของปัจจัย หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น และระยะเวลาในการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด คือ 3.00% และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองนี้ เราจะทำการกำหนดปัจจัย หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น (B), เจลาติน (D), ระยะเวลาในการหมัก (E) และอุณหภูมิในการหมัก (F) เป็นปัจจัยคงที่ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial design with 2 centerpoints และกำหนดให้ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส เป็นปัจจัยที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดสูตร และกระบวนการทดลองไว้ในตาราง 3.3, 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พร้อมทั้งการวิเคราะห์ทางสถิติของแต่ละหน่วยการทดลองได้แสดงไว้ในตาราง 4.8 และ 4.9 พร้อมทั้งแสดงเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละหน่วยการทดลองเทียบกับเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ผู้ทดสอบชิมคาดหวังจากตัวผลิตภัณฑ์ในภาพ 4.16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.8 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตนมข้าวโพดจากการศึกษาระดับของการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส

สิ่งทดลอง	สี	ความเรียบเนียน	การแยกตัวของน้ำเวย์	ความลื่นคอ	ความข้นหนืด	กลิ่นนมผง	กลิ่นข้าวโพด	กลิ่นกรด	รสเปรี้ยว	รสหวาน	การยอมรับโดยรวม
1	0.80±0.16	0.93±0.15	0.96±0.10	0.96±0.15	0.68±0.28^{a}	0.81±0.28^{a}	1.00±0.28^{a}	0.75±0.12^{a}	1.27±0.09^{c}	0.79±0.06^{a}	0.61±0.23^{a}
2	0.77±0.18	1.00±0.12	1.01±0.09	1.00±0.15	1.00±0.41^{b}	1.13±0.29^{ab}	1.00±0.37^{a}	0.73±0.37^{a}	1.16±0.30^{bc}	0.76±0.05^{a}	0.60±0.29^{a}
3	0.88±0.18	0.98±0.25	1.03±0.11	1.05±0.23	0.64±0.23^{a}	0.89±0.30^{ab}	1.28±0.29^{b}	1.20±0.29^{c}	0.97±0.22^{a}	1.04±0.13^{b}	0.72±0.17^{b}
4	0.84±0.20	1.00±0.12	1.00±0.25	1.00±0.28	0.99±0.31^{b}	1.23±0.31^{b}	1.28±0.34^{b}	1.22±0.26^{c}	1.01±0.27^{a}	1.00±0.23^{b}	0.86±0.15^{c}
5	0.80±0.22	0.96±0.15	1.08±0.09	0.98±0.17	0.93±0.28^{b}	1.08±0.15^{ab}	1.09±0.34^{ab}	1.02±0.25^{b}	1.03±0.23^{ab}	1.01±0.14^{b}	0.72±0.12^{b}
6	0.88±0.17	1.00±0.24	1.00±0.26	1.10±0.26	0.99±0.30^{b}	1.06±0.28^{ab}	1.08±0.28^{ab}	0.99±0.32^{b}	0.99±0.27^{a}	1.01±0.21^{b}	0.72±0.25^{b}

หมายเหตุ: * ค่า Mean ideal ratio score ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

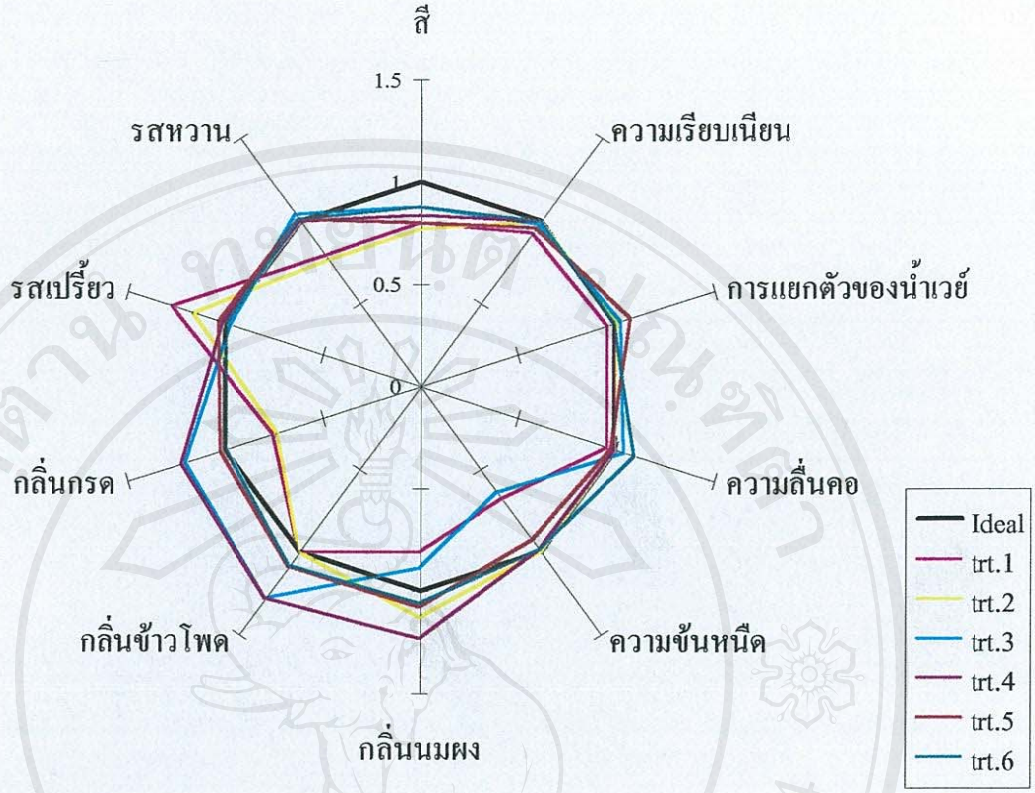
ตาราง 4.9 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพ ของโยเกิร์ตนมข้าวโพดจากการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส

สิ่งทดลอง	Total solid content (% w/w)	Total titratable acidity (% w/w as lactic acid)	pH (pH meter)	Surcose (% w/w)	Reducing sugar (% w/w as invert sugar)	Total sugar (% w/w)	L	a	b	viscosity (centipoise)
1	16.85±0.49^{a}	1.15±0.06^{a}	4.07±0.03^{c}	2.60±0.11^{a}	3.50±0.37^{a}	4.22±0.09^{a}	84.68±0.69^{a}	-6.50±0.69^{bc}	30.20±0.46	6,820±96.57^{a}
2	20.42±0.14^{b}	1.32±0.02^{a}	3.93±0.03^{d}	2.91±0.06^{b}	3.38±0.08^{a}	4.55±0.23^{b}	86.75±0.06^{ab}	-6.73±0.03^{ab}	30.70±0.05	15,580±140.70^{c}
3	17.05±0.99^{a}	1.70±0.01^{b}	3.31±0.02^{b}	3.88±0.10^{d}	4.60±0.08^{c}	8.36±0.26^{d}	90.87±0.91^{c}	-6.48±0.08^{c}	30.48±0.60	6,750±82.57^{a}
4	20.08±2.62^{b}	1.71±0.01^{b}	3.22±0.14^{a}	3.83±0.21^{d}	4.74±0.11^{c}	8.10±0.04^{d}	90.80±0.02^{c}	-6.86±0.03^{a}	30.46±0.26	16,000±167.57^{c}
5	20.11±1.34^{b}	1.32±0.02^{a}	3.66±0.01^{c}	3.34±0.04^{c}	4.18±0.13^{b}	6.60±0.10^{c}	88.41±0.34^{bc}	-6.56±0.03^{bc}	31.31±0.26	11,280±162.00^{b}
6	20.08±0.92^{b}	1.30±0.01^{a}	3.70±0.01^{c}	3.42±0.13^{c}	4.20±0.11^{b}	6.71±0.23^{c}	89.81±0.07^{c}	-6.84±0.04^{b}	29.95±0.11	11,950±113.14^{b}

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ4.16 เค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาระดับการใช้นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ตาราง 4.8) พบว่าระดับการใช้ ปริมาณของนมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส มีผลตอบสนองต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสามารถแสดงในรูปของสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) ได้ดังนี้

(1) ความข้นหนืด = 0.96 + 0.167(Skimmed milk) $R^2 = 0.9350$

(2) กลิ่นนมผง = 1.07 + 0.162(Skimmed milk) $R^2 = 0.9920$

(3) กลิ่นข้าวโพด = 1.085 + 0.140(Sucrose) $R^2 = 0.9970$

(4) กลิ่นกรด = 1.005 + 0.235(Sucrose) $R^2 = 0.9900$

(5) รสเปรี้ยว = 1.010 – 0.112(Sucrose) $R^2 = 0.9430$

(6) รสหวาน = 1.010 – 0.0175(Skimmed milk) + 0.123(Sucrose) – 0.0025 (Skimmed milk)(Sucrose) – 0.113(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9800$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(7) การยอมรับโดยรวม = 0.720 + 0.0375(Skimmed milk)(Sucrose) – 0.0225(Skimmed milk) + 0.0325(Sucrose) – 0.0925(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9980$

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมี (ตาราง 4.9) พบว่าการใช้ปัจจัยทั้งสองปัจจัย คือ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส มีผลต่อ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณน้ำตาลซูโครส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และความหนืด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$ ซึ่งสามารถแสดงในรูปสมการถดถอยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส (Coded equation) ได้ดังนี้

(1) ของแข็งทั้งหมด (% w/w) = 20.095 + 1.65(Skimmed milk) – 0.135(Skimmed milk)(Sucrose) + 5.46875(Sucrose) – 1.495(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9980$

(2) กรดทั้งหมด (% w/w as lactic acid) = 1.295 + 0.235(Sucrose) $R^2 = 0.9770$

(3) pH = 3.680 – 0.368(Sucrose) $R^2 = 0.9930$

(4) น้ำตาลซูโครส (% w/w) = 3.38 + 0.55(Sucrose) $R^2 = 0.9870$

(5) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w as invert sugar) = 4.190 + 0.615(Sucrose) $R^2 = 0.9990$

(6) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w) = 6.655 + 1.922(Sucrose) $R^2 = 0.9980$

(7) ความหนืด (cp) = 12207.5 + 5666.25(Skimmed milk) + 383.75(Sucrose) +341.25(Skimmed milk)(Sucrose) – 2378.75(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9999$

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสไปแทนค่าในสมการ Coded equation และแก้ไขสมการได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) สามารถนำเอาสมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นได้ แต่การคาดคะเนจะต้องไม่ทำในช่วงที่เกินจากช่วงระดับสูงต่ำที่ได้จากการทดลองเท่านั้น

<u>ผลของสมการที่ถอดรหัสแล้วแสดงดังต่อไปนี้</u>

(1) ความข้นหนืด = 0.3755 + 0.0835(Skimmed milk) $R^2 = 0.9350$

(2) กลิ่นนมผง = 0.503 + 0.081(Skimmed milk) $R^2 = 0.9920$

(3) กลิ่นข้าวโพด = 0.5065 + 0.07(Sucrose) $R^2 = 0.9970$

(4) กลิ่นกรด = 0.1825 + 0.1175(Sucrose) $R^2 = 0.9900$

(5) รสเปรี้ยว = 1.402 – 0.056(Sucrose) $R^2 = 0.9430$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(6) รสหวาน = -0.7741 – 0.004375(Skimmed milk) + 0.4614(Sucrose) – 0.000625(Skimmed milk)(Sucrose) – 0.02825(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9800$

(7) การยอมรับโดยรวม = 0.4663 + 0.009375(Skimmed milk)(Sucrose) – 0.04938 (Skimmed milk) + 0.05938(Sucrose) – 0.005625(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9980$

(8) แข็งทั้งหมด (% w/w) = -5.6475 + 1.06125(Skimmed milk) – 0.03375(Skimmed milk) (Sucrose) + 5.46875(Sucrose) – 0.37375(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9980$

(9) กรดทั้งหมด (% w/w) = 0.4725 + 0.1175(Sucrose) $R^2 = 0.9770$

(10) pH = 4.968 + 0.184(Sucrose) $R^2 = 0.9930$

(11) น้ำตาลซูโครส (% w/w) = 1.455 + 0.275(Sucrose) $R^2 = 0.9870$

(12) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w) = 2.0375 + 0.3075(Sucrose) $R^2 = 0.9999$

(13) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w) = -0.072 + 0.961(Sucrose) $R^2 = 0.9980$

(14) ความหนืด(cp) = -33926.875 + 2235.9375(Skimmed milk) + 7920.3125(Sucrose) + 85.3125(Skimmed milk)(Sucrose) – 594.6875(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9999$

สมการที่ได้จากการถอดรหัสแล้ว (Decoded equation) สามารถนำไปคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น โดยแทนค่าระดับปริมาณการใช้ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ในช่วงที่ทำการศึกษา เพื่อให้ได้ค่าตอบสนองของแต่ละลักษณะให้มีค่า Mean ideal ratio score เข้าใกล้ค่าที่ดีที่สุด คือ เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ในกรณีของการตอบสนองของลักษณะที่ได้จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

นำสมการที่ถอดรหัสแล้วมาแทนค่าระดับการใช้ของปัจจัย นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ 5.00 – 9.00% เพื่อคาดคะเนผลที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ความข้นหนืด = 0.3755 + 0.0835(Skimmed milk) $R^2 = 0.9350$

แทนค่านมผงขาดมันเนยตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 0.793

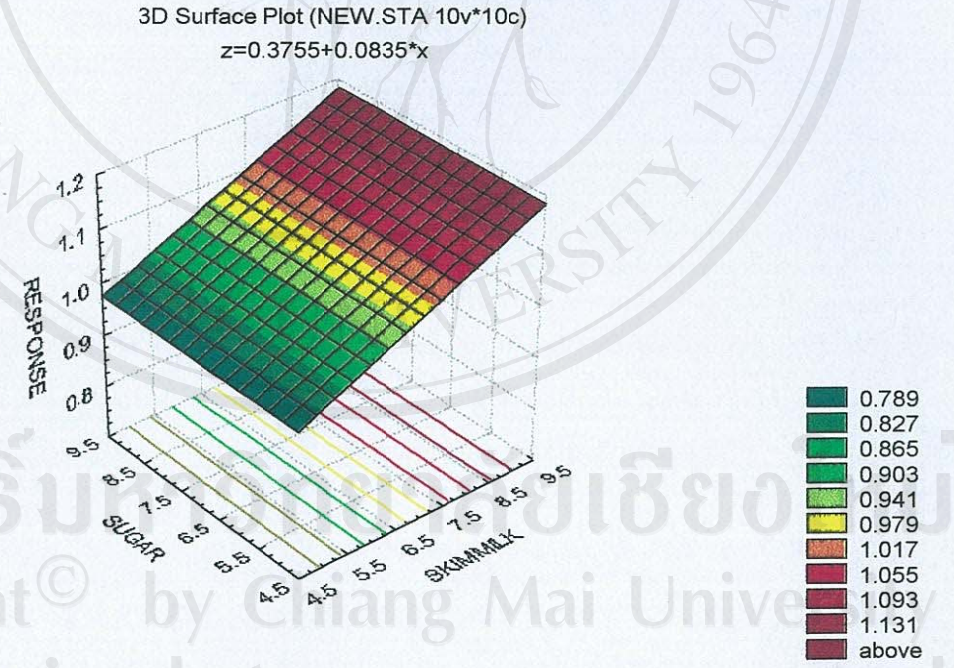
f(6) = 0.877

f(7) = 0.960

f(8) = 1.044

f(9) = 1.127

ในการแทนค่าในสมการของความข้นหนืด แสดงให้เห็นว่าการใช้ นมผงขาดมันเนย ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (7 – 8%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะความข้นหนืดเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.17 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะความข้นหนืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) กลิ่นนมผง = 0.503 + 0.081(Skimmed milk) $R^2 = 0.9920$

แทนค่านมผงขาดมันเนยตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 0.908

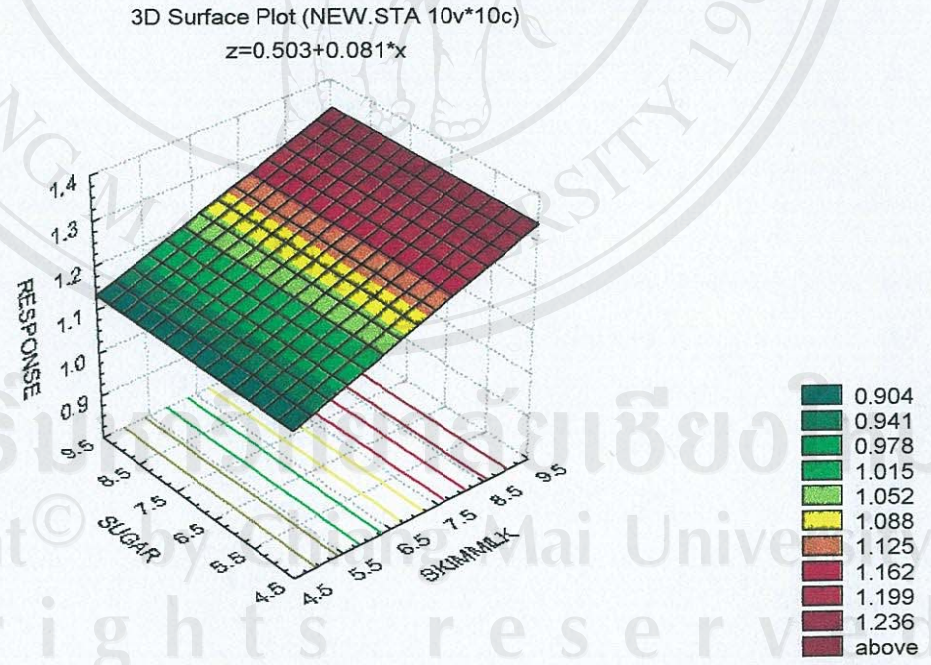
f(6) = 0.989

f(7) = 1.070

f(8) = 1.151

f(9) = 1.232

ในการแทนค่าในสมการของกลิ่นนมผง แสดงให้เห็นว่าการใช้ นมผงขาดมันเนย ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (6 – 7%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นนมผงเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.18 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นนมผง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) กลิ่นข้าวโพด = 0.5065 + 0.07(Sucrose) $R^2 = 0.9970$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 0.856

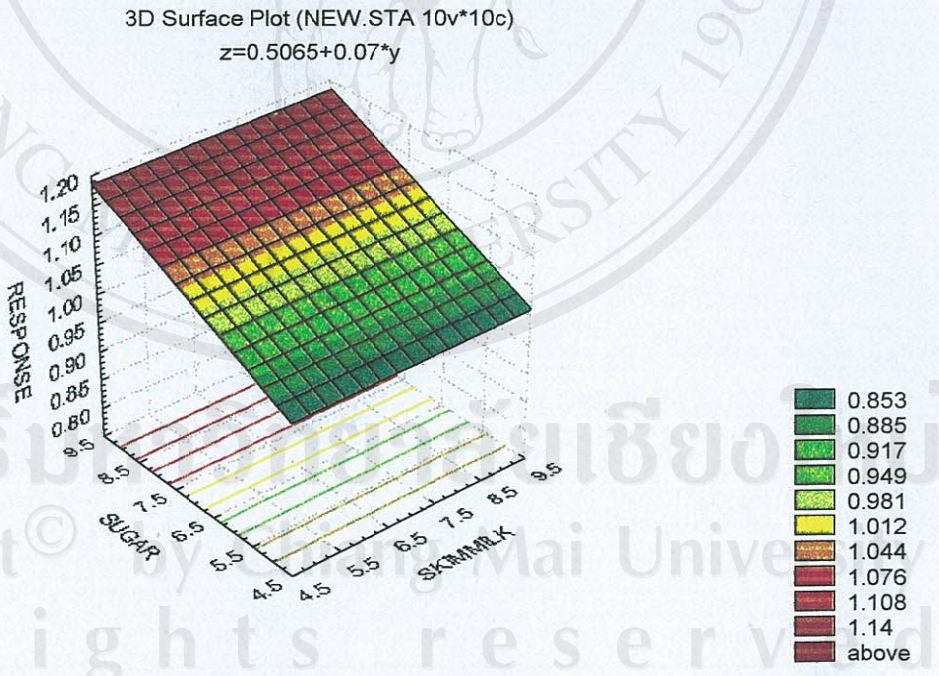
f(6) = 0.926

f(7) = 0.996

f(8) = 1.067

f(9) = 1.136

การแทนค่าในสมการของกลิ่นข้าวโพด แสดงให้เห็นว่าการใช้ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (7.00%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นข้าวโพดเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.19 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(4) กลิ่นกรด = 0.1825 + 0.1175(Sucrose) $R^2 = 0.9900$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 0.770

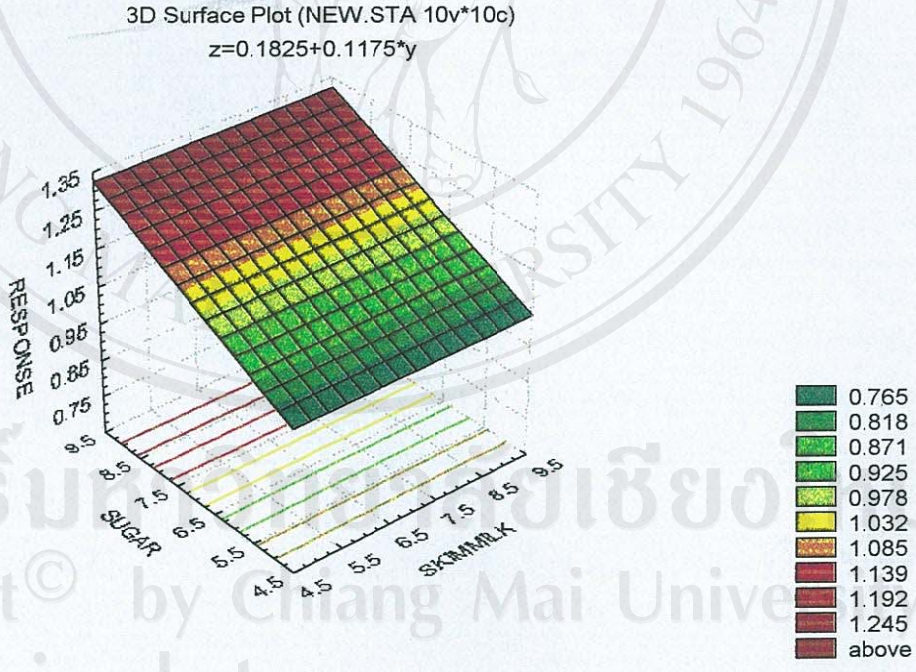
f(6) = 0.888

f(7) = 1.005

f(8) = 1.122

f(9) = 1.240

จากการแทนค่าในสมการของกรด แสดงให้เห็นว่าการใช้ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (7.00%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะกลิ่นกรดเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.20 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) รสเปรี้ยว = 1.402 – 0.056(Sucrose) $R^2 = 0.9430$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 1.122

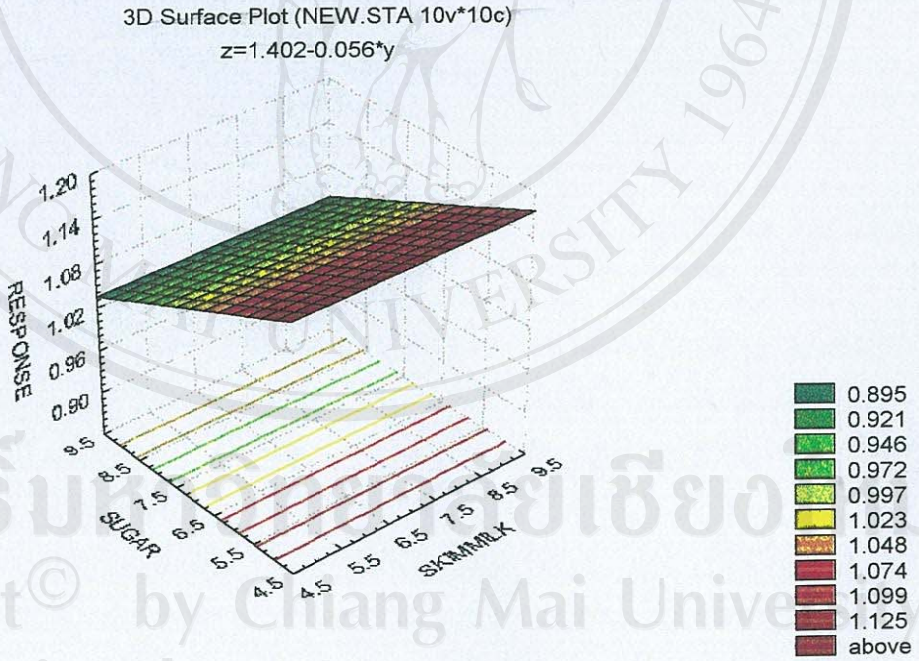
f(6) = 1.066

f(7) = 1.010

f(8) = 0.954

f(9) = 0.898

จากการแทนค่าในสมการของรสเปรี้ยว แสดงให้เห็นว่าการใช้ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลาง (7.00%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะรสเปรี้ยวเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.21 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะรสเปรี้ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(6) รสหวาน = -0.7741 – 0.004375(Skimmed milk) + 0.4614(Sucrose)
– 0.000625(Skimmed milk)(Sucrose) – 0.02825(Sucrose)^2

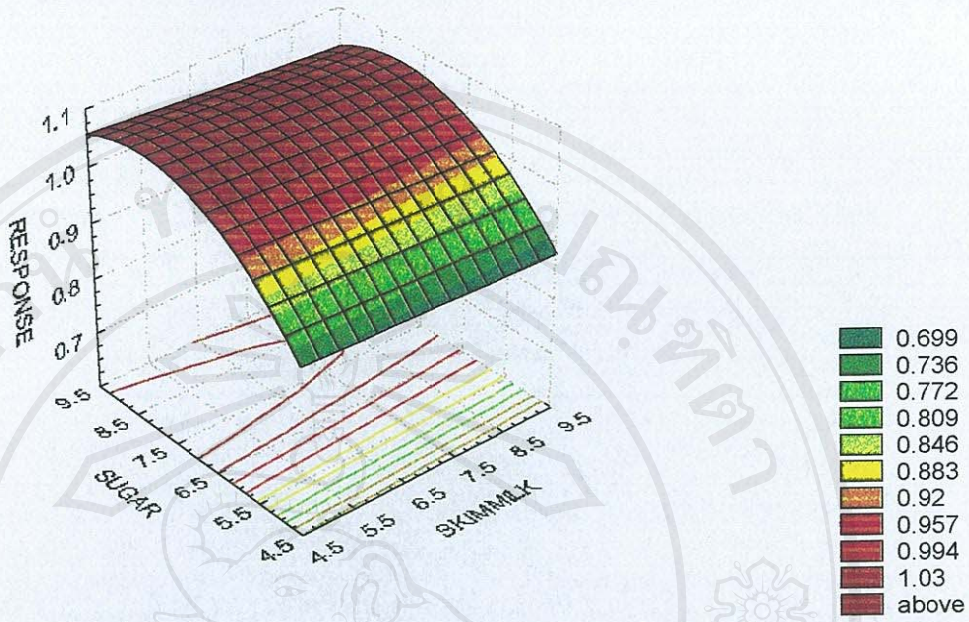
$R^2 = 0.9800$

แทนค่านมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5,5)	=	0.789	f(5,6)	=	0.937
f(5,7)	=	1.028	f(5,8)	=	1.062
f(5,9)	=	1.040			
f(6,5)	=	0.782	f(6,6)	=	0.929
f(6,7)	=	1.019	f(6,8)	=	1.053
f(6,9)	=	1.030			
f(7,5)	=	0.774	f(7,6)	=	0.920
f(7,7)	=	1.010	f(7,8)	=	1.040
f(7,9)	=	1.020			
f(8,5)	=	0.767	f(8,6)	=	0.912
f(8,7)	=	1.001	f(8,8)	=	1.034
f(8,9)	=	1.010			
f(9,5)	=	0.759	f(9,6)	=	0.904
f(9,7)	=	0.993	f(9,8)	=	1.025
f(9,9)	=	1.000			

ในการแทนค่าในสมการของรสหวาน แสดงให้เห็นว่าการใช้ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ที่ระดับค่อนไปทางระดับกลางและระดับสูง (7 – 9%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะรสหวานเข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.22 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะรสหวาน

(7) การยอมรับโดยรวม = 0.4663 + 0.009375(Skimmed milk)(Sucrose) – 0.04938 (Skimmed milk) + 0.05938(Sucrose) – 0.005625(Sucrose)^2

$R^2 = 0.9980$

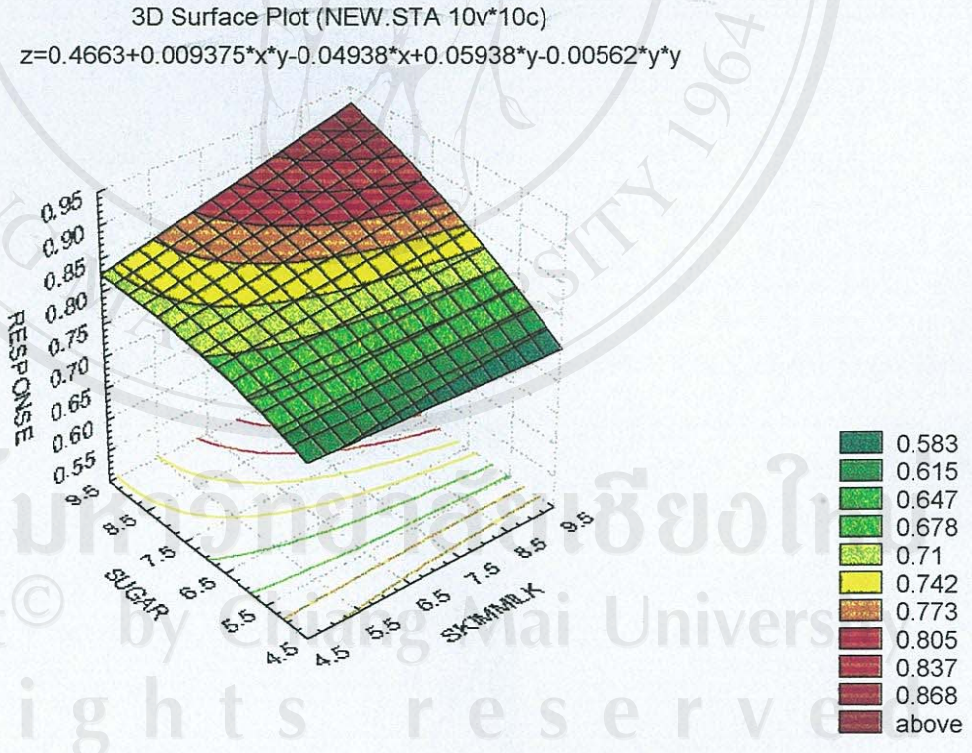
แทนค่านมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5,5)	=	0.610	f(5,6)	=	0.654
f(5,7)	=	0.688	f(5,8)	=	0.709
f(5,9)	=	0.720			
f(6,5)	=	0.608	f(6,6)	=	0.661
f(6,7)	=	0.704	f(6,8)	=	0.735
f(6,9)	=	0.755			
f(7,5)	=	0.605	f(7,6)	=	0.668
f(7,7)	=	0.720	f(7,8)	=	0.761

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

f(7,9)	=	0.790			
f(8,5)	=	0.603	f(8,6)	=	0.736
f(8,7)	=	0.786	f(8,8)	=	0.825
f(8,9)	=	0.842			
f(9,5)	=	0.600	f(9,6)	=	0.682
f(9,7)	=	0.753	f(9,8)	=	0.812
f(9,9)	=	0.860			

การแทนค่าในสมการของการยอมรับโดยรวม แสดงให้เห็นว่าการใช้ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ที่ระดับค่อนไปทางระดับสูง (8 – 9%) จะทำให้ค่า Mean ideal ratio score ของลักษณะการยอมรับโดยรวม เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)



ภาพ 4.23 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะการยอมรับโดยรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(8) แข็งทั้งหมด (% w/w) = -5.6475 + 1.06125(Skimmed milk) – 0.03375(Skimmed milk) (Sucrose) + 5.46875(Sucrose) – 0.37375(Sucrose)^2 R^2 = 0.9980

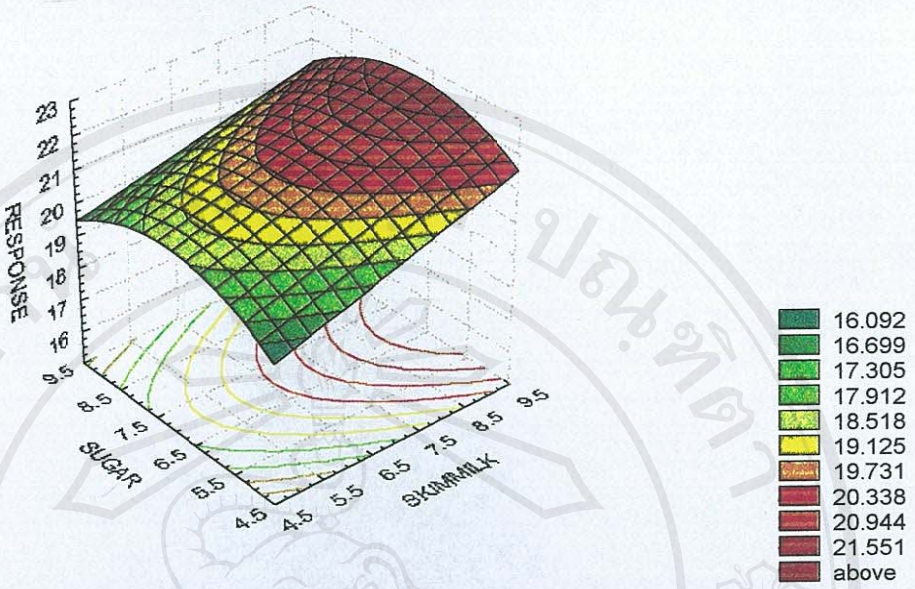
แทนค่านมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5,5)	=	16.815	f(5,6)	=	18.004
f(5,7)	=	18.445	f(5,8)	=	18.139
f(5,9)	=	17.085			
f(6,5)	=	17.708	f(6,6)	=	18.863
f(6,7)	=	19.270	f(6,8)	=	18.930
f(6,9)	=	17.842			
f(7,5)	=	18.600	f(7,6)	=	19.720
f(7,7)	=	20.095	f(7,8)	=	19.721
f(7,9)	=	18.600			
f(8,5)	=	19.493	f(8,6)	=	20.580
f(8,7)	=	20.920	f(8,8)	=	20.512
f(8,9)	=	19.357			
f(9,5)	=	20.385	f(9,6)	=	21.439
f(9,7)	=	21.745	f(9,8)	=	21.304
f(9,9)	=	20.115			

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของความเรียบเนียน การแยกตัวของน้ำ ความลื่นคอ และความข้นหนืด ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด) จากตาราง 4.8 และ 4.9 ทำให้ทราบว่าปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับนั้นจะต้องมากกว่า 20% ขึ้นไป

พบว่าระดับการใช้ที่น่าจะเหมาะสมที่ทำให้ ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณนมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ที่ 7 – 9% ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.24 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของปริมาณของแข็งทั้งหมด

(9) กรดทั้งหมด (% w/w) = 0.4725 + 0.1175(Sucrose) $R^2 = 0.9770$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 1.060

f(6) = 1.178

f(7) = 1.295

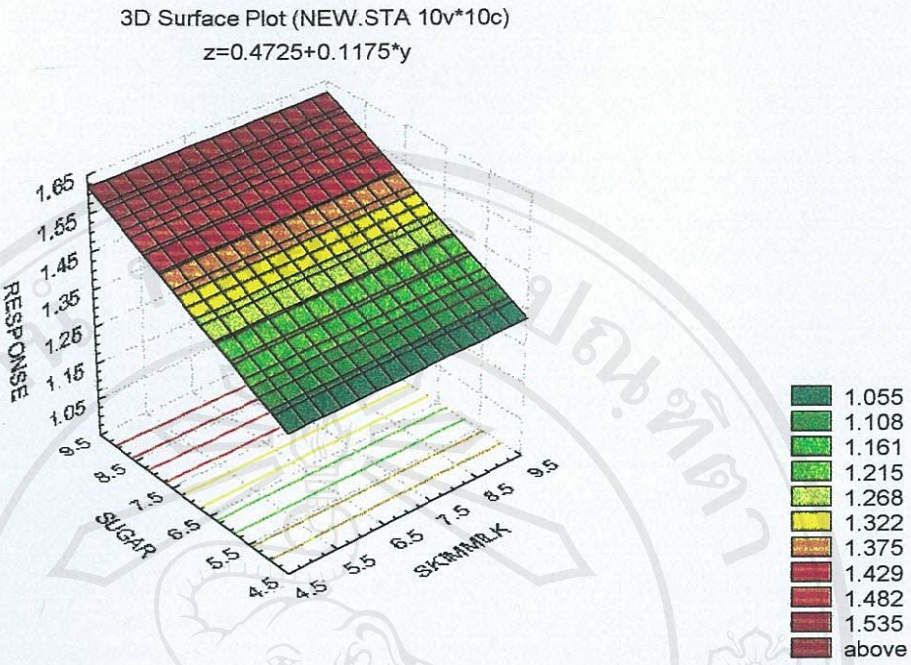
f(8) = 1.412

f(9) = 1.530

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่าค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสเปรี้ยว ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่น่าจะเหมาะสมที่จะทำให้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลาง และสูง (7 – 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง(Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.25 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้

(10) pH = 4.968 + 0.184(Sucrose) $R^2 = 0.9930$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 4.048

f(6) = 3.864

f(7) = 3.680

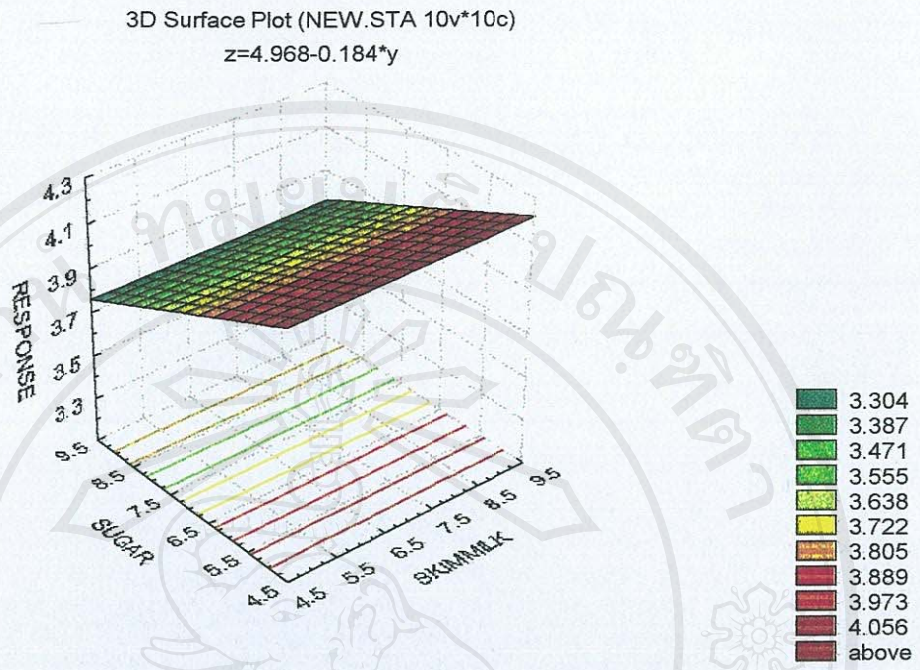
f(8) = 3.496

f(9) = 3.312

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสเปรี้ยว ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ ความเป็นกรดเป็นด่างได้มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลางถึงระดับสูง (7 - 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.26 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

(11) น้ำตาลซูโครส (% w/w) = 1.455 + 0.275(Sucrose) $R^2 = 0.9870$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 2.830

f(6) = 3.105

f(7) = 3.380

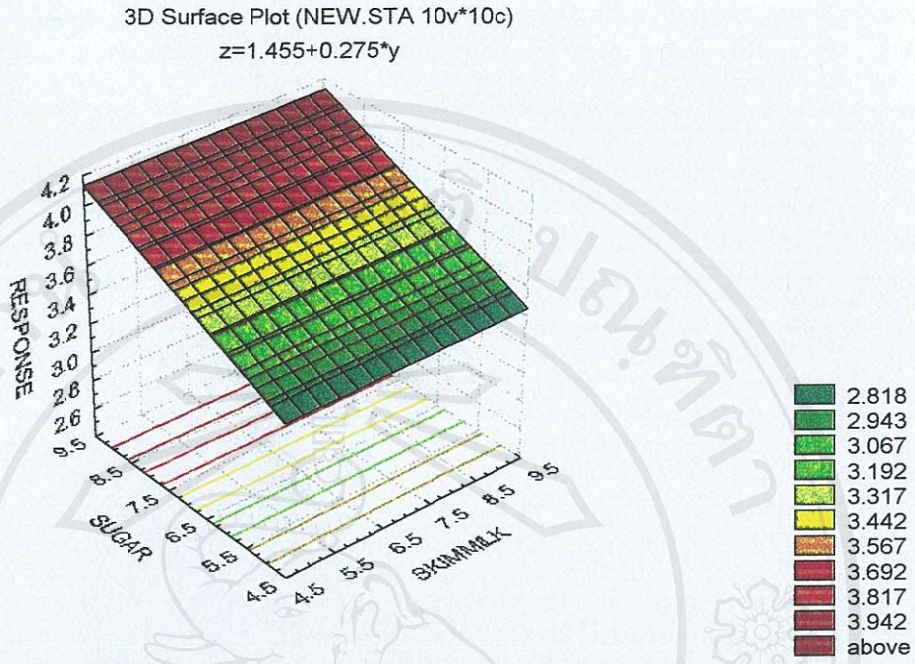
f(8) = 3.655

f(9) = 3.930

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ดีที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสหวาน ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่น่าจะเหมาะสมที่จะทำให้ปริมาณน้ำตาลซูโครสได้มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณน้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลางถึงระดับสูง (7 – 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.27 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของปริมาณน้ำตาลซูโครส

(12) น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w as invert sucrose) = 2.0375 + 0.3075(Sucrose) $R^2 = 0.9999$

แทนค่าน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 3.575

f(6) = 3.883

f(7) = 4.190

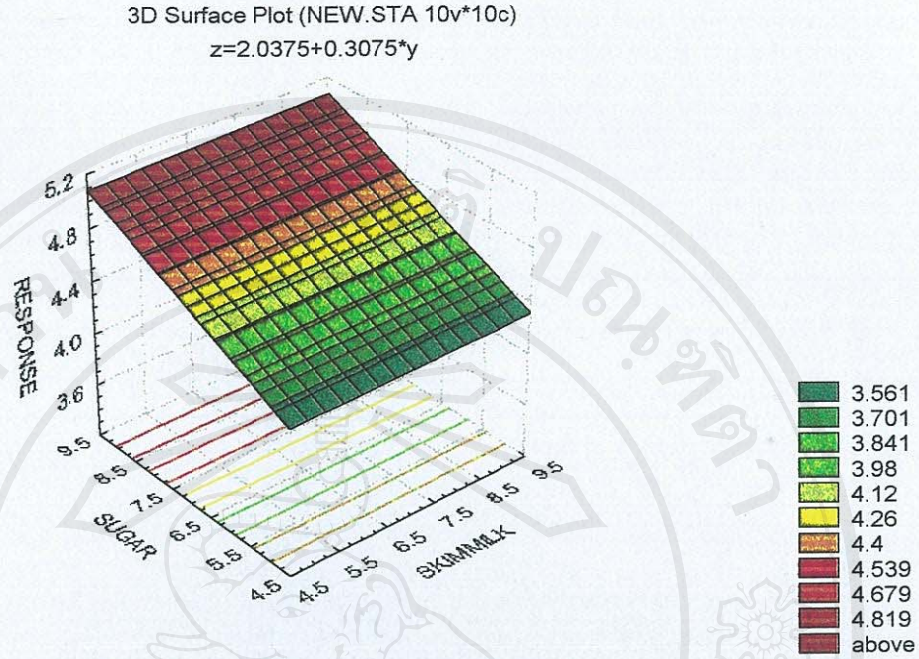
f(8) = 4.498

f(9) = 4.805

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่า ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ ลักษณะของรสหวาน ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลางถึงระดับสูง (7 – 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.28 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

(13) น้ำตาลทั้งหมด (% w/w) = -0.072 + 0.961(Sucrose) $R^2 = 0.9980$

น้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

f(5) = 4.733

f(6) = 5.694

f(7) = 6.655

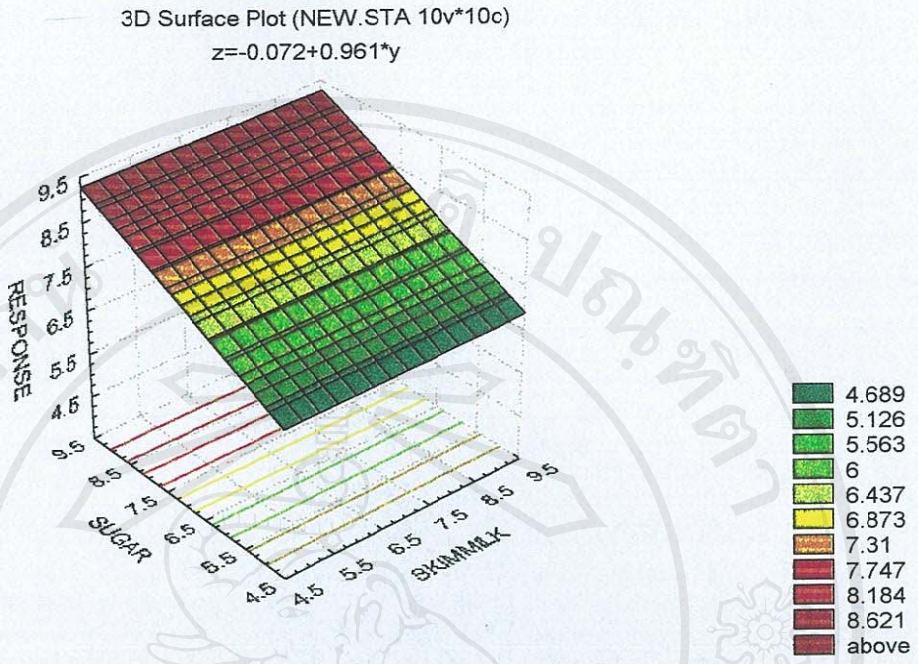
f(8) = 7.616

f(9) = 8.577

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของรสหวาน ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดได้มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณ น้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลางถึงระดับสูง (7 – 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.29 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

(14) ความหนืด(cp) = -33,926.875 + 2,235.9375(Skimmed milk) + 7,920.3125 s(Sucrose) + 85.3125(Skimmed milk)(Sucrose) – 594.6875(Sucrose)^2 $R^2 = 0.9999$

แทนค่านมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครสตั้งแต่ 5.00 - 9.00% ได้ผลดังนี้

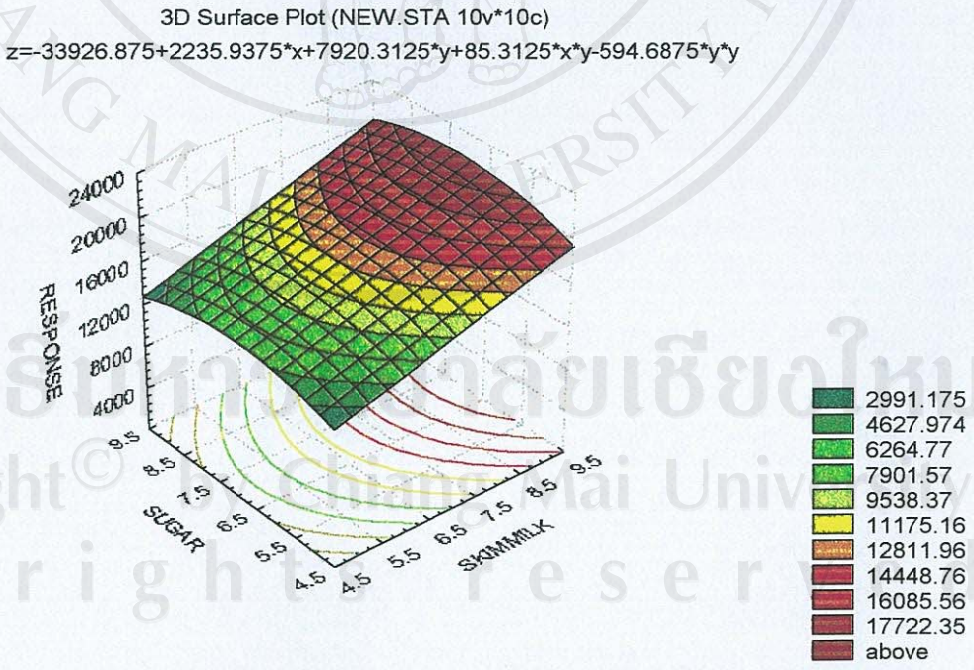
f(5,5)	=	4,120	f(5,6)	=	5,925
f(5,7)	=	6,541	f(5,8)	=	5,968
f(5,9)	=	4,205			
f(6,5)	=	6,783	f(6,6)	=	8,673
f(6,7)	=	9,374	f(6,8)	=	8,886
f(6,9)	=	7,204			
f(7,5)	=	9,445	f(7,6)	=	11,420
f(7,7)	=	12,210	f(7,8)	=	11,800

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

f(7,9)	=	10,210			
f(8,5)	=	12,110	f(8,6)	=	14,170
f(8,7)	=	14,170	f(8,8)	=	14,720
f(8,9)	=	13,220			
f(9,5)	=	14,770	f(9,6)	=	16,920
f(9,7)	=	17,870	f(9,8)	=	17,640
f(9,9)	=	16,220			

ผลการทดลองที่ผ่านมา (ตาราง 4.8 และตาราง 4.9) ทำให้ทราบว่าค่าความหนืด ที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมนั้นที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับลักษณะของความข้นหนืด ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (เข้าใกล้ 1 มากที่สุด)

พบว่าระดับการใช้ที่เหมาะสมที่สามารถจะทำให้ ความหนืดได้มีค่าใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุดคือ ปริมาณนมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ที่ระดับกลางถึงระดับสูง (7 – 9%) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นี้ นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง(Response surface)



ภาพ 4.30 ภาพพื้นที่การตอบสนอง แบบ 3D Surface plot ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของความหนืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองเมื่อแทนค่าของระดับการใช้ปัจจัย คือ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ในสมการถดถอยต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยทำการเลือกสมการที่มีค่า R^2 เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ผลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าการทดสอบทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีสมการถดถอย ถึง 14 สมการที่มีความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) และแบบเชิงเส้นโค้ง (Quadratic)

เมื่อแทนค่าช่วงของระดับปัจจัยที่ทำการศึกษาลงในสมการถดถอยที่ได้แล้วพบว่า ระดับการใช้ของปัจจัย นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส นั้นส่วนใหญ่จะใช้ปัจจัยในระดับกลาง คือ 7.00% และมีบางสมการที่ให้ผลว่าควรใช้ระดับปัจจัยที่ระดับสูง ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกสมการถดถอย หรือ คุณลักษณะใดๆ เป็นตัวแทนของการทดลองที่ให้ผลใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาดูความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างๆ ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเป็นหลักว่าคุณลักษณะใดบ้างมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ คุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการนำคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส คือ สี ความเรียบเนียน การแยกตัวของน้ำเวย์ ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นนมผง กลิ่นข้าวโพด กลิ่นกรด รสเปรี้ยว และรสหวาน มาทำการวิเคราะห์รีเกรสชั่นกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

การยอมรับโดยรวม = 0.09 + 1.91(ความข้นหนืด) + 0.1(กลิ่นข้าวโพด) + 0.351(กลิ่นเปรี้ยว)

$R^2 = 0.9500$

ในการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์และสามารถอธิบายความเป็นผลิตภัณฑ์ ในแง่ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสได้ดีและครอบคลุมที่สุดกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ได้แก่ ความข้นหนืด กลิ่นข้าวโพด และกลิ่นกรด จากนั้นนำสมการถดถอยที่ได้จากทั้ง 3 คุณลักษณะ ดังกล่าวที่ได้มาทำการหาจุดที่เหมาะสม (Optimization) ของระดับการใช้ปัจจัย ภายในช่วงของระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา (5 – 9%) โดยการแก้สมการฟังก์ชั่นในเทอมของตัวแปร นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ได้ดังนี้ :

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการทดลองเมื่อแทนค่าของระดับการใช้ปัจจัย คือ นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ในสมการถดถอยต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยทำการเลือกสมการที่มีค่า R^2 เข้าใกล้ 1.00 มากที่สุด ผลที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าการทดสอบทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พบว่ามีสมการถดถอย ถึง 14 สมการที่มีความสัมพันธ์ทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear) และแบบเชิงเส้นโค้ง (Quadratic)

เมื่อแทนค่าช่วงของระดับปัจจัยที่ทำการศึกษาลงในสมการถดถอยที่ได้แล้วพบว่า ระดับการใช้ของปัจจัย นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส นั้นส่วนใหญ่จะใช้ปัจจัยในระดับกลาง คือ 7.00% และมีบางสมการที่ให้ผลว่าควรใช้ระดับปัจจัยที่ระดับสูง ดังนั้นจึงต้องทำการเลือกสมการถดถอย หรือ คุณลักษณะใดๆ เป็นตัวแทนของการทดลองที่ให้ผลใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาดูความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่างๆ ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเป็นหลักว่าคุณลักษณะใดบ้างมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ คุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการนำคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส คือ สี ความเรียบเนียน การแยกตัวของน้ำเวย์ ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นนมผง กลิ่นข้าวโพด กลิ่นกรด รสเปรี้ยว และรสหวาน มาทำการวิเคราะห์รีเกรสชั่นกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

การยอมรับโดยรวม = 0.09 + 1.91(ความข้นหนืด) + 0.1(กลิ่นข้าวโพด) + 0.351(กลิ่นเปรี้ยว)

$R^2 = 0.9500$

ในการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า คุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์และสามารถอธิบายความเป็นผลิตภัณฑ์ ในแง่ของคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสได้ดีและครอบคลุมที่สุดกับคุณลักษณะการยอมรับโดยรวม ได้แก่ ความข้นหนืด กลิ่นข้าวโพด และกลิ่นกรด จากนั้นนำสมการถดถอยที่ได้จากทั้ง 3 คุณลักษณะ ดังกล่าวที่ได้มาทำการหาจุดที่เหมาะสม (Optimization) ของระดับการใช้ปัจจัย ภายในช่วงของระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา (5 – 9%) โดยการแก้สมการฟังก์ชั่นในเทอมของตัวแปร นมผงขาดมันเนย และน้ำตาลซูโครส ได้ดังนี้ :

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ความข้นหนืด = 0.3755 + 0.0835(Skimmed milk) $R^2 = 0.9350$

- เมื่อค่าความข้นหนืดที่ดีที่สุดในอุดมคติมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นจะได้ว่า

ความข้นหนืด = 1 = 0.3755 + 0.0835(Skimmed milk)

เพราะฉะนั้น Skimmed milk = 0.6245/0.0835

= 7.48

หรือ Skimmed milk = 7.48%

การแทนค่าตัวแปร และเมื่อแก้สมการตามฟังก์ชั่นของสมการถดถอยที่ได้จากการทดลองเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัย สรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมและทำให้ค่า ความข้นหนืดเข้าใกล้ Ideal มากที่สุด (1.00) คือ 7.50% (ระดับกลาง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

(2) กลิ่นข้าวโพด = 0.5065 + 0.07(Sucrose) $R^2 = 0.9970$

- เมื่อค่ากลิ่นข้าวโพด ที่ดีที่สุดในอุดมคติมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นจะได้ว่า

กลิ่นข้าวโพด = 1 = 0.5065 + 0.07(Sucrose)

เพราะฉะนั้น Sucrose = 0.4935/0.07

= 7.05

หรือ Sucrose = 7.05%

การแทนค่าตัวแปร และแก้สมการตามฟังก์ชั่นของสมการถดถอยที่ได้จากการทดลองเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัย สรุปได้ว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมและทำให้ค่า กลิ่นข้าวโพดเข้าใกล้ Ideal มากที่สุด (1.00) คือ 7.00% (ระดับกลาง) ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อนำสมการถดถอยที่ได้นำไปสร้างกราฟสามมิติในรูปของพื้นที่การตอบสนอง (Response surface)

(3) กลิ่นเปรี้ยว = 0.1825 + 0.1175(Sucrose)

- เมื่อค่า กลิ่นเปรี้ยว ที่ดีที่สุดในอุดมคติมีค่าเท่ากับ 1.00 ดังนั้นจะได้ว่า

กลิ่นเปรี้ยว = 1 = 0.1825 + 0.1175(Sucrose)

เพราะฉะนั้น Sucrose = 0.8175/0.1175

= 6.96

หรือ Sucrose = 6.96%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4 ตอนที่ 4. ศึกษากระบวนการผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพดตามสูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

4.4.1 คุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ และได้ทำการพัฒนาจนกระทั่งได้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม เตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งคุณภาพทางด้านกายภาพ (ตาราง 4.10) เคมี (ตาราง 4.11) จุลชีววิทยา (ตาราง 4.12) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตาราง 4.13) พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ตาราง 4.10 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ค่าสีระบบฮันเตอร์	
ค่าสี L	91.33±0.04
ค่าสี a	-7.47±0.02
ค่าสี b	30.14±0.04
ความข้นหนืด (centipoise)	17,500±319

- ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตาราง 4.1 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (% w/w)	20.56±0.11
ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตรเตรทได้ (% w/w as lactic acid)	1.11±0.02
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	3.97±0.05
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (% w/w)	3.73±0.07
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w as invert sugar)	4.06±0.02
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (% w/w)	7.79±0.23

- ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.12 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นรวม (cfu/g)	7.10×10^{9}
ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	< 10

ตาราง 4.13 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ผลิตโดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

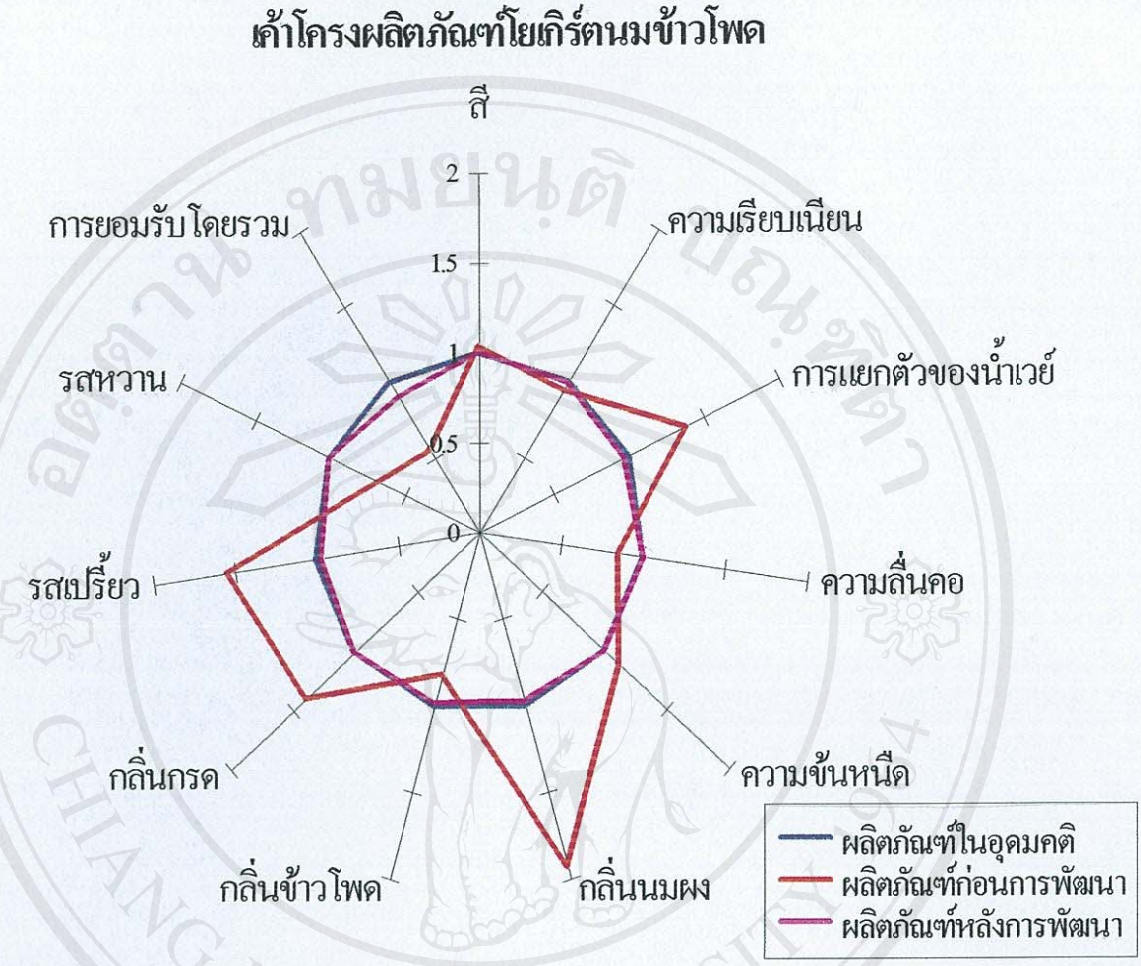
ลักษณะ	Mean ideal ratio scores±Standard deviation
สี	1.01±0.08
ความเรียบเนียน	0.99±0.05
การแยกตัวของน้ำเวย์	0.97±0.13
ความลื่นคอ	1.01±0.05
ความข้นหนืด	1.01±0.09
กลิ่นนมผง	0.97±0.15
กลิ่นข้าวโพด	0.98±0.07
กลิ่นกรด	1.00±0.01
รสเปรี้ยว	0.97±0.17
รสหวาน	1.00±0.11
การยอมรับโดยรวม	0.90±0.06*

หมายเหตุ : จากจำนวนผู้ทดสอบชิม 10 คน

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับ Ideal

จากผลการวิเคราะห์ คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด พบว่ามีคุณภาพเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523), ฉบับที่ 99 (พ.ศ. 2529) และฉบับที่ 267 (พ.ศ.2545)ในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 (ดูภาคผนวก จ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.31 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดก่อนการพัฒนา เปรียบกับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดหลังทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว

ภาพ 4.31 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ผลิตตามสูตรผสม และกระบวนการผลิตที่ได้รับการพัฒนาแล้ว จะมีเค้าโครงผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติมากกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดก่อนการพัฒนา เช่น ลักษณะการแยกตัวของน้ำเวย์ กลิ่นนมผง รสเปรี้ยว รสหวาน และการยอมรับโดยรวม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อผ่านกระบวนการการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ลักษณะดังกล่าวเข้าใกล้ผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีเพียงลักษณะการยอมรับโดยรวมที่ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ อาจเกิดจากความคาดหวังในตัวผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิม ที่เกิดจากลักษณะแอบแฝงอื่นๆ ที่ทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ แต่เมื่อทำการเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มในการยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิมมากขึ้นอยู่ในระดับที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก

4.4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตนมข้าวโพดในช่วงการหมัก ที่ 10 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป ปริมาณกรด ค่าสี L ค่าสี b ความหนืด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ส่วนความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และค่าสี a มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ซึ่งเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ที่เกิดจากปฏิกิริยาของเชื้อจุลินทรีย์แลคติกเมื่อทำการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยใช้ค่าสังเกตดังกล่าวทำการติดตาม และต รวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ตนมข้าวโพด (ดังแสดงในตาราง 4.14) และได้แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดตลอดระยะเวลาในการหมัก (10 ชั่วโมง) ดังแสดงในภาพ 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 และ 4.37 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

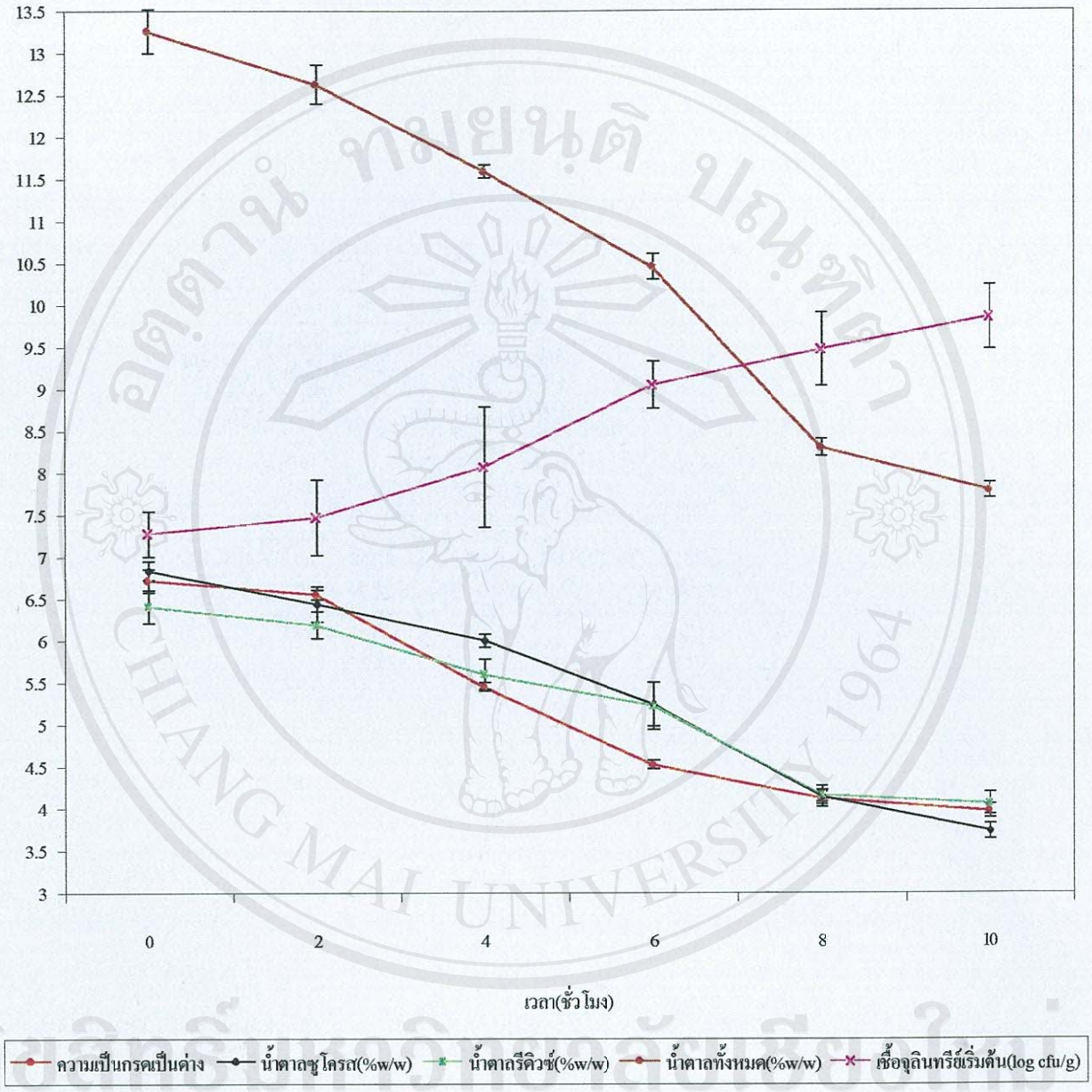
ตาราง 4.14 การเปรียบเทียบ ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ค่าสี L ค่าสี a ค่าสี b ความหนืด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ในระยะเวลาการหมัก (10 ชั่วโมง)

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดทั้งหมด (% w/w)	ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	น้ำตาลซูโครส (% w/w)	น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w)	น้ำตาลทั้งหมด (% w/w)
0	0.23±0.03*[a]	6.72±0.14[a]	6.84±0.11[a]	6.41±0.20[a]	13.26±0.26[a]
2	0.25±0.04[a]	6.55±0.06[a]	6.44±0.21[b]	6.19±0.16[a]	12.63±0.23[b]
4	0.52±0.02[b]	5.45±0.05[b]	6.00±0.08[b]	5.60±0.18[b]	11.60±0.08[c]
6	0.75±0.01[c]	4.52±0.05[c]	5.24±0.26[c]	5.22±0.28[b]	10.46±0.15[d]
8	0.96±0.06[d]	4.12±0.10[c]	4.14±0.06[d]	4.16±0.11[c]	8.30±0.10[e]
10	1.11±0.05[e]	3.97±0.08[d]	3.73±0.09[e]	4.06±0.13[c]	7.79±0.09[f]
เวลา (ชั่วโมง)	**ค่าสี L**	**ค่าสี a**	**ค่าสี b**	**ความหนืด (centipoise)**	**เชื้อเริ่มต้น (log cfu/g)**
0	85.10±0.42[a]	-6.68±0.03[a]	25.66±0.46[a]	4.56±0.10[a]	7.28±0.27[a]
2	84.42±0.15[a]	-6.64±0.08[a]	25.50±0.05[a]	4.78±0.12[a]	7.47±0.45[a]
4	85.42±0.21[a]	-7.11±0.04[b]	27.46±0.26[b]	4.70±0.18[a]	8.07±0.72[b]
6	89.43±0.34[b]	-7.39±0.07[b]	29.04±0.57[c]	6,440±120[b]	9.05±0.28[c]
8	90.34±0.13[b]	-7.35±0.21[b]	29.83±0.05[c]	12,050±132[c]	9.47±0.44[d]
10	91.33±0.57[b]	-7.47±0.11[c]	30.14±0.32[d]	17,500±341[d]	9.85±0.38[e]

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

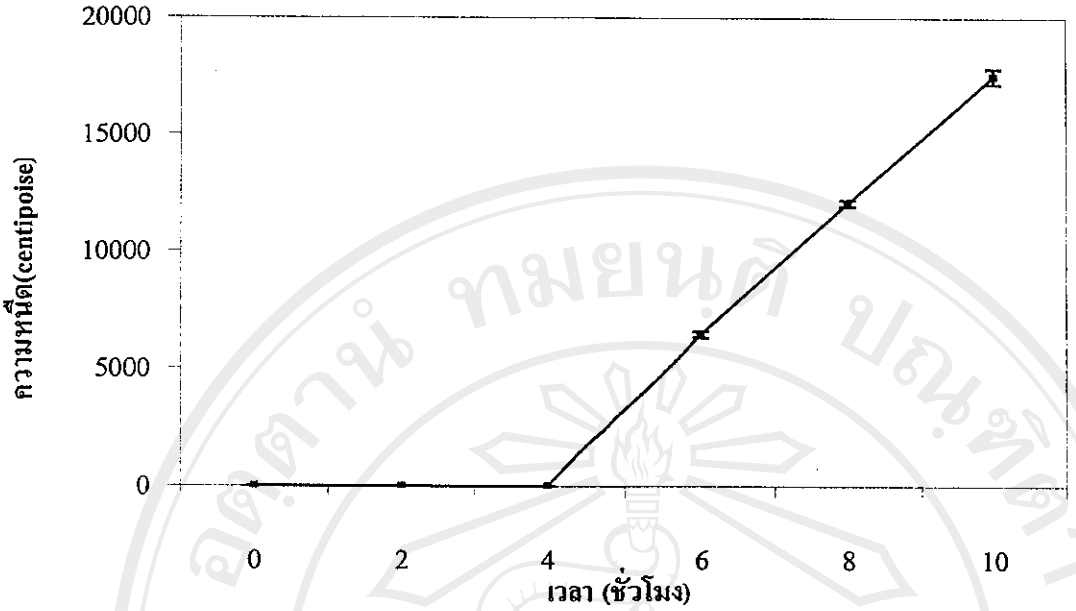
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

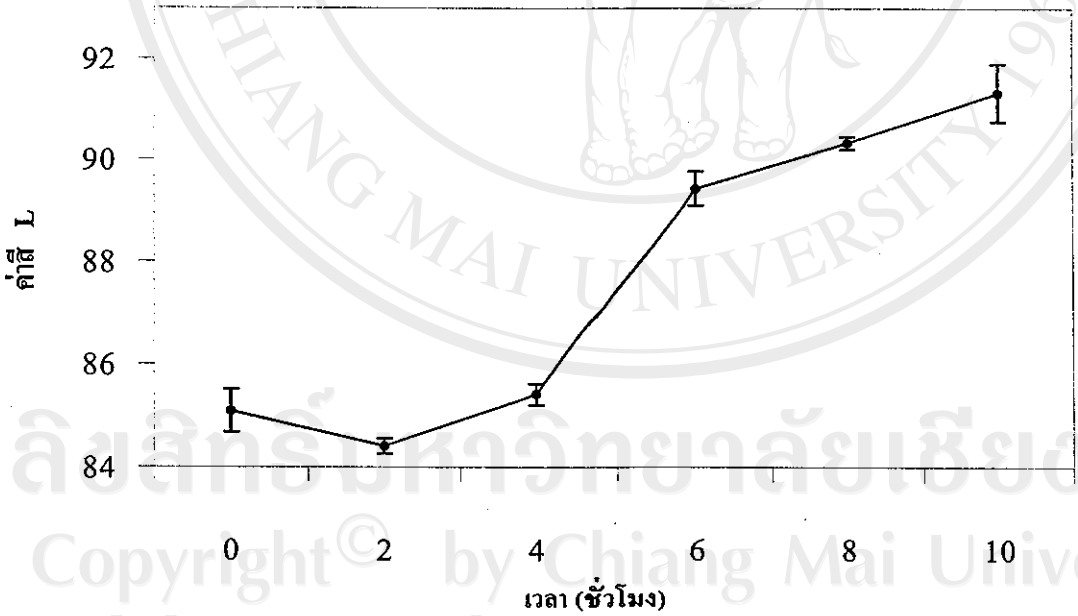


ภาพ 4.32 การเปลี่ยนแปลงของ ความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

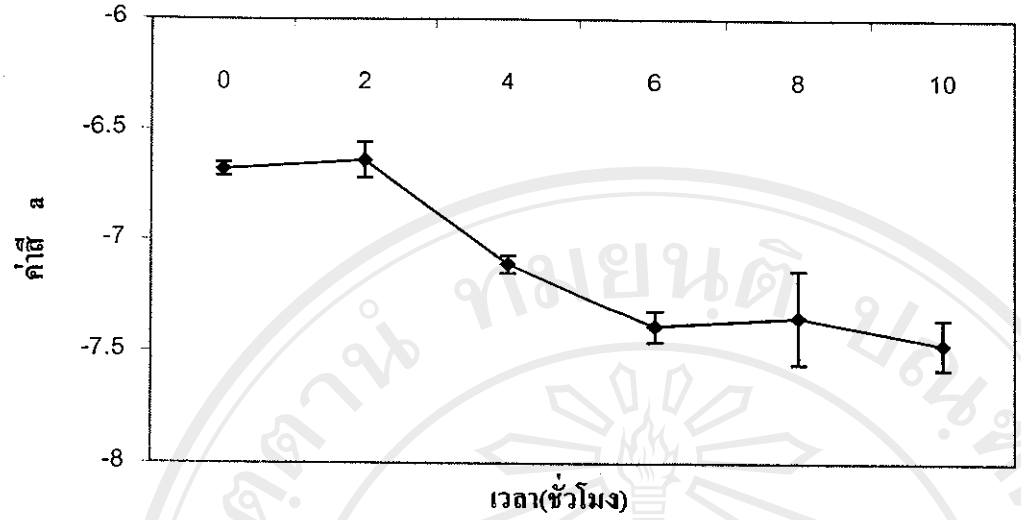


ภาพ 4.33 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าความหนืด ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง

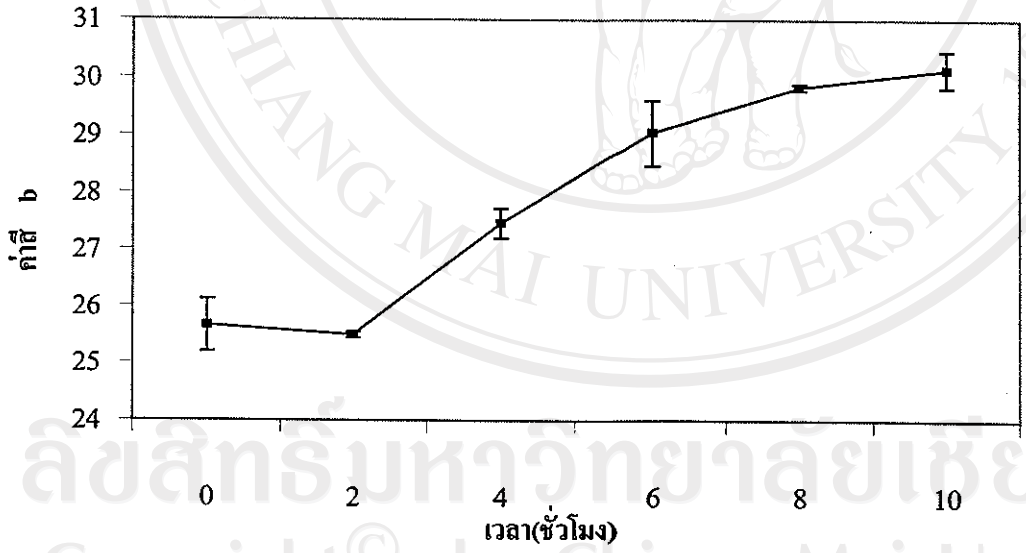


ภาพ 4.34 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี L ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

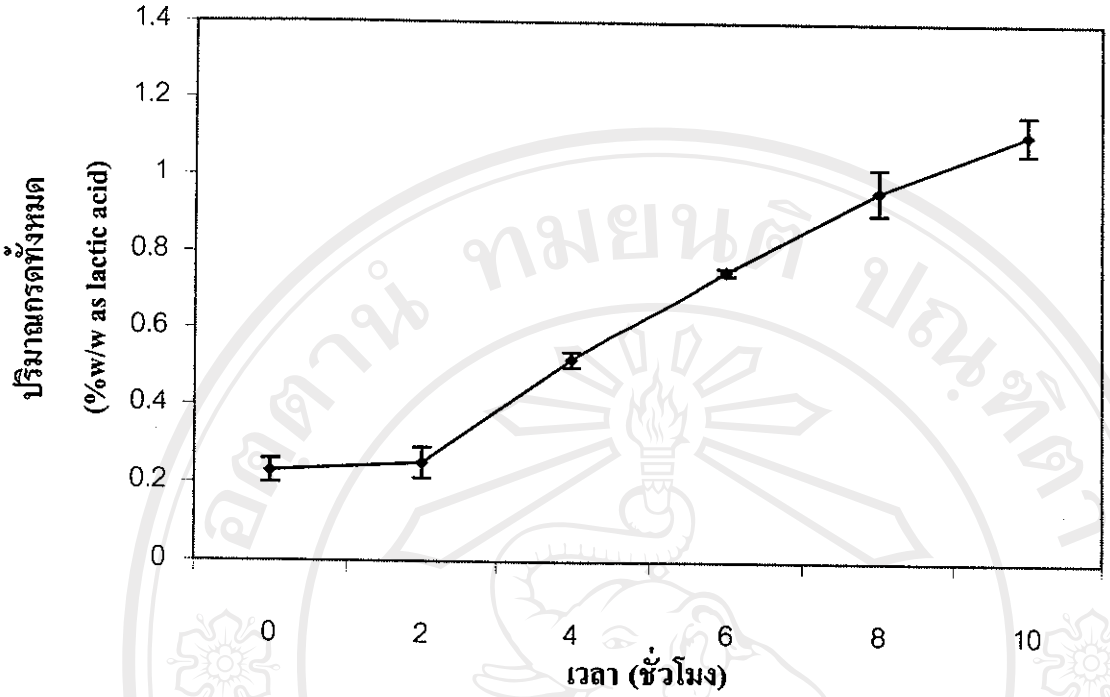


ภาพ 4.35 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี a ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง



ภาพ 4.36 การเปลี่ยนแปลงของ ค่าสี b ระหว่างกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.37 การเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่ 37 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง

4.4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด

ผลิตภัณฑ์นมหมัก เป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตผสมอยู่ด้วย อีกทั้งยังมีค่า a_w (water activity) สูงเน่าเสียได้ง่าย และจะต้องทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยรักษาคุณภาพภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการหมักให้ยังคงอยู่ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์นมหมักสามารถเสื่อมคุณภาพลงได้ เนื่องจากการปนเปื้อนจากเชื้อยีสต์และรา การเจริญเติบโตของเชื้อเริ่มต้นบางสายพันธุ์ และสร้างกรดเพิ่มขึ้นภายหลังกระบวนการหมัก (Post – acidification) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวเพิ่มขึ้น การสลายตัวของโปรตีน เนื่องจากเอนไซม์ที่เชื้อเริ่มต้นสร้างขึ้นทำให้เกิดรสขมมากขึ้น และการลดลงของปริมาณเชื้อเริ่มต้นบางชนิดขณะเก็บรักษา ทำให้คุณประโยชน์ที่จะได้จากการบริโภคลดลง ในการทดลองนี้ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นมหมัก โดยทำการกำหนดอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารนม และเป็นอุณหภูมิในตู้เย็นทั่วไป พบว่าสามารถเก็บรักษาได้ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังนี้

- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมี และทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด**

ตาราง 4.15 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเคมี และทางด้านจุลชีววิทยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ในช่วง 2 สัปดาห์ แรกของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นคุณภาพดังกล่าวยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่า คุณภาพดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน คือ ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณน้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา พบว่าปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นกัน และพบว่าในผลิตภัณฑ์ไม่มีการเจริญหรือมีการปนเปื้อนของ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณยีสต์และรา ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด (4 สัปดาห์) (ต่ำกว่า 3 MPN/g และต่ำกว่า 10 cfu/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523), ฉบับที่ 99 (พ.ศ.2529) และฉบับที่ 267 (พ.ศ. 2545) ในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522) และได้แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางด้านเคมี และทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดตลอดอายุการเก็บรักษา (4 สัปดาห์) ดังแสดงในภาพ 4.38 และ 4.39 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

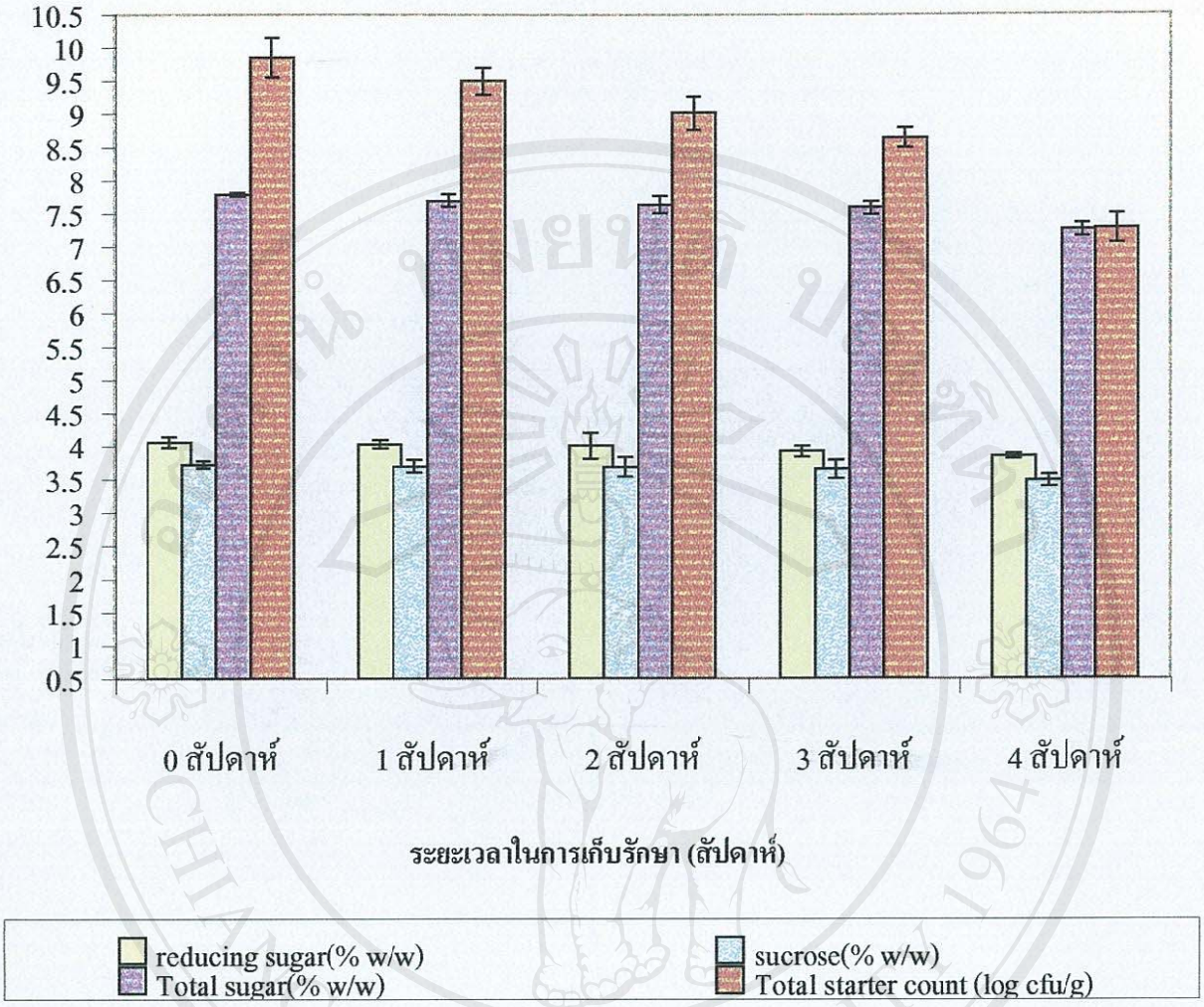
ตาราง 4.15 การเปรียบเทียบ ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

คุณภาพเคมี-จุลชีววิทยา	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
ปริมาณกรดทั้งหมด (%w/w as lactic acid)	1.11±0.05*[a]	1.12±0.05[a]	1.14±0.03[a]	1.25±0.04[b]	1.34±0.03[c]
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	3.97±0.03[a]	3.90±0.02[a]	3.85±0.01[b]	3.50±0.01[c]	3.35±0.03[c]
น้ำตาลซูโครส (%w/w)	3.73±0.05[a]	3.70±0.10[a]	3.69±0.15[a]	3.65±0.14[b]	3.48±0.09[c]
น้ำตาลรีดิวซ์ (%w/w as invert sugar)	4.06±0.08[a]	4.03±0.06[a]	4.01±0.20[a]	3.92±0.08[b]	3.85±0.04[b]
น้ำตาลทั้งหมด (%w/w)	7.79±0.03[a]	7.70±0.10[a]	7.64±0.13[b]	7.59±0.10[b]	7.26±0.10[c]
ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (MPN/g)	ต่ำกว่า 3	ต่ำกว่า 3	ต่ำกว่า 3	ต่ำกว่า 3	ต่ำกว่า 3
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	ต่ำกว่า 10	ต่ำกว่า 10	ต่ำกว่า 10	ต่ำกว่า 10	ต่ำกว่า 10
เชื้อเริ่มต้น (log cfu/g)	9.85±0.30[a]	9.50±0.20[a]	9.02±0.25[a]	8.65±0.15[b]	7.28±0.22[c]

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

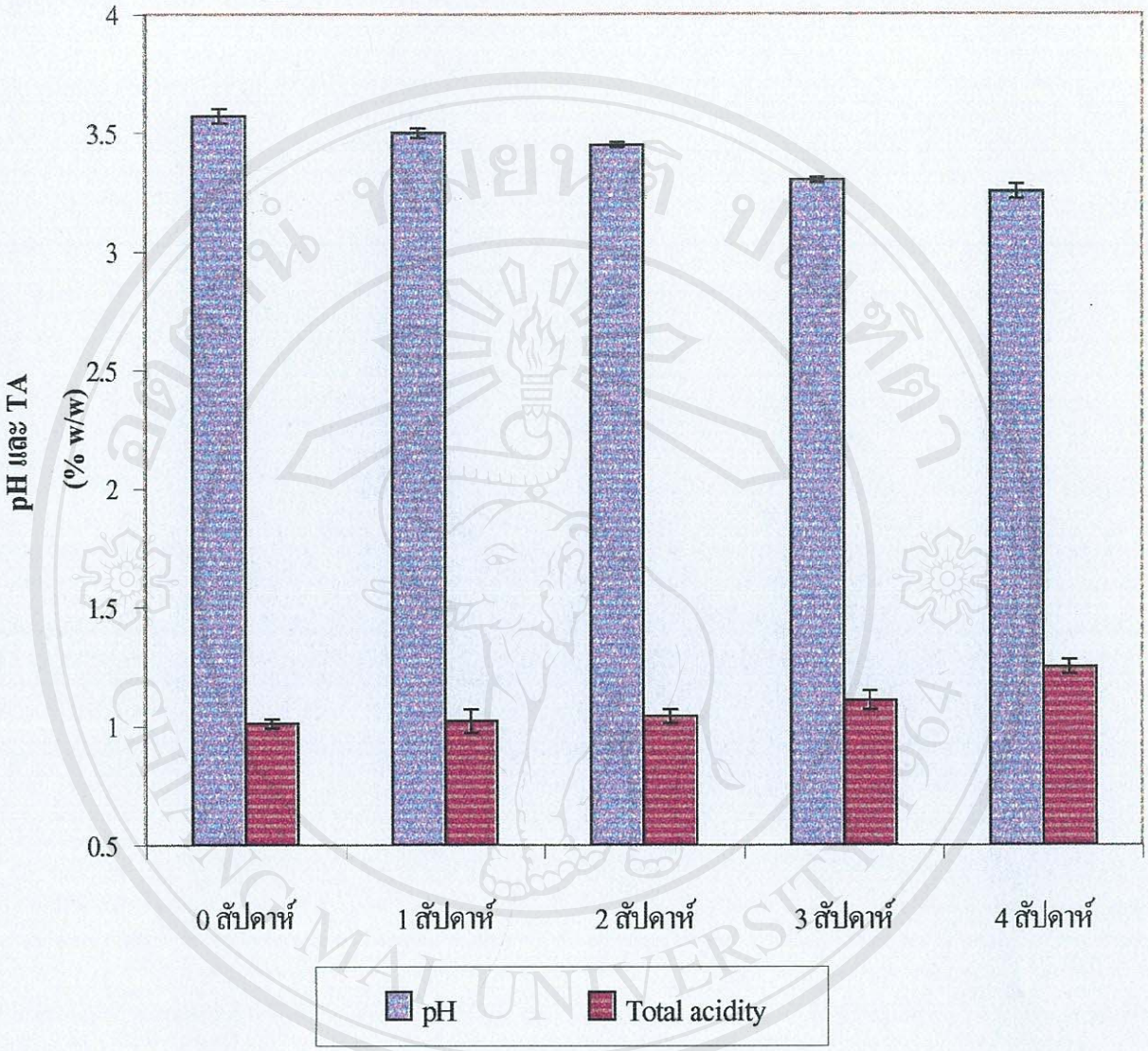
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.38 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ นั้น แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิดังกล่าวจุลินทรีย์เริ่มต้นยังมีการเจริญ และกิจกรรมในการสร้างกรด และสารประกอบต่างๆ อยู่ ถึงแม้อัตราการเจริญของเชื้อจะช้าลง แต่เมื่อให้เวลานานพอ (มากกว่า 2 สัปดาห์) นั้น พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น มีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับที่ 0, 1 และ 2 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.39 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด**

ตาราง 4.16 การเปรียบเทียบ ค่าความหนืด และค่าสี Hunter ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด เก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

คุณภาพทางกายภาพ	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
ความหนืด (เซนติพอยส์)	17,500±319*[a]	16,520±116[a]	15,870±220[a]	10,560±109[b]	8,770±145[c]
ค่าสี L	91.33±0.01[a]	91.36±0.01[a]	91.75±0.02[a]	91.75±0.01[a]	92.25±0.02[b]
ค่าสี a	-7.47±0.02[a]	-7.48±0.01[a]	-7.49±0.01[a]	-7.51±0.01[b]	-7.54±0.02[c]
ค่าสี b	30.14±0.01[a]	30.15±0.03[a]	30.25±0.01[a]	30.37±0.01[a]	30.75±0.01[b]

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

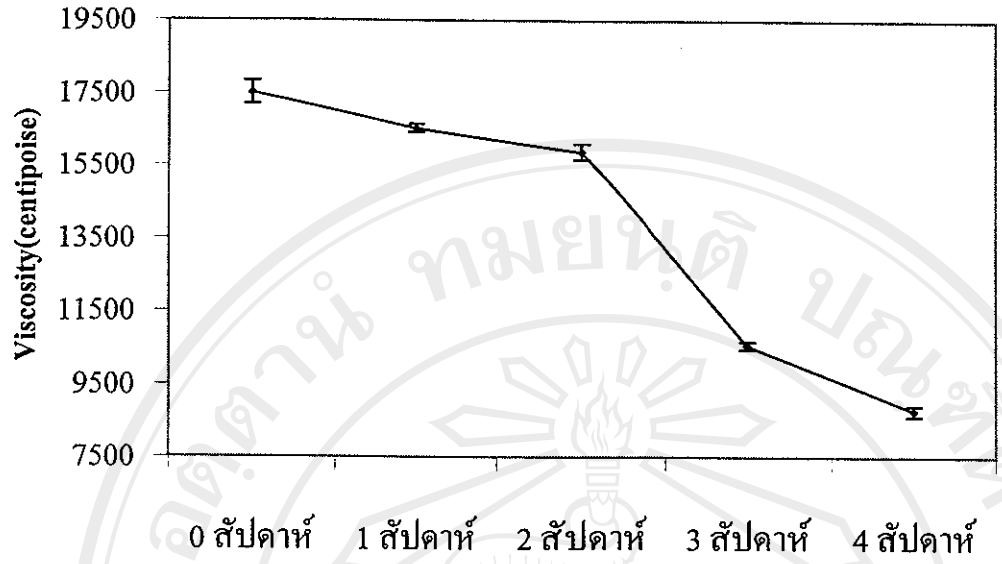
ตาราง 4.16 ภาพ 4.40, 4.41, 4.42 และ 4.43 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพ พบว่า ค่าความหนืดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และในช่วงการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส ความหนืดมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) ที่เกิดจากเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนที่เชื้อเริ่มต้นสร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก (ภวัต, 2544)

การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L พบว่า ค่าสี L มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ในการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาจเกิดจากการตกตะกอนของโปรตีนมีมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ทึบแสง ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4

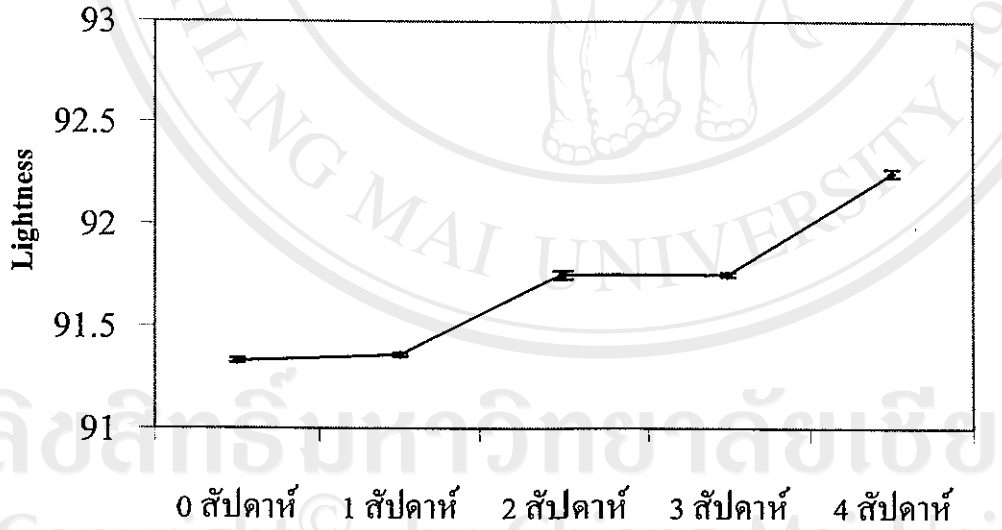
การเปลี่ยนแปลงค่าสี a พบว่าในช่วงอายุการเก็บรักษานั้นผลิตภัณฑ์จะมีค่าสี a ติดลบมากขึ้น นั้นหมายถึงผลิตภัณฑ์จะมีโทนสีเขียวมากขึ้น โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 4 จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เก็บที่ 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าสี b มีค่าสูงขึ้น ในสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นั้นหมายความว่าผลิตภัณฑ์จะมีโทนสีเหลืองเข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับที่ 0 สัปดาห์ เหตุผลคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L และ ค่าสี a คือ การสร้างกรดเพิ่มขึ้นภายหลังการหมักทำให้โปรตีนรัดตัวแน่นขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความทึบแสงมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์สะท้อนแสงได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง และค่าสี b เพิ่มมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

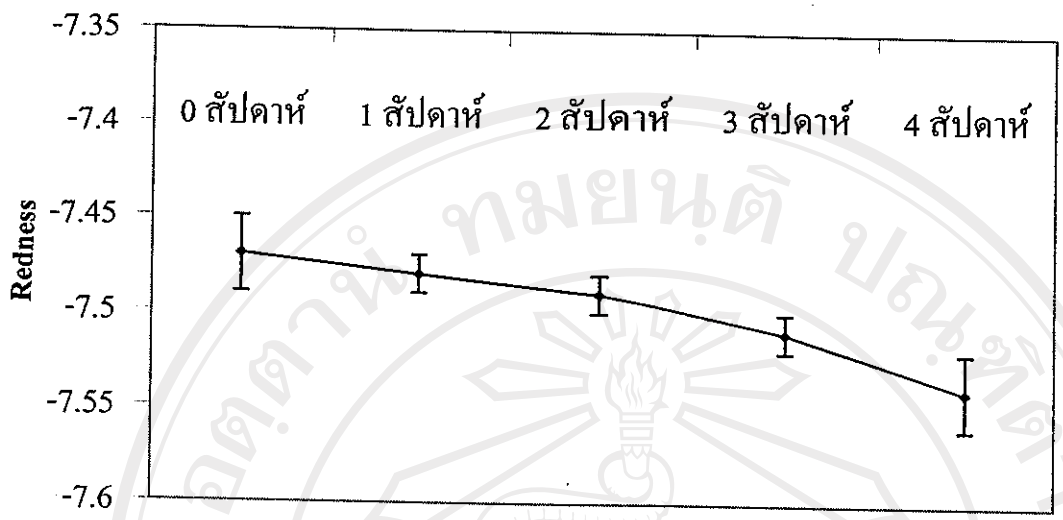


ภาพ4.40 การเปลี่ยนแปลงของความหนืดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

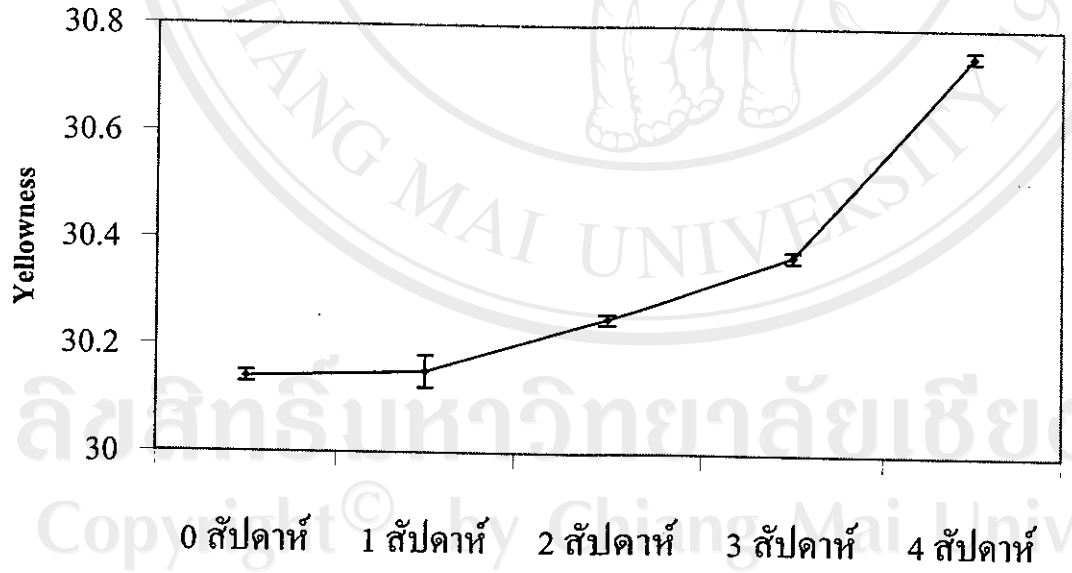


ภาพ 4.41 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.42 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี a ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์



ภาพ 4.43 การเปลี่ยนแปลงของค่าสี b ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด ระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด**

ตาราง 4.17 การเปรียบเทียบค่า Mean ideal ratio scores ของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลักษณะ	เริ่มต้น	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
สี	1.00±0.12	1.00±0.08	1.01±0.09	1.01±0.23	1.05±0.05
ความเรียบเนียน	0.99±0.15	1.00±0.11	1.00±0.09	0.98±0.22	1.00±0.14
การแยกตัวของน้ำเวย์	0.97±0.20^{a}	0.98±0.14^{a}	1.02±0.14^{a}	1.15±0.15^{b}	1.28±0.16^{c}
ความลื่นคอ	1.01±0.10^{a}	1.00±0.11^{a}	0.98±0.25^{a}	0.87±0.12^{b}	0.84±0.28^{b}
ความข้นหนืด	1.01±0.08^{a}	1.01±0.23^{a}	1.02±0.08^{a}	0.94±0.06^{b}	0.76±0.11^{c}
กลิ่นนมผง	0.97±0.11^{a}	0.98±0.14^{a}	0.96±0.02^{a}	0.82±0.18^{b}	0.80±0.08^{b}
กลิ่นข้าวโพด	0.98±0.14^{a}	0.99±0.08^{a}	1.02±0.10^{a}	1.12±0.25^{b}	1.05±0.07^{a}
กลิ่นกรด	1.00±0.05^{a}	1.01±0.14^{a}	1.06±0.16^{b}	1.17±0.09^{c}	1.23±0.06^{d}
รสเปรี้ยว	0.97±0.09^{a}	1.00±0.23^{a}	1.00±0.08^{a}	1.20±0.10^{b}	1.28±0.13^{b}
รสหวาน	1.00±0.18^{a}	1.01±0.18^{a}	1.00±0.11^{a}	0.87±0.13^{b}	0.80±0.26^{c}
การยอมรับโดยรวม	0.90±0.28^{a}	0.92±0.13^{a}	0.91±0.10^{a}	0.77±0.26^{b}	0.66±0.13^{c}

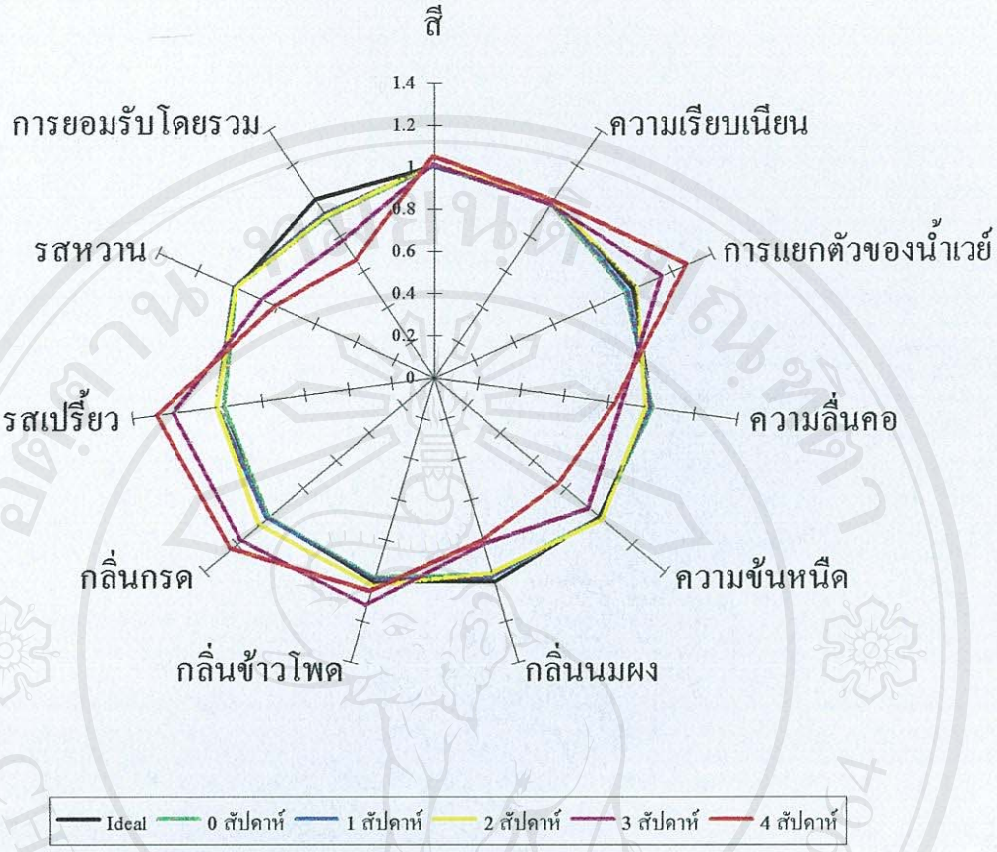
หมายเหตุ : * หมายถึง Mean ideal ratio score±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

ตาราง 4.17 และภาพ 4.44 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยลักษณะส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเก็บรักษานานกว่า 2 สัปดาห์ ทำให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิมลดลงอย่างชัดเจน ส่งผลให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าของ ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นนมผง รสหวาน และการยอมรับโดยรวม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานเกิน 2 สัปดาห์ ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษานั้น ผลิตภัณฑ์ยังมีกิจกรรมจากเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นอยู่ ทำให้เชื้อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารอาหาร (น้ำตาล) ในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ ค่าความหวาน กลิ่นนมผง และการยอมรับโดยรวมลดลง และอาจเนื่องมาจากการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) ที่เกิดจากเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่เชื้อเริ่มต้นสร้างขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก ส่งผลทำให้ค่าความหนืดลดลง (ภวัต, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.44 เค้าโครงผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ลักษณะ การแยกตัวของน้ำเวย์ กลิ่นกรด และรสเปรี้ยว มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากระหว่างการเก็บรักษานั้นเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นยังมีกิจกรรมอยู่ ซึ่งกิจกรรมจะดำเนินไปอย่างช้าๆ จนกระทั่งเวลานานพอ (มากกว่า 2 สัปดาห์) จึงทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ลดลง กลิ่นกรด และรสเปรี้ยวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการสร้างกรดภายหลังการหมัก ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง นอกจากสร้างกรดแล้ว เชื้อเริ่มต้นยังสร้างกลิ่นกรดเพิ่มขึ้นทำให้ผู้ทดสอบชิมรับรู้กลิ่นกรดเพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส แล้วพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพด คือ 2 สัปดาห์ เพราะคุณภาพส่วนใหญ่ของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ตอนที่ 5. ศึกษาการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตนมข้าวโพดที่ทำการพัฒนาขึ้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มผสมสมุนไพร พร้อมทั้งทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

การทดลองในตอนที่ 4 ทำให้ได้สูตร และกระบวนการผลิตโยเกิร์ตนมข้าวโพดที่เหมาะสม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม และทำการประเมินคุณภาพทางด้านต่างๆ คือ ทางด้านกายภาพ ทางด้านเคมี ทางด้านจุลชีววิทยา และทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งจากผลการทดลอง และการทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ นั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติ และคุณภาพที่เหมาะสมสามารถจะนำไปประยุกต์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรได้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมี จากผลการทดลองแบบ Mixture Design; 8 สิ่งทดลอง นั้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงระดับการใช้ของส่วนผสม สมุนไพรทั้ง 3 ชนิดนั้น มีผลกระทบต่อค่า สี L ค่าสี a ค่าสี b และความหนืด ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าสังเกตอื่นๆ นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของส่วนผสมน้ำสมุนไพรผสมในสูตรการทดลองของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรดังแสดงในตาราง 4.18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลองที่	ปริมาณกรดทั้งหมด (% w/w as lactic acid)	ความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)	น้ำตาลซูโครส (% w/w)	น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w)	น้ำตาลทั้งหมด (% w/w)
1	0.65±0.05	4.25 ±0.01	13.50±0.50	6.78±0.12	20.90±0.45
2	0.66 ±0.04	4.23±0.01	13.25±0.36	6.98±0.17	20.85±0.25
3	0.64±0.01	4.24±0.02	13.65±0.28	6.78±0.22	21.06±0.36
4	0.65±0.02	4.21±0.02	13.58±0.15	7.01±0.21	20.88±0.65
5	0.64±0.09	4.70±0.03	13.89±0.20	6.79±0.50	20.89±0.55
6	0.67±0.07	4.26±0.01	13.06±0.21	6.88±0.55	21.00±0.49
7	0.66±0.05	4.24±0.01	13.55±0.31	6.95±0.41	20.92±0.28
8	0.64±0.06	4.20±0.02	13.87±0.17	6.79±0.36	21.18±0.15

สิ่งทดลองที่	ค่าสี L	ค่าสี a	ค่าสี b	ความหนืด (centipoise)
1	79.83±0.18^{a}	-3.40±0.02^{c}	22.80±0.32^{bc}	9.10±0.14^{ab}
2	79.25±0.02^{a}	-3.35±0.02^{bc}	21.85±0.05^{b}	8.85±0.07^{a}
3	79.78±0.53^{a}	-3.35±0.02^{bc}	22.09±0.82^{b}	9.80±0.28^{b}
4	80.21±0.24^{ab}	-3.02±0.04^{a}	22.57±0.54^{bc}	8.60±0.14^{a}
5	79.80±0.10^{a}	-2.98±0.05^{a}	20.46±0.49^{a}	8.80±0.14^{a}
6	80.71±0.12^{b}	-3.13±0.04^{b}	23.52±0.47^{c}	9.85±0.35^{b}
7	80.94±0.03^{b}	-2.92±0.01^{a}	24.35±0.04^{d}	9.60±0.14^{b}
8	81.32±0.01^{c}	-3.18±0.02^{b}	24.22±0.02^{d}	9.65±0.21^{b}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมีที่ได้ ไปวิเคราะห์ทางด้านสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษากับผลกระทบต่อลักษณะต่างๆ ในด้านกายภาพ และเคมี โดยหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของสมุนไพรในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าสังเกตนั้นที่ได้จากการทดลอง ที่มีต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistix v.7.0 (SXW) ซึ่งแสดงผลได้ดังนี้

ความหนืด (cp) = -9.581*M-29.025*C-40.997*T+95.556*M*C+95*M*T+127.222*C*T

$R^2 = 0.9780$

ค่าสี L = 52.256*M-45.989*C-84.861*T+242.223*M*C+195*M*T
+504.556*C*T

$R^2 = 0.9880$

ค่าสี a = -8.721*M-27.943*C-70.921*T+40.889*M*C+90*M*T+149.555*C*T

$R^2 = 0.9690$

ค่าสี b = -3.643*M-137.732*C+47.507*T+348*M*C-135*M*T+308.333*C*T

$R^2 = 0.9540$

ซูโครส (% w/w) = 11.272*M-7.417*C+14.305*T+38.222*M*C-8*M*T+42.222*C*T

$R^2 = 0.9300$

น้ำตาลรีดิวซ์ (% w/w) (as invert sugar) = 8.466*M+9.288*C+18.449*T-3.111*M*C-21*M*T-22.111*C*T

$R^2 = 0.9940$

น้ำตาลทั้งหมด (% w/w) = 17.486*M+11.108*C+16.536*T+22.667*M*C+9*M*T+23*C*T

$R^2 = 0.9440$

ปริมาณกรด (% w/w) (as lactic acid) = -0.084*M-0.507*C-4.518*T+2.667*M*C+8*M*T+9.333*C*T

$R^2 = 0.9920$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

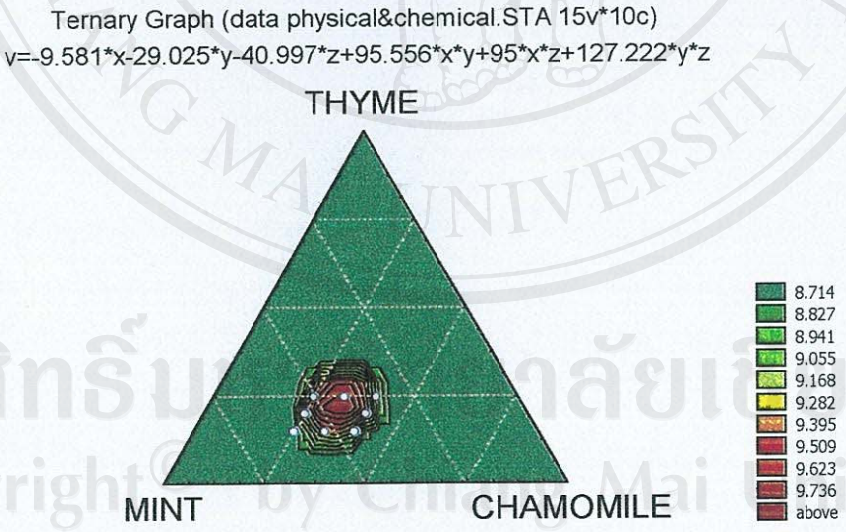
ความเป็นกรดด่าง = 0.988*M+0.988*C-58.162*T-2.222*M*C+99*M*T+96.111*C*T

$R^2 = 0.9900$

หมายเหตุ : C หมายถึง Chamomile, M หมายถึง Mint และ T หมายถึง Thyme

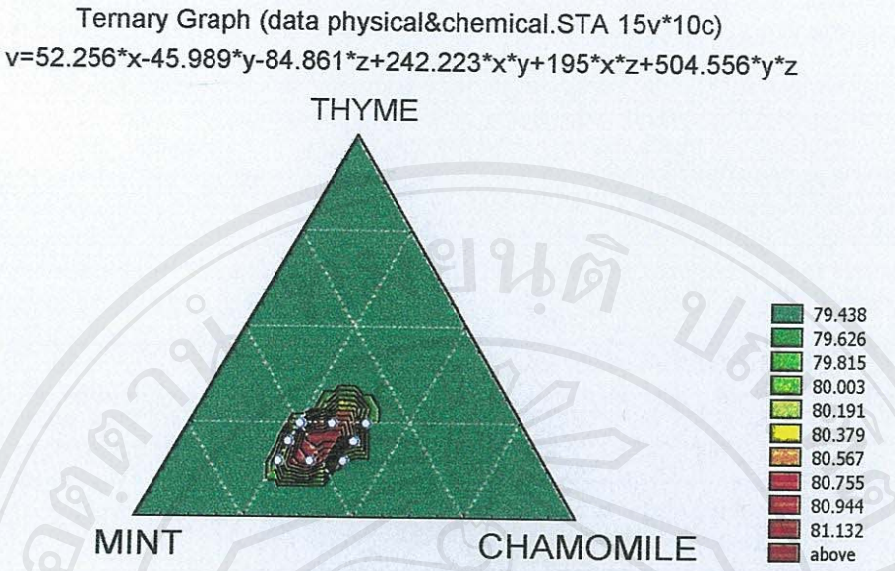
M*C, M*T และ C*T หมายถึง Interaction ระหว่างปัจจัยนั้นๆ

ตาราง 4.18 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีค่าผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ (กายภาพ และเคมี) มีความแตกต่างกัน โดยที่แต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในคุณภาพทางด้าน ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ความเป็นกรดเป็นด่าง น้ำตาลซูโครส น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด ส่วนลักษณะทางด้าน ค่าสี L ค่าสี a ค่าสี b และ ความหนืด (cp) นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ดังนั้นในขั้นตอนการทดลองต่อไปควรจะมุ่งเน้น และให้ความสำคัญกับคุณลักษณะดังกล่าว คือ ความหนืด (cp) ค่าสี L ค่าสี a และค่าสี b ซึ่งได้แสดงในรูปพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ดังภาพ 4.45, 4.46, 4.47 และ 4.48 ตามลำดับ

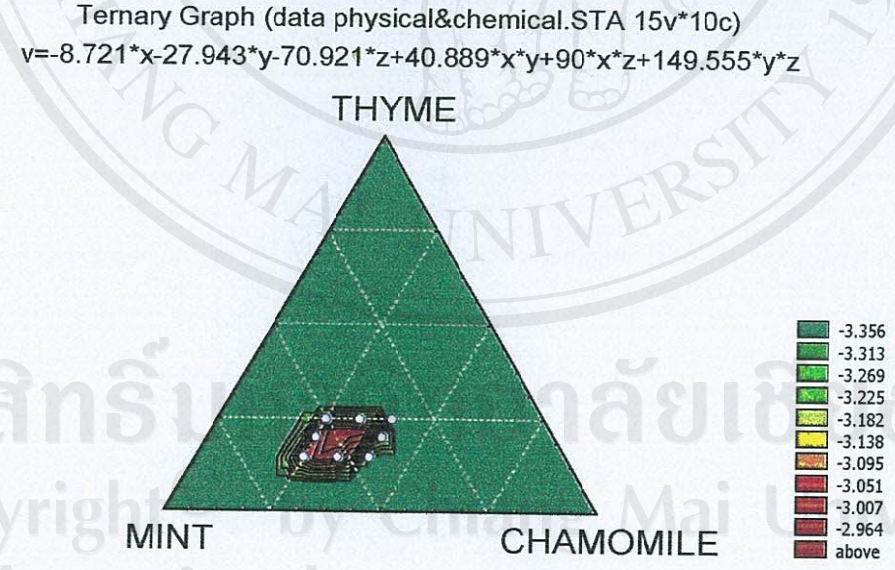


ภาพ 4.45 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของความหนืด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

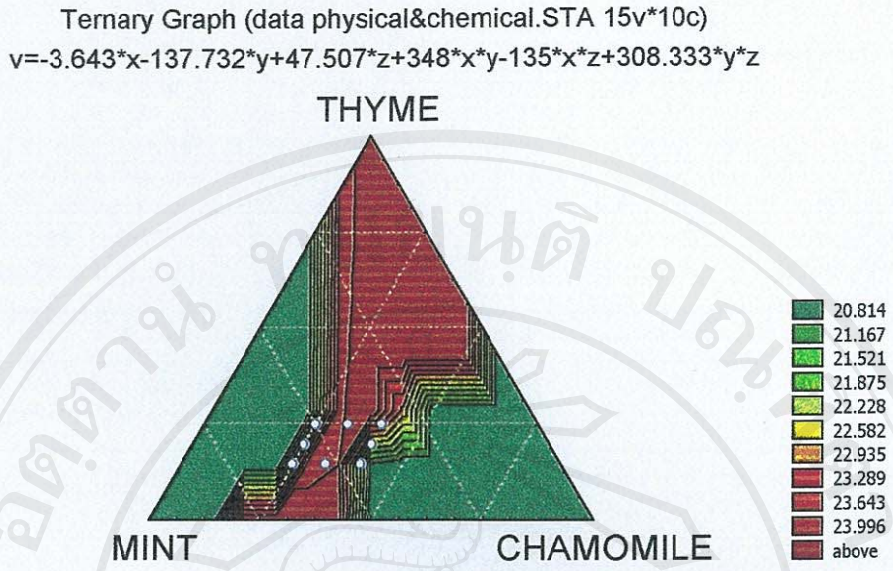


ภาพ 4.46 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าสี L



ภาพ 4.47 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าสี a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.48 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของค่าสี b

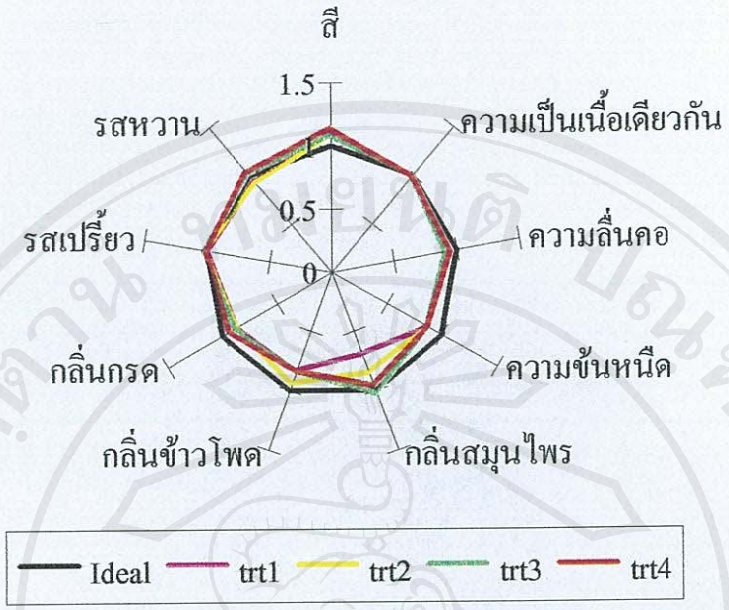
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง **4.19** ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร ที่ได้จาก Mixture Design

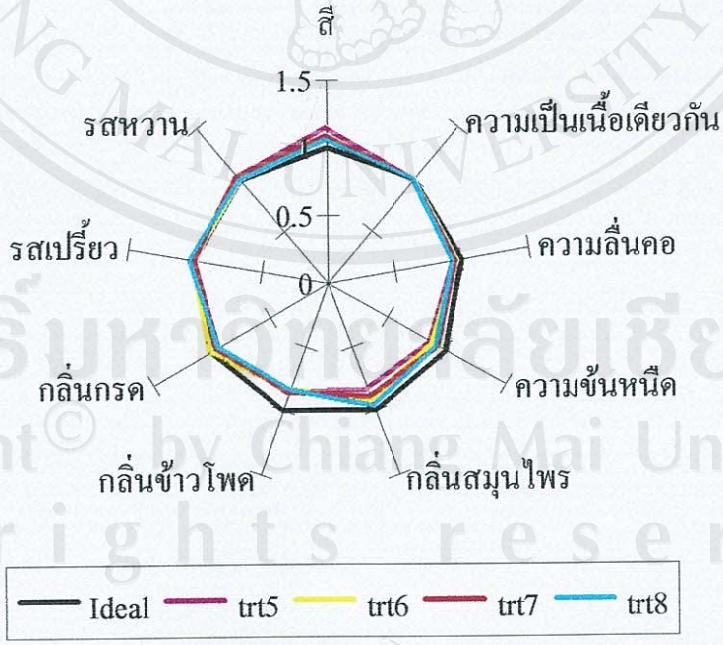
สิ่งทดลองที่	สี	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	ความลื่นคอ	ความข้นหนืด	กลิ่นสมุนไพร	กลิ่นข้าวโพด	กลิ่นกรด	รสเปรี้ยว	รสหวาน	การยอมรับโดยรวม
1	1.102±0.01^{a}	0.996±0.01	0.943±0.05	0.873±0.01	0.688±0.12^{a}	0.833±0.03	0.860±0.15	0.989±0.10	0.941±0.07	0.708±0.03^{a}
2	1.086±0.02^{a}	0.996±0.01	0.961±0.06	0.873±0.01	0.844±0.15^{ab}	0.933±0.02	0.860±0.09	1.002±0.05	0.932±0.09	0.737±0.02^{ab}
3	1.086±0.02^{a}	0.996±0.01	0.917±0.05	0.873±0.01	1.018±0.08^{c}	0.833±0.01	0.881±0.07	1.015±0.02	1.019±0.07	0.703±0.08^{a}
4	1.140±0.01^{b}	0.996±0.01	0.960±0.02	0.873±0.01	0.956±0.15^{bc}	0.833±0.15	0.930±0.08	1.000±0.05	1.037±0.16	0.826±0.12^{ab}
5	1.150±0.05^{b}	0.996±0.01	0.952±0.05	0.873±0.01	0.830±0.08^{abc}	0.858±0.20	0.930±0.15	0.996±0.06	1.029±0.23	0.673±0.01^{a}
6	1.068±0.06^{a}	0.996±0.01	0.967±0.06	0.892±0.05	0.918±0.10^{bc}	0.833±0.25	1.000±0.08	1.004±0.08	1.003±0.01	0.737±0.09^{ab}
7	1.086±0.08^{a}	0.996±0.01	0.963±0.03	0.963±0.06	0.891±0.20^{abc}	0.858±0.30	0.947±0.20	0.998±0.09	1.029±0.05	0.717±0.12^{a}
8	1.064±0.12^{a}	0.996±0.01	0.947±0.06	0.928±0.06	0.965±0.15^{bc}	0.833±0.08	0.930±0.25	1.030±0.14	1.003±0.14	0.891±0.15^{b}

หมายเหตุ: * ค่า Mean ideal ratio scores ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบชิม 10 คน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$



ภาพ 4.49 เค้าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรสิ่งทดลองที่ 1 – 4 ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture Design



ภาพ 4.50 เค้าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรสิ่งทดลองที่ 5 – 8 ที่ได้จากแผนการทดลองแบบ Mixture Design

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.19 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ย Ideal ratio score ของลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ โดยรวมแล้วในแต่ละสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีเพียงลักษณะ สี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวม ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) พบว่าลักษณะ สี ในสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 7 มีค่า Mean ideal ratio score กับ ค่าในอุดมคติ (Ideal) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสิ่งทดลองที่ 4, 5, 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างจากค่าในอุดมคติ (Ideal) และพบว่าคุณลักษณะของกลิ่นสมุนไพร ในสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 มีค่า Mean ideal ratio score แตกต่างจากค่าในอุดมคติ (Ideal) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) นั้นหมายความว่าในสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบชิมอย่างมีนัยสำคัญกับสิ่งทดลองที่เหลือในลักษณะของ กลิ่นสมุนไพร และส่วนการยอมรับโดยรวมนั้นพบว่าทุกสิ่งทดลองยังไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้ทดสอบชิม

การเปลี่ยนแปลงระดับการใช้ส่วนผสมของสมุนไพร มีผลกระทบต่อค่าการยอมรับของผลิตภัณฑ์โดยตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ในลักษณะของ สี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวม ส่วนลักษณะอื่นๆ นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของสมุนไพรแต่ละชนิด ซึ่งหมายถึง การเติมน้ำสมุนไพรผสมนั้นไม่มีผลกระทบต่อลักษณะดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

นำข้อมูลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยที่ ทำการศึกษากับผลกระทบต่อลักษณะต่างๆ ในด้านประสาทสัมผัส โดยหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของสมุนไพรในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ย Ideal ratio score ที่ผู้ทดสอบชิมที่มีต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistix v.7.0 (SXW) ซึ่งแสดงผลได้ดังนี้

สี = $1.958*M+2.531*C-1.079*T-5.067*M*C+2.2*M*T+1.8*C*T$

$R^2 = 0.9810$

ความเป็นเนื้อเดียวกัน = $0.996*M+0.996*C+0.996*T+3.958*10^{-6}*M*C-2.968*10^{-6}*M*T-9.895*10^{-7}*C*T$

$R^2 = 0.9999$

ความลื่นคอ = $0.687*M-0.159*C-3.531*T+1.733*M*C+5.7*M*T+9.1*C*T$

$R^2 = 0.9940$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความข้นหนืด = -0.327*M-3.956*C-2.633*T+10.489*M*C+3.8*M*T+14.289*C*T

$R^2 = 0.9300$

กลิ่นสมุนไพร = -0.677*M-1.762*C+4.579*T+9.156*M*C-1*M*T-6.378*C*T

$R^2 = 0.9310$

กลิ่นข้าวโพด = 0.864*M+3.141*C+5.614*T-2.222*M*C-5*M*T-13.889*C*Y

$R^2 = 0.9320$

กลิ่นกรด = -1.071*M-5.24*C-22.092*T+9.911*M*C+32.9*M*T+46.078*C*T

$R^2 = 0.9690$

รสเปรี้ยว = 0.669*M+0.229*C+1.749*T+2.222*M*C-0.6*M*T-0.244*C*T

$R^2 = 0.9860$

รสหวาน = 0.167*M-2.757*C-8.634*T+6*M*C+13.5*M*T+21.3*C*T

$R^2 = 0.9780$

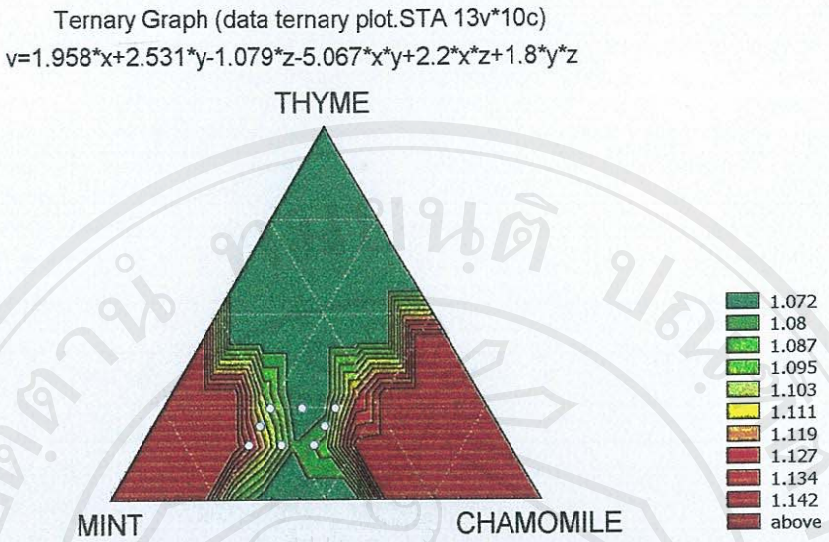
การยอมรับรวม = 0.653*M-4.41*C+7.929*T+10.756*M*C-15.4*M*T+1.622*C*T

$R^2 = 0.9490$

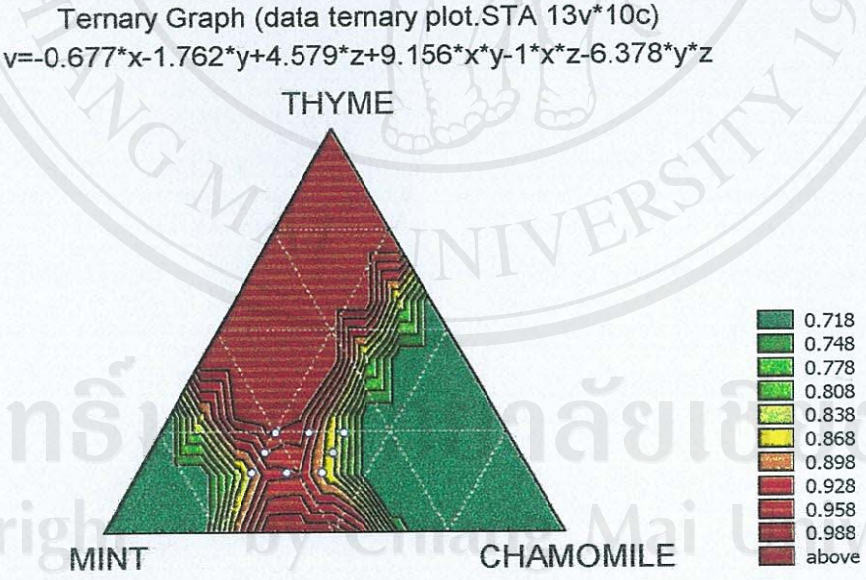
หมายเหตุ : C หมายถึง Chamomile, M หมายถึง Mint และ T หมายถึง Thyme
M*C, M*T และ C*T หมายถึง Interaction ระหว่างปัจจัยนั้นๆ

ตาราง 4.19 แสดงให้เห็นว่าแต่ละสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสในแต่ละลักษณะแตกต่างกันบ้าง แต่ในภาพรวมมีทิศทางคล้ายคลึงกันดังนี้คือ สิ่งทดลองมีคะแนนความชอบด้านความเป็นเนื้อเดียวกัน ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นข้าวโพด กลิ่นกรด รสเปรี้ยว และรสหวาน ใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ แต่พบว่าสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบในด้าน สี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมต่างจากค่าในอุดมคติ ดังนั้นในขั้นตอนการทดลองต่อไปควรที่จะมุ่งเน้นในการพัฒนาในคุณลักษณะดังกล่าวให้เข้าใกล้ค่าในอุดมคติให้มากขึ้น คุณลักษณะด้าน สี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวม แสดงในรูปพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface) ดังภาพ 4.51, 4.52 และ 4.53 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

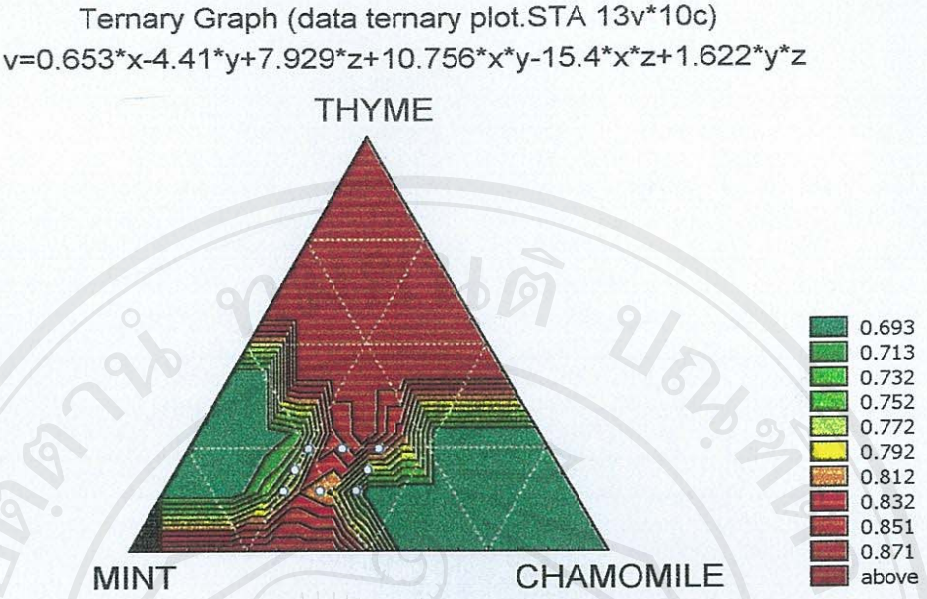


ภาพ 4.51 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะสี



ภาพ 4.52 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะกลิ่นสมุนไพร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.53 ภาพพื้นที่การตอบสนอง Ternary graph ที่ได้จากสมการถดถอย (Regression Equation) ของลักษณะการยอมรับโดยรวม

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix (SXW) version 7.0 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear regression) ระหว่างสัดส่วนของสมุนไพรในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยคะแนนทางด้านประสาทสัมผัส ค่าทางกายภาพ และทางเคมี ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยกัน (Interaction) และใช้โปรแกรมวิเคราะห์เชิงเส้น LP88 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ไว้สำหรับการหาอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด (Optimized formulation) ของส่วนผสมของน้ำสมุนไพรผสมทั้ง 3 ชนิด ตามสมการเชิงเส้นของแต่ละค่าสังเกตทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และทางด้านประสาทสัมผัส ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของปัจจัยที่ใช้เป็นสัดส่วนผสมน้ำสมุนไพรผสมที่ได้ทำการกำหนดไว้เบื้องต้นแล้ว (ตาราง 3.9 และ 3.10)

การแก้สมการเพื่อหาจุดที่เหมาะสม (Optimization) ของระดับการใช้ของแต่ละปัจจัย (มินต์ คาโมมาย และทาย์ม) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส กายภาพ และทางด้านเคมี ในแต่ละสิ่งทดลองมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างอัตราส่วนผสมสมุนไพรที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลองกับลักษณะต่างๆ (Attribute) ที่ศึกษา โดยทำการหาความสัมพันธ์ (Regress) ค่าของลักษณะนั้นกับอัตราส่วนผสมสมุนไพร 3 ปัจจัย ทีละคู่ รวมถึงอิทธิพลร่วม (Interaction) ของอัตราส่วนดังกล่าวด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression) ที่นำมาทำ Partial derivatives และใช้เทคนิค Lag range จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อหาอัตราส่วนผสมสมุนไพรที่เหมาะสมต่อลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นั้นๆ ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น LP88 (POM) ตัวอย่างการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังตัวอย่างที่ ง.1 ในภาคผนวก ง

ตาราง 4.20 อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำสมุนไพรที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming; POM)

ลักษณะสำคัญ	อัตราส่วนผสมสมุนไพร (% w/w)		
	มินต์	คาโมมาย	ทาย์ม
สี	41.54	33.46	25.00
ความเรียบเนียน	45.12	29.88	25.00
ความลื่นคอ	44.70	30.26	25.00
ความข้นหนืด	56.28	25.15	18.57
กลิ่นสมุนไพร	49.18	33.90	16.92
กลิ่นข้าวโพด	48.77	36.04	15.19
รสเปรี้ยว	56.12	28.66	15.22
รสหวาน	47.33	35.19	17.48
การยอมรับโดยรวม	50.08	34.65	15.87
ความหนืด	42.68	38.89	18.43
ค่าสี L	56.33	28.16	15.51
ค่าสี a	55.33	28.20	16.47
ค่าสี b	56.97	27.24	15.79
น้ำตาลรีดิวซ์	55.22	26.33	18.45
น้ำตาลทั้งหมด	50.23	29.77	20.00
กรดทั้งหมด	52.08	32.19	15.73
ความเป็นกรดเป็นด่าง	50.66	30.11	19.23
ค่าเฉลี่ย (Mean)	50.51	31.04	18.45
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	$\pm$ 5.05	$\pm$ 3.79	$\pm$ 3.44

ตาราง 4.20 สามารถอธิบายได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสมน้ำสมุนไพรผสมขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญด้าน สี ความเรียบเนียน ความลื่นคอ ความข้นหนืด กลิ่นสมุนไพร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลิ่นข้าวโพด รสเปรี้ยว รสหวาน การยอมรับโดยรวม ความหนืด ค่าสี L ค่าสี a ค่าสี b น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อนำค่าของอัตราส่วนของ มินต์, คาโมมาย และทาย์ม ของลักษณะทั้งหมดในตาราง 4.20 มาเฉลี่ยได้อัตราส่วนที่เหมาะสมดังแสดงในตาราง 4.21

ตาราง 4.21 สูตรน้ำสมุนไพรผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (% w/w)
ยูเอสเอ มินต์ (USA. Mint)	50.51
คาโมมาย (Chamomile)	31.04
ทาย์ม (Thyme)	18.45

5.4 การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

จากการศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ และได้ทำการพัฒนาจนกระทั่งได้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม เตรียมผลิตภัณฑ์ตามสูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพดี และเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมดังแสดงในตาราง 4.22, 4.23, 4.24 และ 4.25 ตามลำดับ

ตาราง 4.22 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ค่าสีระบบฮันเตอร์	
ค่าสี L	79.92±0.01
ค่าสี a	-3.06±0.02
ค่าสี b	22.36±0.16
ความข้นหนืด (centipoise)	8.55±07

- ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.23 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ (%w/w as lactic acid)	0.69±0.04
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	4.23±0.02
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (%w/w)	13.73±0.15
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (%w/w as invert sugar)	6.86±0.20
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (%w/w)	20.79±0.23

- ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตาราง 4.24 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN/g)	< 3
ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g)	< 10

- ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.25 ค่า Mean Ideal Ratio Score ของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร ที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ลักษณะ	Mean ideal ratio score±Standard deviation
สี	1.05±0.07
ความเป็นเนื้อเดียวกัน	0.99±0.02
ความลื่นคอ	0.98±0.03
ความข้นหนืด	1.01±0.12
กลิ่นสมุนไพร	1.04±0.15
กลิ่นข้าวโพด	0.97±0.19
กลิ่นกรด	0.99±0.04
รสเปรี้ยว	1.02±0.07
รสหวาน	1.02±0.04
การยอมรับโดยรวม	0.91±0.05*

- จากจำนวนผู้ทดสอบชิม 10 คน

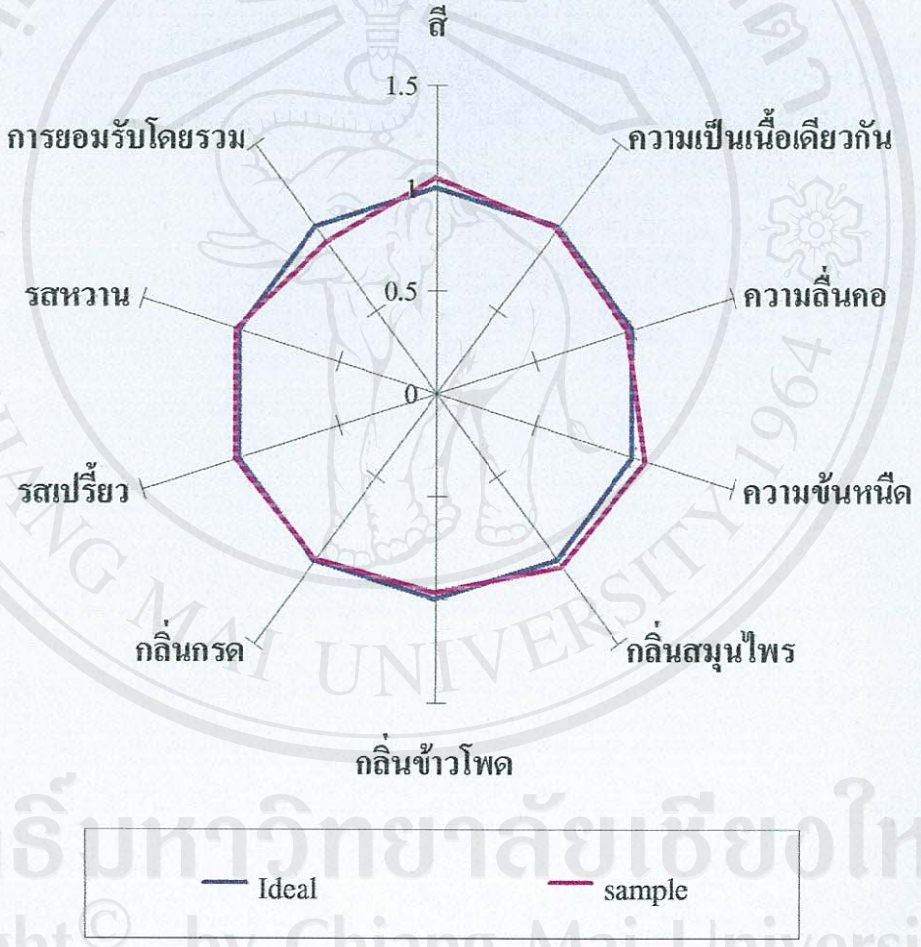
  * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับ Ideal

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร พบว่ามีคุณภาพเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523), ฉบับที่ 99 (พ.ศ. 2529) และฉบับที่ 267 (พ.ศ.2545) ในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 (ดูภาคผนวก จ)

พบว่าค่าสังเกตที่วัดได้นั้นส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด โดยผลิตภัณฑ์มีค่าสีในระบบ Hunter โดยมีค่าสี L เท่ากับ 79.92 ค่าสี a เท่ากับ –3.06 และค่าสี b เท่ากับ 22.36 โดยมีความหนืด เท่ากับ 8.55 เซนติพอยส์ ส่วนคุณภาพทางด้านเคมีนั้นพบว่าในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มผสมสมุนไพร มีปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ (as lactic acid) 0.69% ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 4.23 ปริมาณน้ำตาลซูโครส 13.73% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ในรูปน้ำตาลอินเวิร์ต) 6.86% และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 20.79%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรที่ผลิตโดยใช้สูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสม พบว่าผลการวิเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ไม่มีการเจริญหรือมีการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปริมาณยีสต์และรา (ต่ำกว่า 3MPN/g และต่ำกว่า 10 cfu/g ตามลำดับ; ซึ่งเป็นไปตามข้อบังคับของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 46 (พ.ศ. 2523), ฉบับที่ 99 (พ.ศ. 2529) และฉบับที่ 267 (พ.ศ.2545) ในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522)



ภาพ 4.54 แผนภาพเค้าโครงผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพรหลังทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากภาพ 4.54 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวพร้อมดื่มจากนมข้าวโพดผสมสมุนไพร ที่ผลิตตามสูตรผสม และกระบวนการผลิตที่ได้รับการพัฒนาแล้วจะ มีเค้าโครงผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติมากขึ้น เช่น ลักษณะ สี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวม และเมื่อผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว ทำให้ลักษณะดังกล่าวเข้าใกล้ผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีเพียงลักษณะการยอมรับโดยรวมที่ยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ ซึ่งอาจเกิดจากความคาดหวังในตัวผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิม โดยอาจจะเกิดจากลักษณะแอบแฝงอื่นๆ ที่ทำให้การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากับ ผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ แต่นั้นเมื่อทำการเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มในการยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิมมากขึ้นอยู่ในระดับที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved