ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาวิธีการทำโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากนมถั่วเหลืองที่มี ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

1.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน (25 : 75, 20 : 80, 17 : 83 และ 14 : 86)

1.1.1 การวัดค่าสี

การวัดค่าสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) พบว่าสัดส่วนของปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมีอิทธิพลต่อค่าสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับค่า L (ความสว่าง) ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกันให้ค่าความสว่างที่ใกล้เคียงกันโดยที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่า a (สีแดง) ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ (25:75) ให้ค่าสีเขียวน้อยที่สุด รองลงมาคือ 17: 83 20:80 และปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่ให้ค่าสีเขียวมากที่สุดคือ หัวเชื้อดัชมิลล์และ 14:86 ค่าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับสัดส่วน 25:75 ส่วนค่า b (สีเหลือง) ค่าที่ได้จากหัวเชื้อดัชมิลล์จะมีสีเหลืองน้อยกว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ 14:86 17: 83 20:80 และ 25:75 ($p<0.05$) และโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีสัดส่วนของถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ดัชมิลล์	63.26[a]	-1.11[b]	0.90[b]
14:86	62.55[a]	-1.15[b]	3.67[a]
17: 83	63.84[a]	-0.66[ab]	4.82[a]
20:80	58.98[a]	-0.79[ab]	5.76[a]
25:75	56.58[a]	-0.46[a]	5.58[a]

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนท์ทำ 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1.1.2 การวัดค่าความหนืด

จากผลการวิเคราะห์ความหนืดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีระดับสัดส่วนของถั่วเหลืองต่างกัน โดยใช้เครื่อง Brookfield DV- III พบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ 25:75 จะมีความหนืดมากที่สุดคือ 25860.27 เซนติพอร์ย ($p<0.05$) รองลงมาคือ 20:80 17: 83 ดัชมิลล์และ14:86 ตามลำดับ ดังตารางที่ 8 น้ำนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณของแข็งรวม (Total solid) สูง จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะและความหนืดแตกต่างไปจากการใช้นมโคในการหมักโยเกิร์ตและความแข็งแกร่งของเคิร์ดจะยิ่งมากขึ้นตามปริมาณของนมถั่วเหลืองที่ใช้ (Yamanaka and Furukawa ,1970)

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนืดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ	ความหนืด (เซนติพอร์ย)
ดัชมิลล์	566.20^{c}
14:86	522.07^{c}
17: 83	579.07^{c}
20:80	5530.47^{b}
25:75	25860.27^{a}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำอ่านค่า 10 ครั้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.1.3 การวัดค่าทางเคมี

จากการวิเคราะห์โยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่างๆกันทางด้านเคมี (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้านพีเอชและปริมาณกรดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ	พีเอช	ปริมาณกรด (ร้อยละ)
ดัชมิลล์	4.31^{a}	1.06^{a}
14:86	4.15^{c}	0.41^{c}
17:83	4.24^{b}	0.44^{c}
20:80	4.21^{bc}	0.50^{b}
25:75	4.32^{a}	0.48^{b}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากผลการวิเคราะห์หาค่าพีเอชและปริมาณกรดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน (25:75, 20:80, 17: 83 และ 14:86) และหัวเชื้อดัชมิลล์ พบว่าปริมาณถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้โยเกิร์ตมีค่าพีเอชและปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เนื่องจากคุณสมบัติของแบคทีเรียแลคติก ต้องการสารอาหารในการเจริญเติบโต เช่น วิตามินบี และกรดอะมิโน รวมทั้งต้องการอาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบในการหมักจึงจะทำให้มีการผลิตกรดแลคติคเพิ่มขึ้น (ปรียา, 2528) ดังนั้นในการทดลองจึงพบว่าปริมาณถั่วเหลืองที่สูงจะให้ปริมาณกรดสูงขึ้นตามปริมาณของสารอาหารที่แบคทีเรียแลคติกนำมาใช้ในการเจริญเติบโตและค่าพีเอชเพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณกรดเพิ่มพบว่าการผลิตกรดเพียงเล็กน้อยทำให้โยเกิร์ตยังคงเป็นด่างอยู่ เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกมีเอนไซม์ย่อยแลคโตสและเอนไซม์ย่อยโปรตีน หลังจากไม่สามารถย่อยแลคโตสได้จึงมีการย่อยสลายโปรตีนในอาหารที่มีความเป็นกรดด่างเพียงเล็กน้อยทำให้นมยังคงเป็นด่างอยู่ เนื่องจากสารบางชนิดที่ได้จากการย่อยโปรตีน (สุมาลี, 2527)

การทดลองผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากนมถั่วเหลืองที่มีปริมาณถั่วเหลืองแตกต่างกันพบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน (25:75 20:80 17: 83 และ 14:86) มีปริมาณของแข็งน้อยกว่าปริมาณของแข็งจากหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์ ($p<0.05$) โดยหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์มีปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 20.10 (ตารางที่ 10) เนื่องจากอาจมีการเติมสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์เพื่อปรับปรุงความหนืดและลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ดี ความมากน้อยในการเกิดเจลของสเตอร์โยเกิร์ต ป้องกันการแยกตัวของน้ำเวย์ ทำให้เกิดความรู้สึก

ที่ดีเมื่อรับประทาน ช่วยลดแคลอรีของโยเกิร์ตโดยไม่มีผลต่อคุณภาพ สามารถใช้แทนของแข็งในนมและไขมันนมได้ (Schmidt, 1992 ; Varnam และ Sutherland, 1994) ปริมาณของแข็งลดลงรองลงมาคือปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ 25:75 20:80 17: 83และ 14:86 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้านปริมาณของแข็งและปริมาณโปรตีนของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากสัดส่วนปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน

ปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ	ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
ดัชมิลล์	20.10^{a}	4.44^{c}
14:86	8.26^{c}	1.94^{e}
17: 83	8.74^{c}	3.45^{d}
20:80	9.86^{bc}	4.49^{b}
25:75	10.94^{b}	5.66^{a}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน (25:75 20:80 17: 83 และ 14:86)และหัวเชื้อโยเกริต์ดัชมิลล์ พบว่าหัวเชื้อดัชมิลล์โยเกริต์มีปริมาณโปรตีนคือร้อยละ 4.44 สูงกว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีสัดส่วนจากนมถั่วเหลือง 17:83 เนื่องมาจากปริมาณโปรตีนในน้ำนมโคมี มากกว่าน้ำนมถั่วเหลือง (วันเพ็ญ , 2543) แต่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำ 25:75 และ 20:80 มีปริมาณโปรตีนมากกว่าหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์ ($p<0.05$)

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากปริมาณถั่วเหลืองต่อปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน (25 : 75, 20 : 80, 17 : 83 และ 14 : 86) พบว่าสัดส่วนของโยเกิร์ตถั่วเหลือง 17 : 83 มีโปรตีนระดับพอเหมาะและมีลักษณะปรากฏที่ใกล้เคียงหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์

2. การศึกษาปริมาณของหัวเชื้อโยเกริต์ที่แตกต่างกันในการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง

2.1 การวัดค่าทางเคมี

จากการวิเคราะห์ทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ ตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยใช้ปริมาณหัวเชื้อที่แตกต่างกัน

ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์	จำนวนเชื้อในหัวเชื้อโยเกิร์ต (CFU/ml)	พีเอช
1%	3.5×10^7	5.10^a
2%	4.3×10^7	4.76^b
3%	6.0×10^7	4.74^b
4%	9.0×10^7	4.65^c
5%	9.8×10^7	4.64^c

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 2 ซ้ำ โดยตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอชพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อใช้ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้นค่าพีเอชจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์จะมีการปล่อยกรดแลคติก (นภา, 2535)

2.2 การนับจำนวนจุลินทรีย์

ศึกษาการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์ โดยบ่มหัวเชื้อเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ตามปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตที่แตกต่างกันคือ 1% 2% 3% 4% และ 5% พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามปริมาณหัวเชื้อที่ใช้ ปริมาณหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ให้ปริมาณเชื้อที่มากที่สุดคือ 5% ให้ปริมาณเชื้อเท่ากับ 9.8×10^7 รองลงมาคือ 4% 3% 2% 1% ตามลำดับ

จากการศึกษาการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ตดัชมิลล์ที่มีปริมาณหัวเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าค่าพีเอชในปริมาณหัวเชื้อ 2% มีลักษณะของเคิร์ดเป็นเคิร์ดที่แข็งแกร่งไม่อ่อนเหลว ไม่หดตัวเป็นก้อนแยกกันจึงเพียงพอที่จะใช้ศึกษาต่อไปโดยไม่ต้องใช้ปริมาณหัวเชื้อสูง

3. การศึกษาการคัดเลือกหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากโยเกิร์ตทางการค้า 3 ยี่ห้อ (ดัชมิลล์ โฟรโมสต์ และเมจิ)

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ

3.1.1 การวัดค่าสี

จากผลการวิเคราะห์การวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer พบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากโยเกิร์ตทั้ง 3 ยี่ห้อไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ทางด้านค่า L (ความสว่าง) ซึ่งแสดงว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อทั้ง 3 ยี่ห้อมีความสว่างที่ใกล้เคียงกัน สำหรับค่า a (สีแดง)ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนค่า b (สีเหลือง) จะพบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อ โฟรโมสต์และเมจิไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากหัวเชื้อดัชมิลล์จะมีสีเหลืองมากกว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโฟรโมสต์และเมจิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านสีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ

หัวเชื้อโยเกิร์ต	ค่าสี		
	L*	a*	b*
ดัชมิลล์	83.05[a]	1.01[a]	15.91[b]
โฟรโมสต์	83.10[a]	0.92[a]	16.20[a]
เมจิ	83.00[a]	0.98[a]	16.40[a]

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนท์ทำ 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.1.2 การวัดค่าความหนืด

จากผลการวิเคราะห์ความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield DV- III พบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากหัวเชื้อโยเกิร์ตตราเมจิจะมีความหนืดมากที่สุด คือ 745.31 เซนติพอร์ย รองลงมาคือ โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากหัวเชื้อโยเกิร์ตตราโฟรโมสต์ 568.21 เซนติพอร์ย และ

ตราดัชมิลล์ 455.42 เซนติพอร์ย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับหัวเชื้อโยเกิร์ตตราเมจิ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนืดของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ

หัวเชื้อโยเกิร์ต	ความหนืด (เซนติพอร์ย)
ดัชมิลล์	455.42^{b}
โฟรโมสต์	568.21^{ab}
เมจิ	745.31^{a}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำอ่านค่า 10 ครั้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.1.3 การวัดค่าทางเคมี

จากการวิเคราะห์ทางด้านเคมี ดังแสดงผลในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ

หัวเชื้อโยเกิร์ต	พีเอช	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)
ดัชมิลล์	5.07^{a}	8.71^{a}
โฟรโมสต์	4.97^{a}	8.70^{a}
เมจิ	4.97^{a}	8.72^{a}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอชของโยเกิร์ตถั่วเหลือง จากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากในการบ่มโยเกิร์ตถั่วเหลืองใช้ระยะเวลาในการบ่มเท่ากัน คือ 6 ชั่วโมง และใช้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นเท่ากัน จึงทำให้โยเกิร์ตถั่วเหลืองได้ค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดในโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ พบว่า หัวเชื้อโยเกิร์ตตราเมจิมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 8.72 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับหัวเชื้อโยเกิร์ตตราดัชมิลล์และโฟรโมตส์

4. การศึกษาการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่บ่มในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

จากการทดลองการคัดเลือกหัวเชื้อโยกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ต 3 ยี่ห้อ พบว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากหัวเชื้อโยเกิร์ตตราเมจิให้ผลการทดลองทางด้านความหนืดมากกว่าโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ได้จากหัวเชื้อโยเกิร์ตตราโฟร์โมตส์และดัชมิลล์ จึงเลือกใช้โยเกิร์ต ตราเมจิเป็นหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองในการทดลองครั้งต่อไป

4.1 การวัดค่าทางเคมี

จากการวิเคราะห์ทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากหัวเชื้อโยเกิร์ตตราเมจิที่ใช้ระยะเวลาในการบ่มแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการบ่มหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลือง (ชั่วโมง)	พีเอช	ปริมาณกรด (ร้อยละ)
0	7.0	0.10^{g}
6	4.2	0.39^{f}
9	3.6	0.40^{d}
12	3.1	0.41^{c}
16	2.9	0.42^{c}
18	2.9	0.45^{a}
24	2.7	0.45^{a}
36	2.5	0.43^{b}

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอช พบว่า เมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มมากขึ้นค่าพีเอชก็จะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากหัวเชื้อ *S. thermophillus* ใช้น้ำตาลซูโครสได้จึงผลิตกรดแลคติก ทำให้ค่าพีเอชลดลง (ตารางที่ 10) (Ariyama, 1963) และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มมีอุณหภูมิที่สูง (43 องศาเซลเซียส) จึงทำให้กิจกรรมของหัวเชื้อทำงานได้ดีมีผลทำให้พีเอชลดลงอย่างรวดเร็ว (บุญจันทร์, 2530)

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรด พบว่า ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ($p < 0.05$) เมื่อเวลาการบ่มเพิ่มนานขึ้น (ตารางที่ 10) Ariyama (1963) กล่าวว่า เชื้อ *L. bulgaricus* ไม่สามารถใช้น้ำตาลซูโครสได้ ส่วนเชื้อ *S. thermophillus* สามารถใช้น้ำตาลซูโครสได้ ซึ่งน้ำตาลจากการย่อยสลายยซูโครสจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญของเชื้อ *L. bulgaricus* ได้ จึงจำเป็นต้องใช้เชื้อทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันทำให้สามารถสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น

4.2 การนับจำนวนจุลินทรีย์

ศึกษาการเจริญของหัวเชื้อโยเกิร์ตหัวเชื้อเมจิเป็นแบคทีเรียผสมระหว่าง *S. thermophillus* และ *L. bulgaricus* โดยบ่มหัวเชื้อโยเกิร์ตที่ระยะเวลา 0, 6, 9, 12, 16, 18, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่า การเจริญของเชื้อจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจนกระทั่งระยะเวลาการบ่มที่ 12 ชั่วโมง จะมีปริมาณเชื้อมากที่สุดคือ 2.7×10^{10} CFU/ml (ตารางที่ 16) หลังจากนั้นปริมาณแบคทีเรียแลคติกลดลงเรื่อย ๆ ได้ 3.3×10^{6} CFU/ml ที่ระยะเวลาการบ่ม 36 ชั่วโมง จากการทดลองนี้จึงทำให้เลือกระยะเวลาการบ่มหัวเชื้อที่ 12 ชั่วโมง

ตารางที่ 16 ผลการศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาการบ่มต่าง ๆ กัน

ระยะเวลาการบ่ม	จำนวนเชื้อในหัวเชื้อโยเกิร์ต (CFU/ml)
0	1.9×10^{7}
6	2.0×10^{9}
9	2.6×10^{10}
12	2.7×10^{10}
16	1.1×10^{9}
18	1.6×10^{8}
24	6.7×10^{6}
36	3.3×10^{6}

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 2 ซ้ำ โดยตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar

5. การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง

5.1 การวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน

จากการทดลองการใช้ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 2 4 และ5 ในการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง ได้ผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน

ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ (ร้อยละ)	พีเอช	ปริมาณกรด (ร้อยละ)	ความหนืด (เซนติพอร์ย)
2	4.60[a]	0.40[a]	922.46[a]
4	4.63[a]	0.39[b]	873.67[b]
5	4.73[a]	0.36[c]	773.71[c]

หมายเหตุ แต่ละทรีตเมนต์ทำ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

พีเอช พบว่า ค่าพีเอชที่มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 2 4 และ 5 ในโยเกิร์ตถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ปริมาณกรด พบว่า ปริมาณกรดที่มีปริมาณน้ำตาลในการผลิตโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ร้อยละ 2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.40 รองลงมา คือ ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.39 และปริมาณกรดจากโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 5 มีค่าต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากในสภาพที่มีความเข้มข้นของซูโครสสูงกว่าร้อยละ 4.0 ผลยับยั้งการทำงานของเชื้อ *S. thermophillus* (นภา, 2534) ซึ่งทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ความหนืด พบว่า ที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 2 มีค่าความหนืดมากที่สุดเท่ากับ 922.46 เซนติพอร์ย รองลงมา คือ ร้อยละ 4 และร้อยละ 5 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าเท่ากับ 873.67 และ 773.71 เซนติพอร์ย ตามลำดับ

5.2 การศึกษาหาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการทำโยเกิร์ตถั่วเหลือง

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในการทดสอบชิมโยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยวิธี Just About Right (JAR) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยเติมน้ำตาลร้อยละ 2 ลงในโยเกิร์ตถั่วเหลือง พบว่า โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ผู้บริโภคคิดเป็นร้อยละ 80 ต้องการให้เพิ่มความหวานขึ้น (ตารางที่ 18) และผู้บริโภคคิดเป็นร้อยละ 50 ต้องการให้รสเปรี้ยวลดลง ส่วนลักษณะ

ปรากฏ สี กลิ่นถั่วเหลือง ความเนียน และเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคเห็นว่าไม่ต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 70 80 50 70 และ 60 ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ข้อมูลแสดงความถี่ในระดับการปรับปรุงต่าง ๆ จากการทดสอบ Just About Right (JAR) ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้บริโภคที่แสดงความคิดเห็น (คน)				
	เพิ่มมากขึ้น	เพิ่มขึ้น	ไม่ต้องปรับปรุง	ลดลง	ลดลงมาก
ลักษณะปรากฏ	1	8	21 (70)	0	0
สี	0	2	24 (80)	3	1
กลิ่นถั่วเลือง	1	2	15 (50)	12	0
ความเนียน	0	8	21 (70)	1	0
เนื้อสัมผัส	0	12	18 (60)	0	0
รสหวาน	5	24 (80)	0	1	0
รสเปรี้ยว	0	1	13	15 (50)	1

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในวงเล็บ ( ) คือการยอมรับคิดเป็นร้อยละของผู้บริโภคทั้งหมด

จากนั้นทดลองปรับปริมาณน้ำตาลในโยเกิร์ตถั่วเหลืองจากร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 4 แล้วนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน วิธีการทดสอบแบบ Just About Right (JAR) พบว่า ผู้บริโภคให้ความเห็นว่าไม่ต้องปรับปรุงในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วเหลือง ความเนียน เนื้อสัมผัส รสหวานและรสเปรี้ยว คิดเป็นร้อยละ 80, 83.3, 66.7, 73.3, 63.3, 76.7 และ60 ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ข้อมูลแสดงความถี่ในระดับการปรับปรุงต่าง ๆ จากการทดสอบ Just About Right (JAR) ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่เติมน้ำตาลร้อยละ 4

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้บริโภคที่แสดงความคิดเห็น (คน)				
	เพิ่มมากขึ้น	เพิ่มขึ้น	ไม่ต้องปรับปรุง	ลดลง	ลดลงมาก
ลักษณะปรากฏ	0	6	24 (80)	0	0
สี	0	1	25 (83.3)	3	0
กลิ่นถั่วเลือง	0	2	20 (66.7)	12	0
ความเนียน	0	5	22 (73.3)	1	0
เนื้อสัมผัส	0	9	19 (63.3)	0	0
รสหวาน	2	4	23 (76.7)	1	0
รสเปรี้ยว	0	2	18 (60)	10	1

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในวงเล็บ ( ) คือ การยอมรับคิดเป็นร้อยละของผู้บริโภคทั้งหมด

5.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อปริมาณน้ำนมข้าวโพดในโยเกิร์ตถั่วเหลือง

จากการทดลองทำผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยใช้น้ำตาลร้อยละ 4 แล้วเติมน้ำนม ข้าวโพดในอัตราส่วนดังนี้ คือ ร้อยละ 0 10 20 30 ของส่วนผสมทั้งหมด เพื่อหาปริมาณน้ำนมข้าวโพดที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลืองผสมน้ำนมข้าวโพดที่ระดับร้อยละ 0 10 20 และ 30

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่ระดับร้อยละของน้ำนมข้าวโพดในโยเกิร์ตถั่วเหลือง			
	0 (สูตร 1)	10 (สูตร 2)	20 (สูตร 3)	30 (สูตร 4)
สี	7.40[a]	7.33[a]	7.30[a]	7.07[a]
กลิ่น	7.00[a]	7.10[a]	7.17[a]	7.30[a]
ปริมาณน้ำนมข้าวโพด	7.13[a]	7.00[a]	7.10[a]	6.93[a]
เนื้อสัมผัส	7.57[a]	7.27[ab]	7.03[b]	6.97[b]
ความเนียน	7.80[a]	7.50[ab]	7.33[b]	7.13[b]
ความหวาน	7.30[a]	7.10[a]	7.07[a]	6.50[b]
ความเปรี้ยว	7.00[a]	7.07[a]	7.00[a]	6.60[a]
ความชอบรวม	7.53[a]	7.33[ab]	7.13[ab]	6.83[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอนแต่ละระดับร้อยละของน้ำนมข้าวโพดในโยเกิร์ตถั่วเหลือง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p< 0.05$)

5.3.1 สี

จากตารางที่ 15 พบว่าคุณลักษณะด้านสีของสูตรที่ 1 (ร้อยละ 0) มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.40 รองลงมาคือสูตรที่ 2 (ร้อยละ 10) สูตรที่ 3 (ร้อยละ 20) และสูตรที่ 4 (ร้อยละ 30) โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 7.33 7.30 และ 7.07 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.3.2 กลิ่น

คุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่า ทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.3.3 ปริมาณน้ำนมข้าวโพด

คุณลักษณะด้านปริมาณน้ำนมข้าวโพด พบว่า ทั้ง 4 สูตรนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบจะให้การยอมรับสูตรที่ 1 ที่ไม่ใส่น้ำนมข้าวโพดมากที่สุด เท่ากับ 7.13

5.3.4 เนื้อสัมผัส

คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่1 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.57 รองลงมาคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.27 7.03 และ 6.97 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1และสูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยผู้ทดสอบจะให้การยอมรับสูตรที่ 1 มากที่สุด เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่ดี มีความหนืดมากกว่าสูตรอื่น

5.3.5 ความเนียน

คุณลักษณะด้านความเนียน พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.80 รองลงมาคือสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 7.33 และ 7.13 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สูตรที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับสูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยผู้ทดสอบจะให้การยอมรับสูตรที่ 1 มากที่สุด เนื่องจากไม่มีเศษของข้าวโพดเข้ามาปะปน

5.3.6 ความหวาน

คุณลักษณะด้านความหวาน พบว่าสูตรที่1 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.30 รองลงมาคือสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 7.07 และ 6.50 ตามลำดับ ซึ่งสูตรที่1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางภาคผนวก ข ข้อ 6) แต่สูตรที่ 4 มีการยอมรับน้อยที่สุดด้านความหวาน ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

5.3.7 ความเปรี้ยว

คุณลักษณะด้านความเปรี้ยว พบว่า ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.3.8 ความชอบรวม

คุณลักษณะด้านความชอบรวม พบว่า สูตรที่1 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.53 รองลงมาคือสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.33 7.13 และ 6.83 ตามลำดับ พบว่าสูตรที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 แต่สูตรที่ 1 มีความชอบรวมมากกว่าสูตรที่ 4 ($p < 0.05$)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 – Point Hedonic Scale จึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนื่องจากสูตรที่ 1 ได้คะแนนคุณลักษณะด้านต่าง ๆ เป็นที่น่าพอใจ ได้แก่ สี ปริมาณน้ำนมข้าวโพด เนื้อสัมผัส ความเนียน ความหวาน และความชอบรวม แม้ว่าสูตรที่1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 จะมีคะแนนด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนเนื่องจากข้าวโพดมีราคาสูงจึงน่าสนใจที่จะเลือกสูตรที่ 1 ที่ไม่มีการเติมน้ำนมข้าวโพดเพื่อนำไปทำการศึกษาต่อไป

6. การศึกษาอายุการเก็บของโยเกิร์ตถั่วเหลือง

6.1 การวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพ

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางด้านเคมีและกายภาพ เป็นเวลา 21วัน โดยทำการวิเคราะห์ที่ 0 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 5 วัน 7วัน 9 วัน 14 วัน และ 21 วัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเคมีและกายภาพของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (ชั่วโมงและวัน)	พีเอช	ปริมาณกรด (ร้อยละ)	Acid Value (ร้อยละ)	ความหนืด (เซนติพอร์ย)
0	4.60[a]	0.38[g]	0.27[a]	1142.50
12	4.60[a]	0.42[f]	0.27[a]	866.38
24	4.56[a]	0.44[e]	0.28[a]	779.75
2	4.56[a]	0.44[e]	0.27[a]	763.13
3	4.56[a]	0.45[d]	0.27[a]	701.50
5	4.56[a]	0.45[d]	0.28[a]	679.13
7	4.46[ab]	0.49[d]	0.27[a]	656.00
9	4.40[bc]	0.51[c]	0.27[a]	563.25
14	4.36[c]	0.54[b]	0.27[a]	392.25
21	4.33[c]	0.58[a]	0.28[a]	346.50

หมายเหตุ ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งละ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พีเอช เมื่อทำการเก็บรักษาโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า พีเอชลดลงจาก 4.6 เป็นพีเอช 4.33 (21 วัน) (ตารางที่ 21)

ปริมาณกรด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่า ปริมาณกรดมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมงปริมาณกรดมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.38 เมื่อทำการเก็บรักษาจนครบ 21 วัน ปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.58 (ตารางที่ 21) เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หัวเชื้อยังมีกิจกรรมอยู่บ้างถึงแม้จะผลิตกรดได้น้อย (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2532) แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นปริมาณกรดที่สะสมไว้ก็จะมากขึ้น จะมีผลต่อการเจริญของหัวเชื้อ (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2532)

Acid Value (A.V.) พบว่า ค่า Acid Value มีค่าคงที่เท่ากับร้อยละ 0.27 – 0.28 ($p > 0.05$) (ตารางที่ 21) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน อาจเนื่องมาจากการเก็บโยเกิร์ตถั่วเหลืองไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งค่า Acid Value ที่วิเคราะห์ได้ใช้เป็นตัวบ่งชี้ไตรกลีเซอไรด์ที่มีอยู่ในไขมันและน้ำมัน ซึ่งถูกทำลายด้วยเอนไซม์ไลเปส เป็นกรดไขมันอิสระ ถ้าค่า A.V. สูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกทำลายเป็นกรดไขมันอิสระมาก และแสดงว่ามีการหืนชนิด

Hydrolytic rancidity เกิดขึ้น ค่า A.V. ตามมาตรฐานการส่งออกน้ำมันมีค่าไม่เกินร้อยละ4 (http://www.phtnet.org, 16 ธันวาคม 2549) และน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณ 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในรูปกรดโอเลอิกจะเริ่มสังเกตการหืนได้ (นิธิยา, 2548)

ความหนืด พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความหนืดมีค่าลดลงเรื่อยๆ โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ 0 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 1142.5 เซนติพอร์ย (ตารางที่ 21) จนถึงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 21 วัน ค่าความหนืดมีค่าลดลงเท่ากับ 346.5 เซนติพอร์ย อาจเนื่องมาจากค่าพีเอชที่ลดลงและปริมาณกรดที่เพิ่มมากขึ้น สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลายและโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป (ปิยทัศน์, 2530)

6.2 การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางด้านจุลินทรีย์ เป็นเวลา 21 วัน โดยทำการวิเคราะห์ที่ 0 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 5 วัน 7วัน 9 วัน 14 วัน และ 21 วัน (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนเชื้อในหัวเชื้อโยเกิร์ต (CFU/ml)
0 ชั่วโมง	5.5×10^6
12 ชั่วโมง	6.1×10^7
24 ชั่วโมง	2.1×10^8
2 วัน	2.2×10^8
3 วัน	7.6×10^6
5 วัน	6.7×10^6
7 วัน	2.9×10^6
9 วัน	2.8×10^6
14 วัน	1.2×10^6
21 วัน	8.7×10^5

หมายเหตุ นำเอาตัวอย่างออกมานับจำนวนจุลินทรีย์ครั้งละ 2 ซ้ำ

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 2 วันแรก (ตารางที่ 22) แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 3-21 วัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากในช่วงแรกของการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ยังมีกิจกรรมอยู่ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณกรดเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 21) ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดที่สูงขึ้น จึงทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง (วราวุฒิและรุ่งนภา, 2532)

7. การศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการทำเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลือง

การหาสูตรที่เหมาะสมในการทำเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ต่อปริมาณน้ำตาลในเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลือง

จากการทดลองทำผลิตภัณฑ์เยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยใช้น้ำตาลร้อยละ 0% 3% 5% 7% และ 10% ของส่วนผสมทั้งหมดเพื่อหาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 30 คน (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองโดยใช้น้ำตาลร้อยละ 0% 3% 5% 7% และ 10%

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่ระดับร้อยละของน้ำตาลในเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลือง				
	0 (สูตร 1)	3 (สูตร2)	5(สูตร3)	7(สูตร4)	10(สูตร5)
สี	7.13^{ab}	7.20^{a}	7.20^{a}	6.77^{b}	6.77^{b}
กลิ่น	6.70^{c}	7.27^{a}	7.17^{ab}	6.83^{bc}	6.70^{c}
ปริมาณนมถั่วเหลือง	6.10^{c}	7.00^{ab}	7.20^{a}	6.87^{ab}	6.70^{b}
เนื้อสัมผัส	6.60^{b}	7.10^{a}	7.17^{a}	6.77^{ab}	6.67^{a}
ความนุ่ม	7.00^{a}	6.93^{a}	7.30^{a}	6.93^{a}	6.83^{a}
ความหวาน	5.57^{c}	7.07^{b}	7.53^{a}	7.07^{b}	6.90^{b}
ความเปรี้ยว	5.87^{d}	7.07^{ab}	7.43^{a}	6.77^{bc}	6.57^{c}
ความชอบรวม	6.63^{b}	7.20^{a}	7.23^{a}	6.87^{ab}	6.90^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ไม่เหมือนกันในแนวนอนแต่ละระดับร้อยละของน้ำตาลในเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลือง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ($p<0.05$)

7.1 สี

จากตารางที่ 23 คุณลักษณะด้านสีพบว่าสูตร 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.20 รองลงมาคือ สูตร 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.13 ซึ่งทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสูตรที่ 4 และ 5 (ตารางที่ 23)

7.2 กลิ่น

คุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นของสูตรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.27 โดยที่สูตรที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) กับสูตรที่ 3 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสูตรที่ 1 4 และ 5 คะแนนเฉลี่ยของสูตรที่ 1 ‘ และ 5 มีค่าเท่ากับ 6.70 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรที่ 4 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.83

7.3 ปริมาณนมถั่วเหลือง

พบว่าคุณลักษณะด้านปริมาณนมถั่วเหลืองพบว่าสูตร 3 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.20 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสูตร 5 แต่สูตร 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตร 2 และ 4 ขณะที่สูตร 1 มีปริมาณนมถั่วเหลืองน้อยที่สุด ($p<0.05$)

7.4 เนื้อสัมผัส

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า สูตรที่ 2 3 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สูตรที่ 3 มีคะแนนเนื้อสัมผัสที่ดีกว่า ($p<0.05$) สูตรที่ 1 ซึ่งมีลักษณะด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.60

7.5 ความนุ่ม

คุณลักษณะทางด้านความนุ่ม พบว่าทั้ง 5 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

7.6 ความหวาน

คุณลักษณะด้านความหวานพบว่า สูตรที่ 2 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับสูตรที่ 1 และโดยสูตรที่ 3มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.53รองลงลงมาคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 4

สูตรที่ 5 และสูตรที่ 1 ตามลำดับซึ่งสูตรที่ 2 สูตรที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.07 สูตรที่ 5 มีคะแนนเท่ากับ 6.09 และสูตรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.57

7.7 ความเปรี้ยว

คุณลักษณะด้านความเปรี้ยวพบว่า สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และได้รับความชอบด้านความเปรี้ยวมากกว่า ($p<0.05$) สูตรที่ 1 และสูตรที่ 5 ส่วนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวน้อยที่สุด (5.87)

7.8 ความชอบรวม

คุณลักษณะด้านความชอบรวมพบว่าสูตรที่ 3 (คะแนน 7.23) สูตรที่ 2 (คะแนน 7.20) ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 4 (6.87) และ สูตรที่ 5 (คะแนน 6.90) ($p>0.05$) สูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบรวมน้อยที่สุด (คะแนน6.63) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ($p<0.05$)

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่า สูตรที่ 3 มีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลือง เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในทุกคุณลักษณะยกเว้นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และมีคะแนนด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

8. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองเป็นระยะเวลา 21 วัน

เมื่อบ่มโยเกิร์ตถั่วเหลืองเป็นเวลา 6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 42.5 ±1 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเก็บรักษาอุณหภูมิตู้เย็น 5 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วันเพื่อศึกษาค่าต่างๆคือ ลักษณะทางกายภาพทางเคมีและปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่เหลืออยู่

8.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองทางกายภาพเป็นเวลา 21 วัน โดยทำการวิเคราะห์ที่ 0 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 5 วัน 7วัน 9 วัน 14 วัน และ 21 วัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (ชั่วโมงและวัน)	a_w (ร้อยละ)	แรงกด (นิวตัน)
0	0.95^{c}	239.60^{c}
12	0.96^{bc}	424.66^{ab}
24	0.96^{bc}	410.41^{ab}
2	0.97^{bc}	403.05^{b}
3	0.98^{ab}	408.28^{ab}
5	0.97^{ab}	410.28^{b}
7	0.98^{ab}	399.00^{b}
9	0.97^{ab}	459.09^{a}
14	0.97^{ab}	455.72^{a}
21	0.99^{a}	209.13^{c}

หมายเหตุ ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งละ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าa_wของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา 0 ชั่วโมงซึ่งเป็นเวลาเริ่มต้นของการศึกษาอายุการเก็บรักษามีค่า a_w ต่ำที่สุดคือร้อยละ 0.95 เมื่อทำการเก็บรักษาจนครบ 21 วัน ค่า a_w มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.99 โดยค่า a_w มีค่ามากกว่า 0.8 ซึ่งแบคทีเรียสามารถเจริญได้ (นิธิยา , 2548)

แรงกด พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 ชั่วโมงค่าแรงกดมีค่าน้อยคือ มีค่าเท่ากับ 239.60 นิวตัน เมื่อครบระยะเวลา 12 ชั่วโมง ค่าแรงกดมีค่าเท่ากับ 424.66 นิวตัน ซึ่งมีค่ามากกว่าเวลา 0 ชั่วโมง (ตารางที่ 24) เนื่องจากโมเลกุลของอนุภาคคอลลอยด์ภายในเจลเกาะตัวกันแน่นเป็นตาข่ายเพิ่มมากขึ้นและปล่อยน้ำออกจากโมเลกุล ดังนั้นเจลจึงมีการแข็งตัวเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่าแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าแรงกดเริ่มลดลงเมื่อบ่มเป็นเวลา 7 วัน (399 นิวตัน) จนครบระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วันค่าแรงกดมีค่าลดต่ำลงมีค่าเท่ากับ 209.33 นิวตัน เนื่องจากสารประกอบโปรตีน (เจลาติน) เกิดการคลายตัวจากการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (นิธิยา , 2548)

8.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองทางกายเคมีเป็นเวลา 21 วัน โดยทำการวิเคราะห์ที่ 0 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 5 วัน 7วัน 9 วัน 14 วัน และ 21 วัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของโยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (ชั่วโมงและวัน)	พีเอช	ปริมาณกรด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)
0	4.62^{a}	0.14^{bc}	86.94^{a}
12	4.61^{a}	0.14^{bc}	86.78^{a}
24	4.41^{bc}	0.14^{bc}	86.97^{a}
2	4.46^{b}	0.10^{c}	86.45^{a}
3	4.48^{b}	0.13^{bc}	86.91^{a}
5	4.40^{bc}	0.21^{ab}	86.75^{a}
7	4.48^{b}	0.23^{a}	86.87^{a}
9	4.34^{c}	0.13^{bc}	86.34^{a}
14	4.48^{b}	0.17^{abc}	86.76^{a}
21	4.41^{bc}	0.10^{c}	86.94^{a}

หมายเหตุ ทำการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งละ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งอักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

พีเอช เมื่อทำการเก็บรักษาเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าค่าพีเอชมีค่าลดลงเรื่อยๆคือมีค่าเท่ากับ 4.62 เป็น 4.41

ปริมาณกรด พบว่า ปริมาณกรดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 0 ชั่วโมง ถึงระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.14 เป็นร้อยละ 0.23 เนื่องจากมีกิจกรรมของหัวเชื้อโยเกิร์ตที่มีอยู่ในโยเกิร์ตแม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมาก (ลัดดาวัลย์ , 2532) แต่มีผลให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากการเก็บรักษา 7 วัน ปริมาณ

กรดมีค่าลดลงมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.10 (21 วัน) เนื่องจากอุณหภูมิไม่หมาะสมต่อการผลิตกรดแลคติกของเชื้อ *S .thermophilus* และ *L. bulgarricus* (นภา, 2534)

ความชื้น พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 86.94

8.3 การวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางด้านจุลินทรีย์ เป็นเวลา 21วัน โดยทำการวิเคราะห์ที่ 0 ชั่วโมง 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 2 วัน 3 วัน 5 วัน 7วัน 9 วัน 14 วัน และ 21 วัน (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (ชั่วโมงและวัน)	จำนวนเชื้อแลคติกในเยลลี่โยเกิร์ต (CFU/ml)
0	5.1×10^{7}
12	6.6×10^{6}
24	5.7×10^{6}
2	4.6×10^{6}
3	1.6×10^{6}
5	1.2×10^{6}
7	1.3×10^{5}
9	7.7×10^{4}
14	4.7×10^{3}
21	5.5×10^{3}

หมายเหตุ นำเอาตัวอย่างออกมานับจำนวนจุลินทรีย์ครั้งละ 3 ซ้ำ

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงเมื่อทำการเก็บรักษาเยลลี่โยเกิร์ตถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานขึ้น เนื่องจากแบคทีเรีย *S. thermophilus* และ

L. bulgarricus เจริญได้ไม่ดีในที่อุณหภูมิต่ำ (นภา,2534) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เวลา 0 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 1.5×10^7 CFU/ml ลดลงเป็น 5.5×10^3 CFU/ml ที่เวลาการบ่ม 21 วัน (ตารางที่ 26)

จากการวิเคราะห์ Acid Value (A.V.) มีปริมาณน้อยมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.03 ที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 21 22 23 เนื่องมาจากโปรตีน (เจลาติน) มีโครงสร้างโมเลกุลที่มีความคงตัวสูงต้องใช้พลังงานในการทำลายพันธะไฮโดรเจนเป็นจำนวนมากจึงยากต่อการถูกทำลายด้วยเอนไซม์ไลเปส (นิธิยา, 2548)