

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การสกัดและศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

การทดลอง 4.1 เป็นการสกัดและศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพและตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดเบตากลูแคนที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันมีคุณค่าโดยประมาณดังตาราง ได้แก่ ความชื้นร้อยละ 0.74 โปรตีนร้อยละ 16.57 ไขมันร้อยละ 2.64 เถ้าร้อยละ 9.78 เส้นใยร้อยละ 0.16 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70.11

ตาราง 4.1 คุณค่าโดยประมาณของรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

รายการ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	0.74±0.01
โปรตีน	16.58±0.11
ไขมัน	2.64±0.16
เถ้า	9.78±0.38
เส้นใย	0.16±0.06
คาร์โบไฮเดรต	70.10±0.10

4.1.1 ร้อยละของผลผลิตของเบตากลูแคนจากรำข้าว

จากการทดลองการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน โดยวิธีการทางเคมีโดยแปรผันอุณหภูมิที่ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส และการใช้เอนไซม์ผันแปรความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 6 12 และ 18 กิโลยูนิตดังตาราง 4.2 พบว่า การแปรผันปัจจัยการสกัดที่ต่างกันส่งผลทำให้ปริมาณร้อยละของผลผลิต มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการใช้เอนไซม์ในการสกัดที่ 18 กิโลยูนิตต่อลิตร ได้ปริมาณร้อยละผลผลิตมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 11.50 รองลงมาคือการใช้ความเข้มข้น 12 กิโลยูนิตต่อลิตร เท่ากับร้อยละ 6.91 รองลงมาคือความเข้มข้น 6 กิโลยูนิตต่อลิตร เท่ากับ 1.21 ส่วนการสกัดทางเคมีที่ใช้อุณหภูมิ 35 และ 45 องศา

เซลเซียสไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 1.21 – 1.59 การสกัดทางเคมีพบว่าอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีปริมาณร้อยละผลผลิตมากกว่าการใช้ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสไม่สอดคล้อง Ahmad (2009) รายงานว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ มีปริมาณตะกอนหลังจากการสกัดเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากกระบวนการที่ผลิตไม่ได้ผ่าน กระบวนการทำให้บริสุทธิ์อีกขั้นตอน จะเห็นได้ว่าวิธีการสกัดทางเคมีจะทำให้มีปริมาณร้อยละ ผลผลิตมากกว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์และผลเป็นไปตาม Johansson (2006) การใช้เอนไซม์ อัลฟาอะไมเลสจะย่อย starch ให้เป็นน้ำตาลละลายออกมา (Irakli, 2004)

ตาราง 4.2 ปริมาณร้อยละผลผลิตในการสกัดเบตากลูแคน

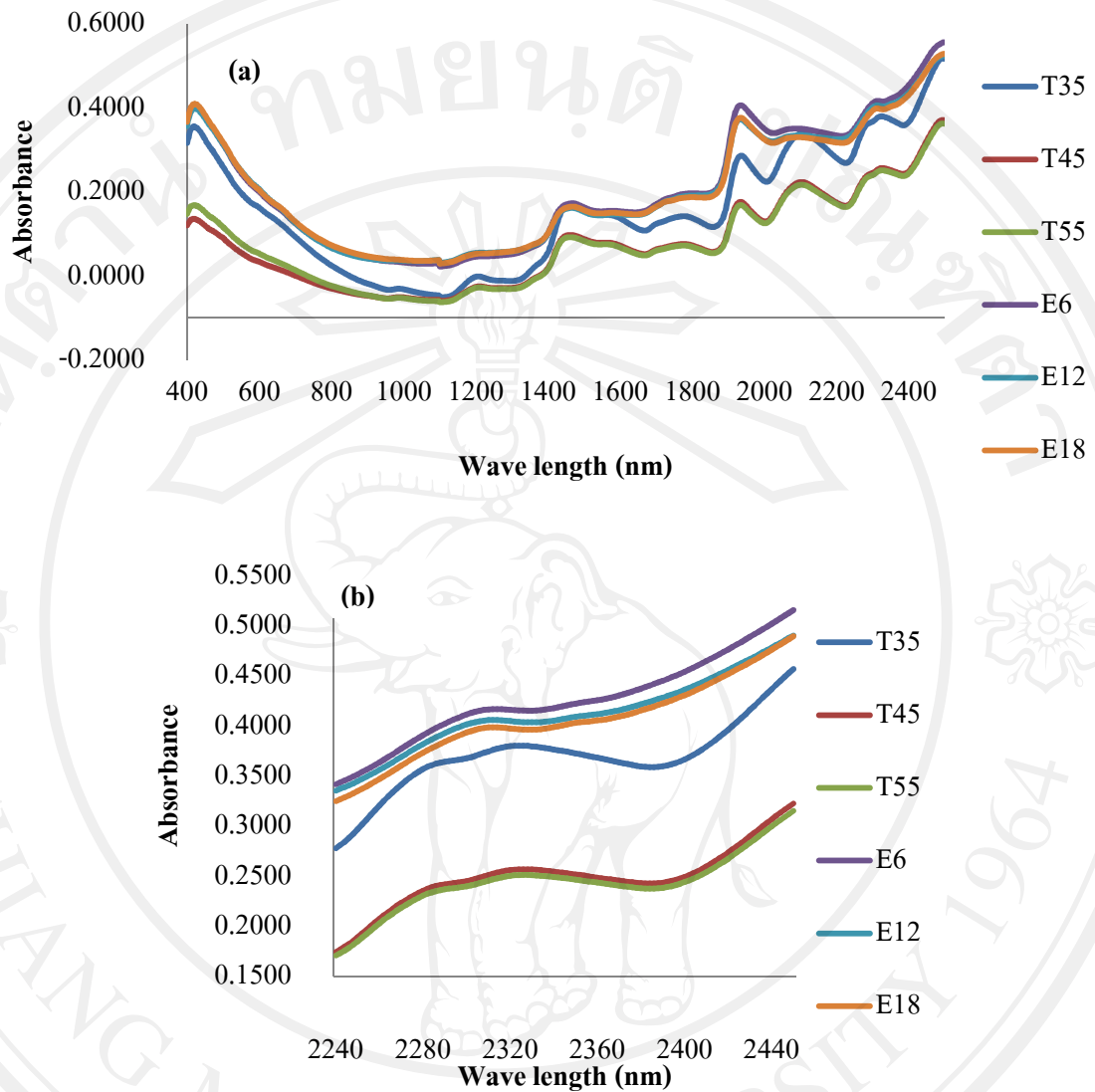
สิ่งทดลอง		ปริมาณร้อยละของผลผลิต
การสกัดทางเคมี	35	1.59±0.07 ^d
อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด	45	1.36±0.05 ^d
(องศาเซลเซียส)	55	1.21±0.01 ^d
ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้สกัด	6	6.91±0.57 ^c
(กิโลยูนิตต่อลิตร)	12	9.10±0.03 ^b
	18	11.50±0.15 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.1.2 การตรวจสอบเบตากลูแคนด้วยเทคนิคอินฟราเรดระยะใกล้ (NIRS) และ เทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR)

4.1.2.1 การตรวจสอบเบตากลูแคนด้วยเทคนิคอินฟราเรดระยะใกล้ (NIRS)

จากการใช้ NIRS ซึ่งมีความยาวคลื่นในช่วง 400-2500 นาโนเมตรดังภาพ 4.1(a) ในการตรวจหาหมู่ฟังก์ชันของ (1-3,1-4)- β -glucan ในช่วงความยาวคลื่น wavelength 2270-2360 nm (Munck *et al.*, 2004) ดังภาพ 4.1(b) ของสารสกัดเบตากลูแคนทั้งหมด 6 สิ่งทดลองคือการ สกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียสและการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 6 12 และ 18 กิโลยูนิต พบว่าเกิดพีคที่ 2326 และ 2312 nm ดังภาพ 4.1(b) แสดงให้เห็นว่ามีเบตากลู แคนอยู่ในสารสกัดที่ได้



*หมายเหตุ

T35 คือ การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

T45 คือ การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

T55 คือ การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

E6 คือ การสกัดโดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 6 กิโลยูนิตต่อลิตร

E12 คือ การสกัดโดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 12 กิโลยูนิตต่อลิตร

E18 คือ การสกัดโดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 18 กิโลยูนิตต่อลิตร

ภาพ 4.1(a) กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนที่สกัดได้ด้วย NIRS

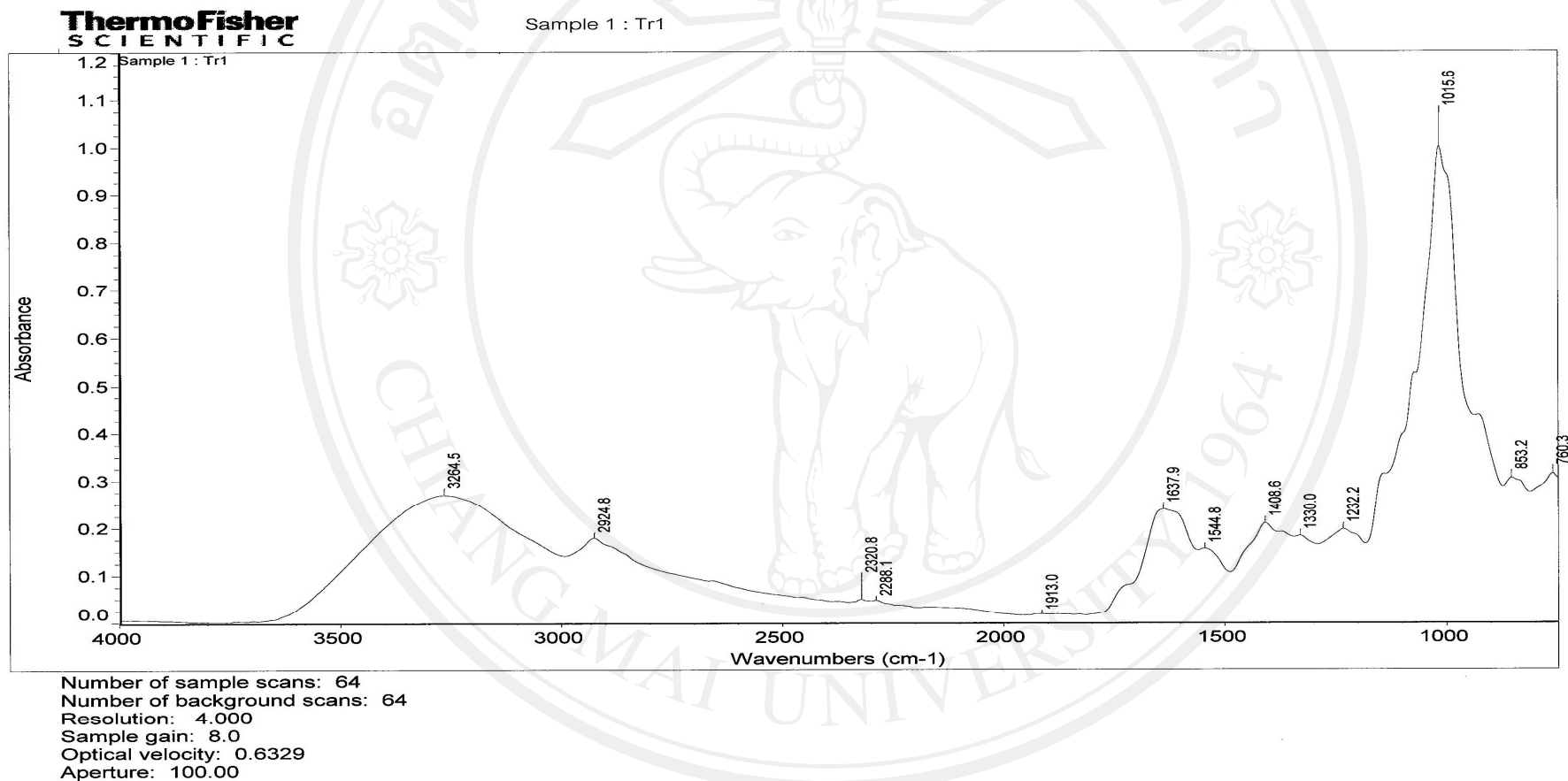
(b) กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนที่สกัดได้ด้วย NIRS ขยายภาพที่ 2240-2450 นาโนเมตร

4.1.2.2 เทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR)

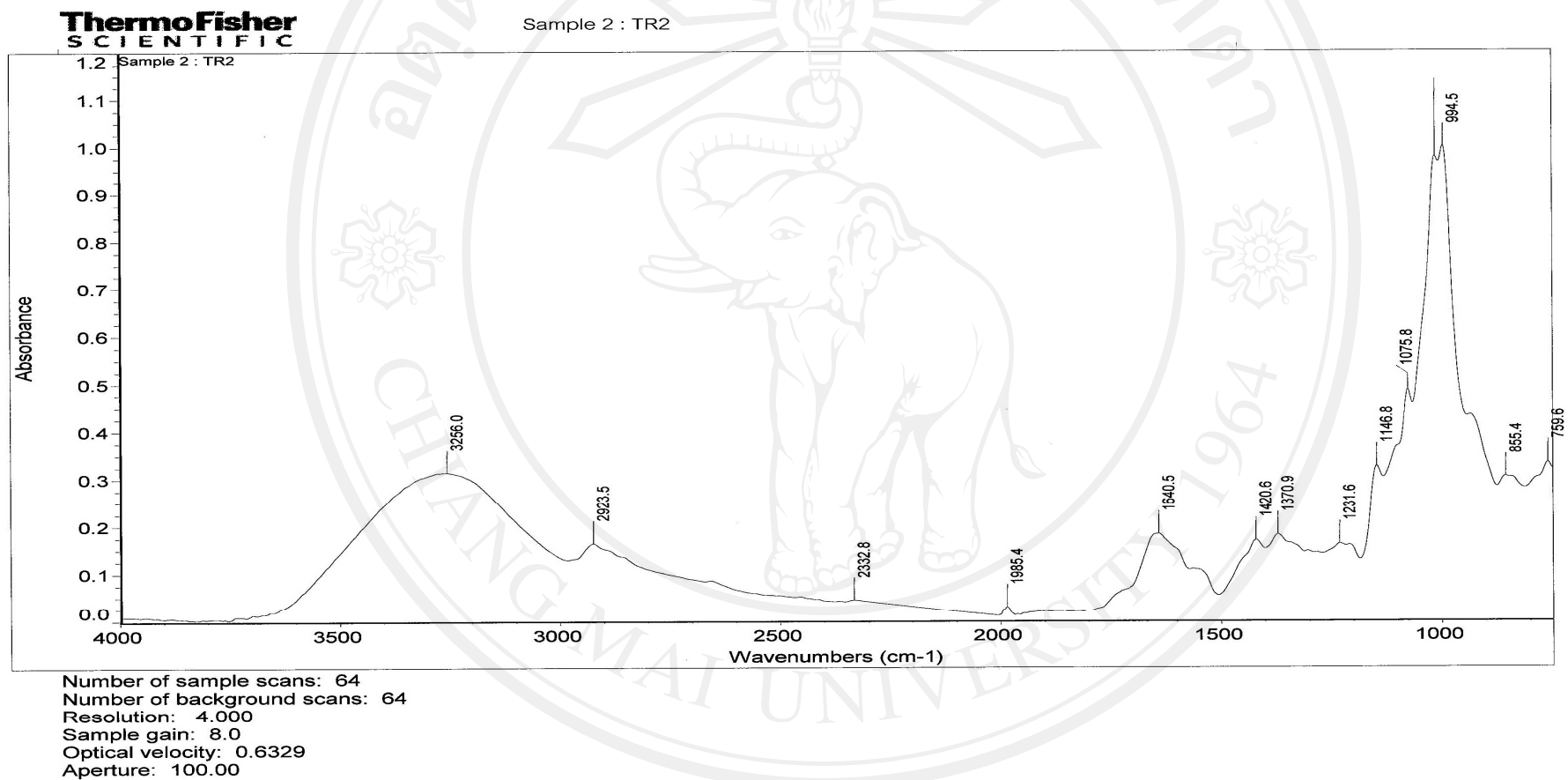
จากการใช้ FT-IR ซึ่งมีความยาวคลื่นในช่วง $750\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ จะตรวจหาหมู่ฟังก์ชัน ของพันธะไกลโคidik ชนิด 1-4 เบตากลูแคน ดังภาพ 4.2 จะตรวจสอบพิกที่ความยาวคลื่นในช่วง $1200\text{--}800\text{ cm}^{-1}$ (Robert *et al.*, 2005) ของสารสกัดเบตากลูแคนทั้งหมด 6 สิ่งทดลองคือการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียสและการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 6 12 และ 18 กิโลยูนิต พบว่าเกิดพิกดังตาราง 4.3 ของสารสกัดที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะปรากฏพิกที่ 1015.6 , 853.2 และ 760.3 cm^{-1} พิกของสารสกัดที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะปรากฏพิกที่ 1146.8 , 1075.8 , 994.5 , 855.4 และ 759.6 cm^{-1} พิกของสารสกัดที่ได้จากการสกัดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะปรากฏพิกที่ 1144.7 , 1015.6 , 832.5 และ 758.8 cm^{-1} พิกของสารสกัดที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอนไซม์ 6 กิโลยูนิตต่อลิตร จะปรากฏพิกที่ 1044.2 , 981.9 , 918.6 , 845.3 และ 790.1 cm^{-1} พิกของสารสกัดที่ได้ของการสกัดโดยใช้เอนไซม์ 12 กิโลยูนิตต่อลิตร จะปรากฏพิกที่ 1037.1 , 980.8 , 913.7 , 844.8 และ 788.1 cm^{-1} พิกของสารสกัดที่ได้ของการสกัดโดยใช้เอนไซม์ 18 กิโลยูนิตต่อลิตร จะปรากฏพิกที่ 1038.4 , 982.4 , 920.8 , 844.4 และ 789.9 cm^{-1} ซึ่งช่วงพิกที่เป็นเอกลักษณ์ของเบตากลูแคน เพราะฉะนั้น การใช้ FT-IR ในการตรวจสอบเบตากลูแคนจึงสามารถยืนยันได้จากพิกในช่วง $1200\text{--}800\text{ cm}^{-1}$

ตาราง 4.3 ความยาวคลื่นที่ปรากฏพิกของหมู่ฟังก์ชันที่เป็นพันธะไกลโคidikชนิด 1-4 เบตากลูแคน

สิ่งทดลอง	ความยาวคลื่นที่ปรากฏพิก (cm^{-1})	
การสกัดทางเคมี อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (องศาเซลเซียส)	35	1015.6, 853.2, 760.3
	45	1146.8, 1075.8, 994.5, 855.4, 759.6
	55	1144.7, 1015.6, 832.5, 758.8
ความเข้มข้นของเอนไซม์ (กิโลยูนิตต่อลิตร)	6	1044.2, 981.9, 918.6, 845.3, 790.1
	12	1037.1, 980.8, 913.7, 844.8, 788.1
	18	1038.4, 982.4, 920.8, 844.4, 789.9



ภาพ 4.2 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสโดย FT-IR

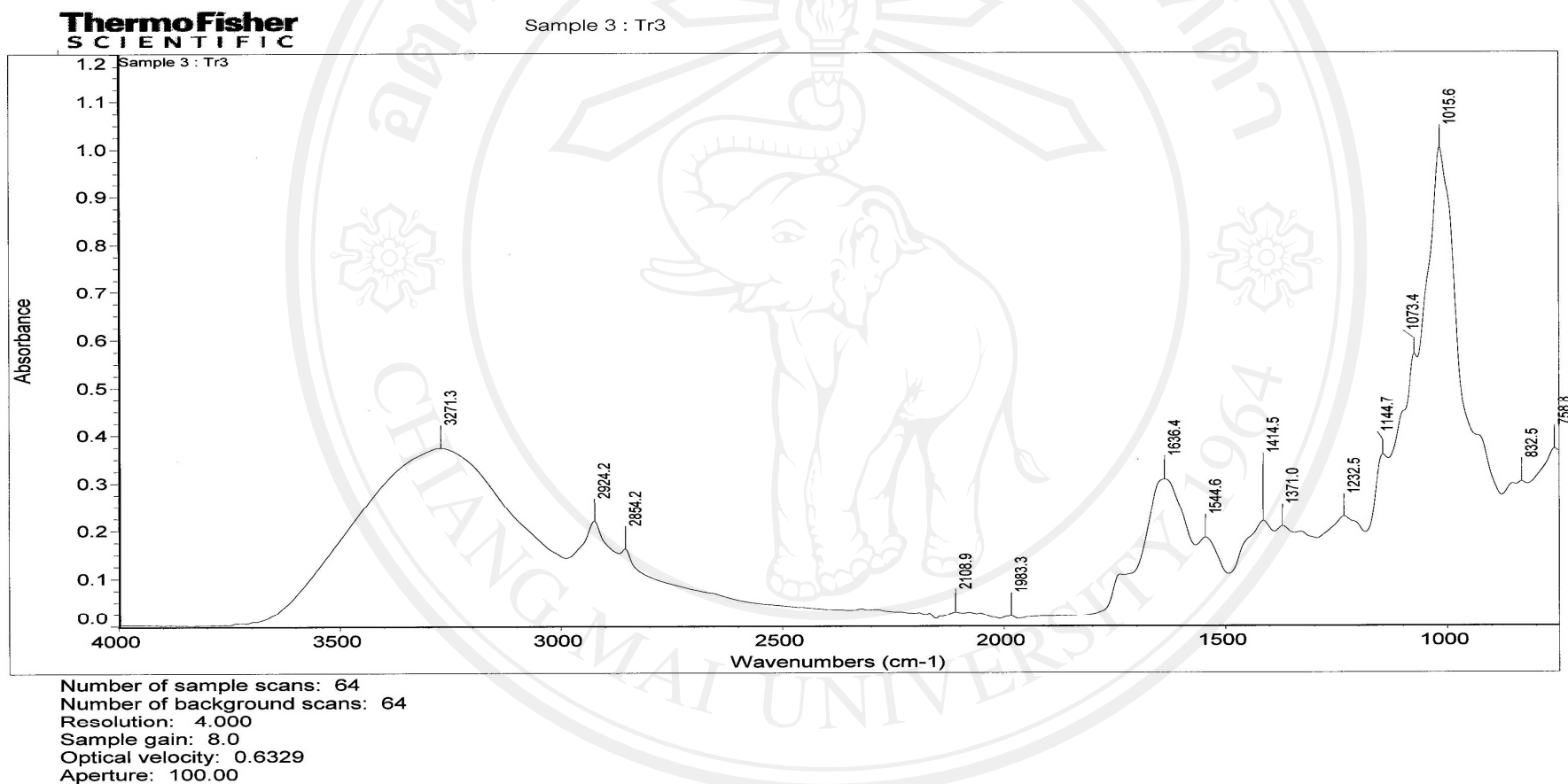


ภาพ 4.3 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสด้วย FT-IR

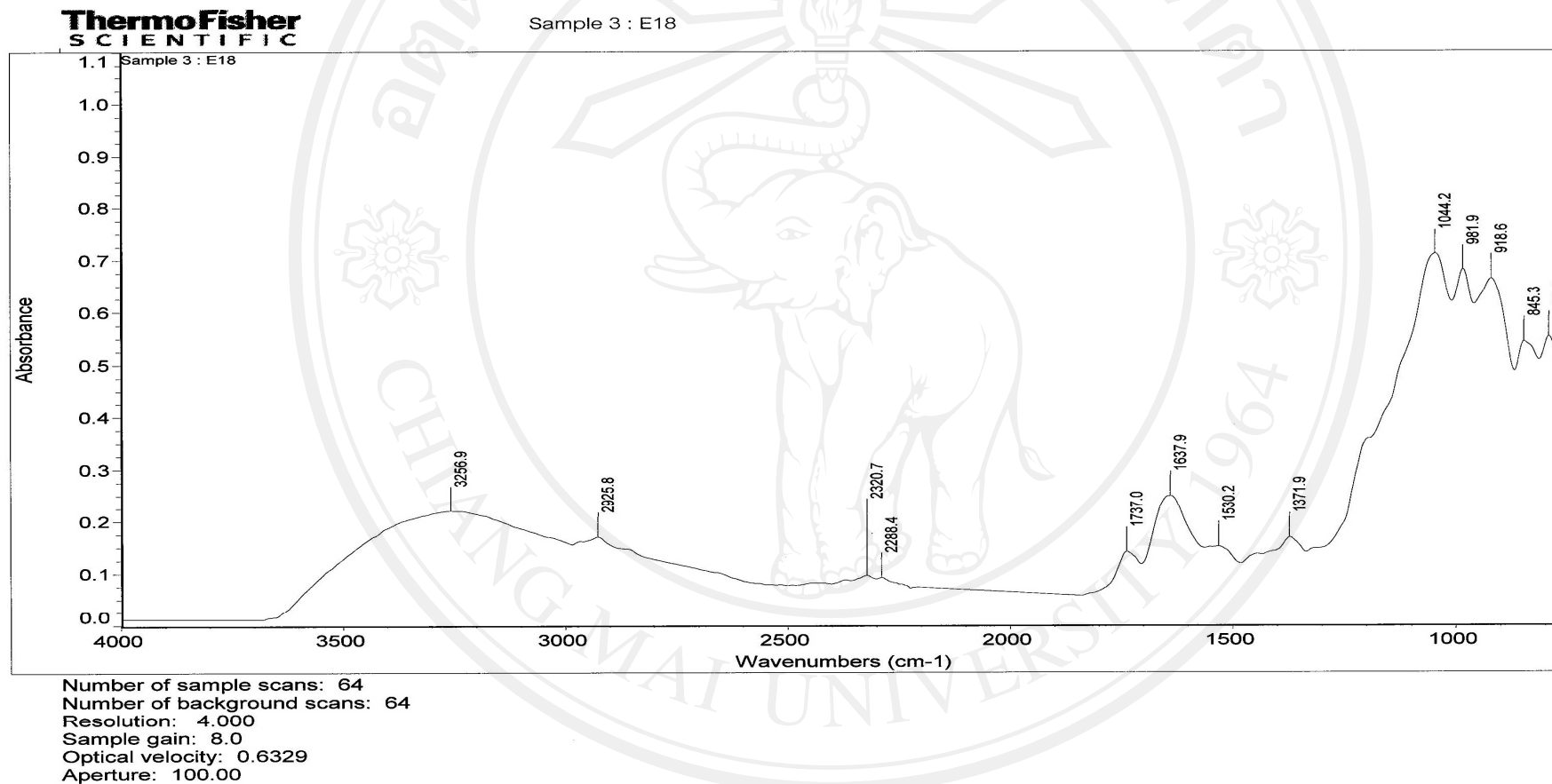
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

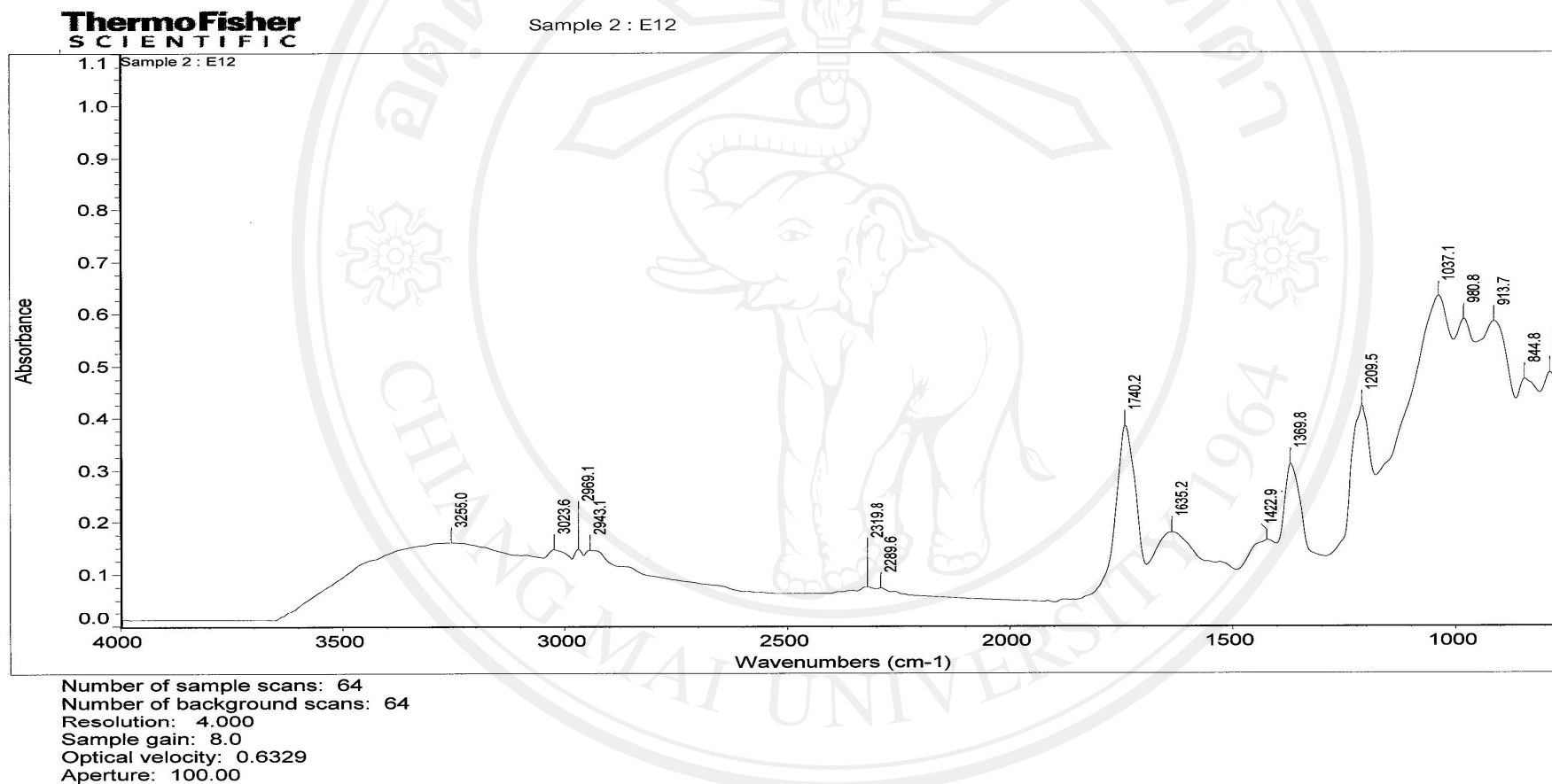
All rights reserved



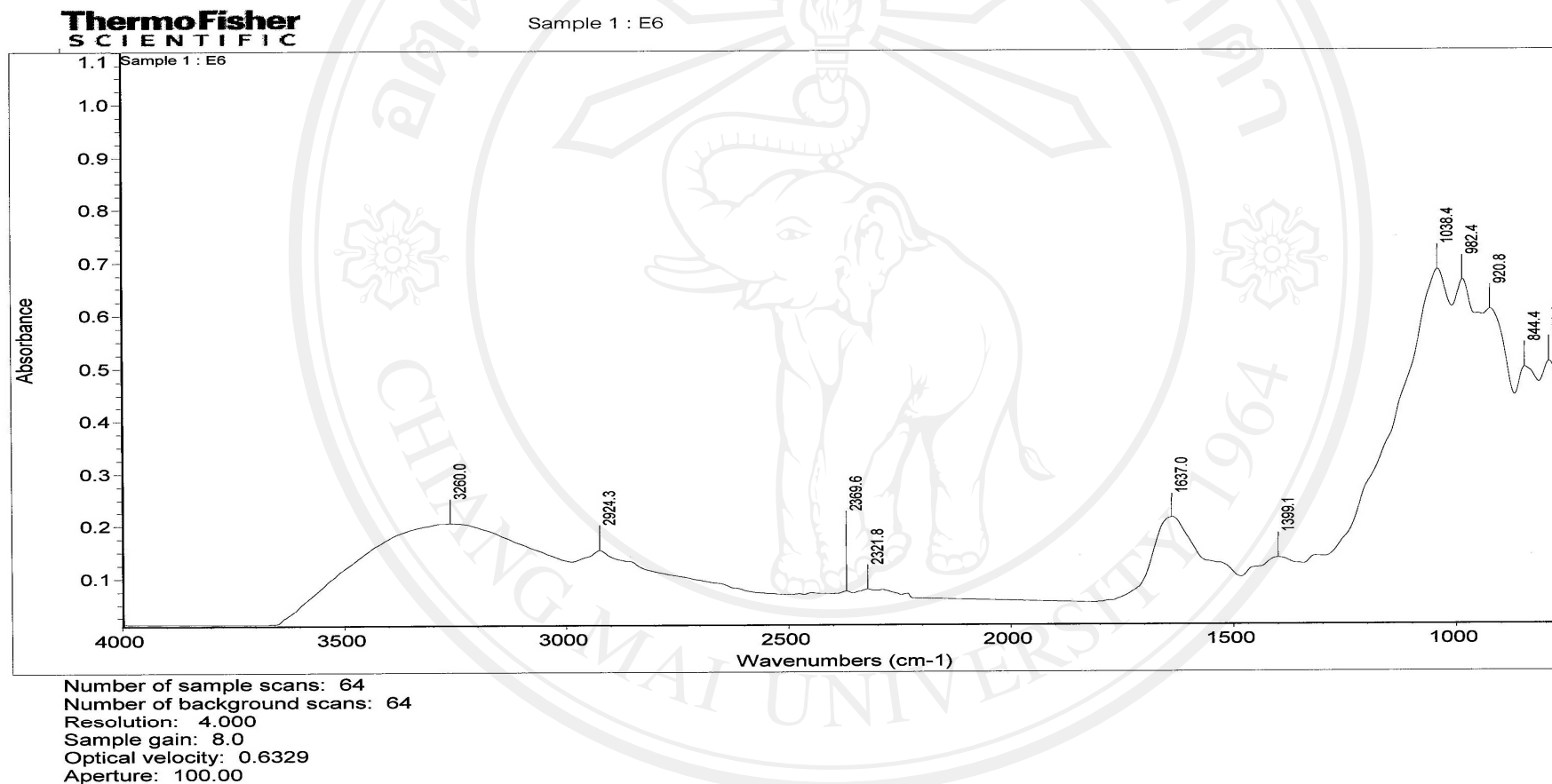
ภาพ 4.4 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสด้วย FT-IR



ภาพ 4.5 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 6 กิโลนิตต่อลิตรด้วย FT-IR



ภาพ 4.6 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 12 กิโลยูนิตต่อลิตรด้วย FT-IR



ภาพ 4.7 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเบตากลูแคนโดยการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 18 กิโลยูนิตต่อลิตรด้วย FT-IR

4.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

จากการทดลองการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน โดยวิธีการทางเคมี โดยแปรผันอุณหภูมิที่ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส และการใช้เอนไซม์ผันแปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 6 12 และ 18 กิโลยูนิตต่อลิตร ดังตาราง 4.4 พบว่า การแปรผันปัจจัยการสกัดที่ต่างกันส่งผลทำให้ปริมาณเบตากลูแคนมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสมีปริมาณมากที่สุดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.76-0.79 รองลงมาคือการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส การสกัดโดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 6 12 และ 18 มีค่าเท่ากับ 0.60 0.27 0.23 และ 0.23 ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับ Havrlentova (2011) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสกัดทางเคมีจะได้ปริมาณเบตากลูแคนที่มากกว่าการใช้เอนไซม์ในการสกัด

จากการสกัดจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการสกัดเมื่อเทียบใช้ปริมาณเบตากลูแคนในสารสกัดกับร้อยละของผลผลิต พบว่าการสกัดทางเคมีจะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์ โดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 58.09 รองลงมาคือการใช้อุณหภูมิ 55 และ 35 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพร้อยละ 49.59 และ 47.80 ตามลำดับ ส่วนการใช้เอนไซม์ในการสกัดจะมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อใช้ความเข้มข้นมากขึ้นคือการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 6 กิโลยูนิตต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดรองลงมาคือความเข้มข้น 12 และ 18 กิโลยูนิตต่อลิตรมีประสิทธิภาพร้อยละ 3.90 2.53 และ 2.00 ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการสกัดเบตากลูแคนคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพการสกัด} = \frac{\text{ร้อยละของเบตากลูแคน}}{\text{ร้อยละผลผลิต}} \times 100$$

ตาราง 4.4 ปริมาณเบตากลูแคนและประสิทธิภาพในการสกัด

สิ่งทดลอง		ปริมาณเบตากลูแคนในสารสกัด (ร้อยละ)	ปริมาณเบตากลูแคนในรำข้าว (ร้อยละ)	ประสิทธิภาพในการสกัดเบตากลูแคน (ร้อยละ)
การสกัดทางเคมี	35	0.76±0.01 ^a	0.012	47.80
อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด	45	0.79±0.04 ^a	0.010	58.09
(องศาเซลเซียส)	55	0.60±0.03 ^b	0.007	49.59
ความเข้มข้นของ	6	0.27±0.23 ^c	0.018	3.90
เอนไซม์ที่ใช้สกัด	12	0.23±0.19 ^c	0.024	2.53
(กิโลยูนิตต่อลิตร)	18	0.23±0.23 ^c	0.026	2.00

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.1.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเบตากลูแคน

จากการทดลองการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยวิธีการทางเคมี โดยแปรผันอุณหภูมิที่ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส และการใช้เอนไซม์แปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 6 12 และ 18 กิโลยูนิตต่อลิตร ดังตาราง 4.5 พบว่า การแปรผันปัจจัยการสกัดที่ต่างกันส่งผลทำให้ความชื้นและ a_w ของเบตากลูแคนมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 12 กิโลยูนิตมีความชื้นมากที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 11.75 รองลงมาคือการสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ 6 และ 12 มีค่าไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 11.38 และ 11.08 ตามลำดับ รองลงมาคือการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียสมีค่าไม่ต่างกันเท่ากับร้อยละ 5.52 และ 5.36 ตามลำดับ และการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 55 น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 4.55 ซึ่งผลที่ได้ต่างจาก Ahmad *et al.* (2009) ที่พบว่าค่าความชื้นของเบตากลูแคนที่สกัดได้อยู่ในช่วงร้อยละ 3.64-3.97

การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w มากที่สุดเท่ากับ 0.574 รองลงมาคือการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 และ 35 การสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 6 12 และ 18 มีค่า 0.567 0.442 0.227 0.240 และ 0.254 ตามลำดับ ซึ่งค่า a_w ที่มีค่าต่ำกว่า 0.7 แบคทีเรียและราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2555)

การที่ความชื้นและค่า a_w ที่ต่างกันอาจเนื่องมาจากปริมาณร้อยละผลผลิตที่มีผลต่างกัน อาจเพราะการสกัดที่ได้ปริมาณร้อยละผลผลิตมากขึ้นทำให้สารบางอย่างเช่น สตาร์ชและโปรตีนถูก

สกัดออกมาเก็บสารที่สกัดได้ (Bhatty, 1993) สารเหล่านี้น่าจะคุณสมบัติในการดูดความชื้น และควรเก็บสารให้อยู่ในสถานะที่ปราศจากความชื้นหรือสูญญากาศจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน การสกัดทั้งทางเคมีและการใช้เอนไซม์มีผลทำให้การละลายของสารสกัดเบตากลูแคน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่มีค่าการละลายอยู่ในช่วง 29.73 - 35.58 การละลายมีค่าน้อยเนื่องจากเบตากลูแคนจะสามารถละลายได้ดีเมื่อตัวทำละลายมีค่า pH สูงขึ้น ซึ่งน้อยกว่า Bhatty (1995) ซึ่งสกัดเบตากลูแคนจากข้าวบาร์เลย์ได้ค่าการละลายอยู่ในช่วง ร้อยละ 44 อาจเนื่องมาจากการสกัดในรำข้าวมีส่วนที่ไม่ละลายอยู่มากกว่าในข้าวโอ๊ตหรือข้าว บาร์เลย์

ตาราง 4.5 สมบัติทางกายภาพของการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

สมบัติทาง กายภาพ	การสกัดทางเคมี อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (องศาเซลเซียส)			ความเข้มข้นของเอนไซม์ (กิโลยูนิตต่อลิตร)		
	35	45	55	6	12	18
ความชื้น	5.52±0.13 ^c	5.36±0.05 ^c	4.55±0.22 ^d	11.38±0.39 ^b	11.08±0.08 ^b	11.75±0.18 ^a
a _w	0.442±0.01 ^c	0.567±0.00 ^b	0.574±0.00 ^a	0.227±0.01 ^d	0.2403±0.00 ^c	0.254±0.00 ^f
การละลาย ^(ms)	29.73±3.00	33.08±6.57	33.36±7.76	33.67±0.82	31.79±0.24	35.58±0.74

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.1.5 ค่าสีของการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

การสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน โดยวิธีการทางเคมีโดยแปรผัน อุณหภูมิที่ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส และการใช้เอนไซม์ผันแปรผันความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ 6 12 และ 18 กิโลยูนิตต่อลิตร พบว่าการสกัดมีผลกับ ค่าสี L*, a* b* โดยมีความแตกต่างกันทาง สถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 แสดงดังตาราง 4.6 การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีค่าสี L* เป็น + คือความสว่าง มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 89.11 การสกัดโดยใช้เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 12 กิโลยูนิตมีค่า a* เป็น + คือมีทิศทางเป็นสีแดงมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.63 การสกัดด้วย เอนไซม์ที่ความเข้มข้น 18 กิโลยูนิต มีค่า b* เป็น + คือมีทิศทางเป็นสีเหลืองมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 15.77 และเมื่อพิจารณา ΔE โดยเปรียบเทียบกับสีขาวมาตรฐานสำหรับการอ้างอิง จะเห็นว่า การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสมีค่าความต่างของสีน้อยที่สุดเท่ากับ 7.57

จากค่าสีจะสังเกตได้ว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะยิ่งทำให้มีค่า L^* ลดลงและ ΔE เพิ่มขึ้นเนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการสกัดมีผลทำให้สารสกัดเบตาแคโรทีนมีสีคล้ำลงจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การสกัดด้วยวิธีทางเคมีให้ค่า L^* น้อยกว่า และ ค่า b^* มากกว่า การสกัดด้วยเอนไซม์ เช่นเดียวกับ Ahmad *et al.* (2010) ที่พบว่าการใช้เอนไซม์ในการสกัดทำให้ค่า b^* มีค่ามากกว่าการสกัดด้วยสารเคมี

ตาราง 4.6 ค่าสีของเบตาแคโรทีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

สิ่งทดลอง		L^*	a^*	b^*	ΔE
การสกัดทางเคมี	35	87.71±0.01 ^b	1.80±0.01 ^d	11.08±0.02 ^d	8.95±0.01 ^c
อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด	45	89.11±0.15 ^a	1.44±0.15 ^c	10.36±0.04 ^c	7.57±0.15 ^d
(องศาเซลเซียส)	55	78.21±0.20 ^c	3.11±0.29 ^b	14.78±0.20 ^b	18.34±0.21 ^b
ความเข้มข้นของ	6	64.10±0.01 ^d	3.32±0.05 ^{ab}	14.17±0.03 ^c	25.41±0.01 ^a
เอนไซม์	12	64.20±0.01 ^d	3.63±0.02 ^a	14.14±0.01 ^c	25.29±0.01 ^a
(กิโลยูนิตต่อลิตร)	18	64.00±0.01 ^d	3.62±0.04 ^a	15.77±0.02 ^a	25.46±0.01 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.1.6 สมบัติทางเคมีของการสกัดเบตาแคโรทีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

จากตาราง 4.7 พบว่าการแปรผันปัจจัยการสกัดที่ต่างกันส่งผลทำให้ปริมาณเส้นใยมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจะได้ปริมาณเส้นใยมากที่สุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.97 รองลงมา คือ การสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 45 และ 55 การสกัดโดยใช้เอนไซม์ความเข้มข้น 6 12 และ 18 มีค่าเท่ากับ 0.59 0.25 0.11 0.09 และ 0.07 ตามลำดับส่วนใยอาหารที่สามารถละลายน้ำ อยู่ในช่วง 6.12-31.68 ซึ่งได้น้อยกว่า Ahmad (2009) อยู่มาก ซึ่งการสกัดเบตาแคโรทีนจากบาร์เลย์ได้ปริมาณเส้นใยประมาณร้อยละ 7.22 และใยอาหารที่ละลายน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 75.05 อาจเป็นเพราะกระบวนการสกัดที่ใช้ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์

จากการสกัดเบตาแคโรทีนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันโดยวิธีทางเคมีและการใช้เอนไซม์ ดังตาราง 4.7 พบว่าปริมาณกลูโคสของเบตาแคโรทีนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยจะมีปริมาณหน่วยกลูโคสอยู่ในช่วง 1.00×10^{19} - 2.47×10^{20}

จะเห็นว่าการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุดแต่มีใยอาหารที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของการสกัดด้วยเอนไซม์ซึ่งมีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าการสกัดทางเคมีแสดงว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์จะนำใยอาหารที่ละลายน้ำได้ปนออกมาด้วยมากดัง Bhatti (1995) กล่าวไว้ จึงทำให้มีเส้นใยน้อยจึงทำให้มีปริมาณร้อยละผลผลิตมีมากขึ้น

ตาราง 4.7 สมบัติทางเคมีของการสกัดเบตากลูแคนจากรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน

สมบัติทางเคมี	การสกัดทางเคมี อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด (องศาเซลเซียส)			ความเข้มข้นของเอนไซม์ (กิโลยูนิตต่อลิตร)		
	35	45	55	6	12	18
เส้นใย (ร้อยละ)	0.97±0.03 ^a	0.59±0.05 ^b	0.23±0.03 ^c	0.11±0.03 ^d	0.09±0.01 ^d	0.07±0.00 ^d
ใยอาหารที่ ละลายน้ำได้ (ร้อยละ)	6.12	9.42	12.40	26.34	31.68	19.55
น้ำหนักโมเลกุล (ดาลตัน)	0.20×10 ⁵	0.12×10 ⁵	0.36×10 ⁵	3.1×10 ⁵	3.6×10 ⁵	3.5×10 ⁵
ปริมาณหน่วย ของกลูโคส ^(ns)	4.58×10 ¹⁹ ±1.00×10 ¹⁷	9.66×10 ¹⁹ ±41.8×10 ¹⁷	24.7×10 ¹⁹ ±5.77×10 ¹⁷	1.00×10 ¹⁹ ±13.0×10 ¹⁷	1.00×10 ¹⁹ ±4.20×10 ¹⁷	1.00×10 ¹⁹ ±4.20×10 ¹⁷

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.1.7 คุณค่าโดยประมาณของเบตากลูแคน

คุณค่าโดยประมาณของเบตากลูแคน โดยการสกัดทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ดังตาราง 4.8 ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.52 5.68 0.13 28.12 0.97 และ 59.98 ตามลำดับ

ตาราง 4.8 คุณค่าโดยประมาณของเบตากลูแคน

Proximate Beta-glucan	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	5.52±0.13
โปรตีน	5.68±0.85
ไขมัน	0.13±0.04
เถ้า	28.12±0.31
เส้นใย	0.97±0.03
คาร์โบไฮเดรต	59.98

4.1.8 ปริมาณโลหะหนักในสารสกัดเบตากลูแคน

จากพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2552 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับปรับปรุงปี 2553 เรื่อง มาตรฐานอาหารปนเปื้อน มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการปนเปื้อนของโลหะในอาหารดังนี้

- ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- สารหนู 2 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- ปรอท 0.5 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

จากการตรวจสอบโลหะหนักตามข้อกำหนดแล้ว ไม่พบโลหะหนักที่เป็นอันตรายที่ กระทรวงสาธารณสุขกำหนดสารสกัดเบตากลูแคนนี้จึงมีความปลอดภัยในการบริโภค

ตาราง 4.9 ปริมาณโหละหนักในสารสกัดเบตากลูแคน

โหละหนัก	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ตะกั่ว	ไม่พบ
สารหนู	ไม่พบ
ปรอท	ไม่พบ
แคดเมียม	ไม่พบ

จากการทดลองการสกัดเบตากลูแคนและทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพแล้วพบว่า การสกัดโดยวิธีทางเคมีมีความบริสุทธิ์ที่สูงกว่าการสกัดโดยใช้เอนไซม์โดยมีปริมาณเบตากลูแคนและปริมาณเส้นใยที่มากที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) จึงจะใช้การสกัดโดยวิธีทางเคมีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ

4.2.1 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

จากการสำรวจผู้บริโภคในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาการเก็บข้อมูลคือช่วงเดือน มีนาคม ถึง เมษายน 2553 ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างแบบเจาะจง คือ เป็นผู้สูงอายุในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ได้ข้อมูลทั้งหมด 100 ชุด ดังตาราง 4.10 จำแนกเป็นเพศชายร้อยละ 26 เพศหญิงร้อยละ 74 โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ 60-70 ปี ร้อยละ 51 อายุ 71-80 ปี ร้อยละ 43 อายุมากกว่า 80 ปี ร้อยละ 6 มีอาชีพเป็นนักธุรกิจร้อยละ 9 มีอาชีพเป็นข้าราชการบำนาญร้อยละ 13 มีอาชีพเป็นพนักงานเอกชนร้อยละ 1 มีอาชีพเป็นเกษตรกรร้อยละ 8 มีอาชีพเป็นแม่บ้านร้อยละ 63 และอาชีพอื่นๆ อีกร้อยละ 6 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 64 การศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 11 การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพร้อยละ 5 การศึกษาระดับอนุปริญญาหรือประกาศนียบัตรประกอบวิชาชีพชั้นสูงร้อยละ 9 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 10 การศึกษาระดับปริญญาโทร้อยละ 1 รายได้น้อยกว่า 5,000 บาทต่อเดือนร้อยละ 63 รายได้ 5,001-10,000 บาทต่อเดือนร้อยละ 20 รายได้ 10,001-15,000 บาทต่อเดือนร้อยละ 8 รายได้มากกว่า 20,000 บาทต่อเดือนร้อยละ 2 ปัจจุบันพักอาศัยอยู่คนเดียวร้อยละ 10 พักอาศัยอยู่กับครอบครัวร้อยละ 90 เป็นผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 51 เป็นโรคเบาหวานร้อยละ 5 เป็นโรคหัวใจร้อยละ 2 เป็นโรคภูมิแพ้ร้อยละ 5 เป็นโรคหืดหอบร้อยละ

1 เป็นโรคกระเพาะร้อยละ 3 เป็นโรคโลหิตจางร้อยละ 1 เป็นโรคเกี่ยวกับไขมันในเส้นเลือดร้อยละ 10 เป็นโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 27 เป็นโรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อร้อยละ 19 และโรคอื่นๆอีก ร้อยละ 5 มีผู้ที่ไม่แพ้อาหารชนิดใดเลยร้อยละ 90 ผู้ที่แพ้อาหารทะเลร้อยละ 7 ผู้ที่แพ้เนื้อสัตว์ร้อยละ 2 ผู้ที่แพ้นมจากสัตว์ร้อยละ 1 ผู้ที่แพ้กลูเตนร้อยละ 1 และอื่นๆ อีกร้อยละ 1

ตาราง 4.10 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=100)

รายละเอียด	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	26
หญิง	74
อายุ	
60-70 ปี	51
71-80 ปี	43
มากกว่า 80 ปี	6
อาชีพ	
นักธุรกิจ	9
ข้าราชการบำนาญ	13
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	0
พนักงานเอกชน	1
เกษตรกร	8
แม่บ้าน	63
อื่นๆ	6
การศึกษา	
ประถม	64
มัธยมต้น	11
มัธยมปลาย/ปวช.	5
อนุปริญญา/ปวส.	9
ปริญญาตรี	10
ปริญญาโท	1
ปริญญาเอก	0

ตาราง 4.10 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=100) (ต่อ)

รายละเอียด	จำนวน (ร้อยละ)
รายได้ต่อเดือน	
น้อยกว่า 5,000 บาท	63
5,001-10,000 บาท	20
10,001-15,000 บาท	6
15,001 – 20,000 บาท	8
มากกว่า 20,000 บาท	2
ปัจจุบันอาศัยอยู่กับ	
คนเดียว	10
ครอบครัว	90
เพื่อน	0
อื่นๆ	0
โรคประจำตัว	
ไม่มี	51
เบาหวาน	5
หัวใจ	2
ภูมิแพ้	5
หลอดเลือดสมอง	0
หืดหอบ	1
กระเพาะ	3
โลหิตจาง	1
ไขมันในเส้นเลือด	10
ความดันโลหิตสูง	27
เกี่ยวกับกระดูกและข้อ	19
อื่นๆ	5

ตาราง 4.10 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=100) (ต่อ)

รายละเอียด	ความถี่ (ร้อยละ)
อาหารที่แพ้	
ไม่แพ้	90
อาหารทะเล	7
เนื้อสัตว์	2
นมจากสัตว์	1
ถั่วลิสง	0
กลูเตน	1
ธัญพืช	0
อื่นๆ	1

ข้อมูลพฤติกรรมกรรมการบริโภคเครื่องดื่มสำเร็จรูปโดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ แสดงดังตาราง 4.11 พบว่า มีผู้ที่ไม่รู้จักเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปอยู่ร้อยละ 3 ส่วนมากรู้จักเครื่องดื่มชนิดผงชนิดคาแฟร้อยละ 90 รองลงมาคือโกโก้คิดเป็นร้อยละ 65 นมถั่วเหลืองคิดเป็นร้อยละ 64 น้ำผลไม้คิดเป็นร้อยละ 51 ชาและนมผงเด็กคิดเป็นร้อยละ 44 นมผงสำหรับผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 35 น้ำผักคิดเป็นร้อยละ 27 และอื่นๆ เป็นร้อยละ 4 ตามลำดับ มีผู้ที่รู้จักยี่ห้อเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปมากที่สุดคือโมโลคิดเป็นร้อยละ 88 รองลงมาคือโอวัลตินร้อยละ 87 แอลดีนคิดเป็นร้อยละ 52 เนสท์เล่คิดเป็นร้อยละ 32 เอนชัวร์คิดเป็นร้อยละ 22 ไอโซคาลคิดเป็นร้อยละ 4 นิวเทรนและอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 1 มีผู้ที่เคยบริโภคเครื่องดื่มถั่วเหลืองอยู่ร้อยละ 96 และไม่เคยบริโภคร้อยละ 4 ความถี่ในการบริโภคส่วนใหญ่ 2-6 ครั้งต่อสัปดาห์อยู่ร้อยละ 30 รองลงมาคือความถี่ในการบริโภคสัปดาห์ละครั้งร้อยละ 25 บริโภค 1-3 ครั้งต่อสัปดาห์มี ร้อยละ 21 บริโภคทุกวันร้อยละ 4 และน้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือนมีร้อยละ 9 เหตุผลในการเลือกบริโภคนมถั่วเหลืองส่วนใหญ่คือมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ร้อยละ 68 รองลงมาคือ เป็นผู้ที่ทานอาหารเจร้อยละ 15 ราคาถูกร้อยละ 7 ชอบในรสชาตินมถั่วเหลืองร้อยละ 3 บริโภคด้วยเหตุผลอื่นๆร้อยละ 2 และชอบในสีของนมถั่วเหลืองร้อยละ 1 ตามลำดับผู้ที่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองชนิดผลร้อยละ 57 และผู้ที่ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงคิดเป็นร้อยละ 43 มีผู้ที่รู้จักผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงในท้องตลาดยี่ห้อโอวัลตินร้อยละ 45 รองลงมาคือแอลดีนร้อยละ 5 วินพีร้อยละ 2 และยี่ห้ออื่นๆ อีกร้อยละ 3 ของผู้ที่เคยบริโภคนมถั่วเหลืองผง

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป

รายละเอียด	จำนวน (ร้อยละ)
ทำนรู้จักเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปชนิดใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
ไม่รู้จักร	3
กาแฟ	90
โกโก้	65
ชา	44
นมผงสำหรับเด็ก	44
นมผงสำหรับผู้สูงอายุ	35
น้ำผัก	27
น้ำผลไม้	51
นมถั่วเหลือง	64
อื่นๆ	4
ทำนรู้จักรเครื่องดื่มผงยี่ห้อใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)	
ไม่เคยรู้จัก	3
แอลดีน	52
ไอโซคาล	4
เนสท์เล่	32
เอนซัวร์	22
ไมโล	88
โอวัลติน	87
นิวเทรน	1
อื่นๆ	1
ทำนเคยบริโภคนมถั่วเหลืองหรือไม่	
เคย	96
ไม่เคย	4

ตาราง 4.11 ข้อมูลพฤติกรรมกรบรีโอกเครื่องคัมพงสำเร็จรูป (ต่อ)

รายละเอียด	ความถี่ (ร้อยละ)
ความถี่ในการบริโภคร	
ทุกวัน	11
2-6 ครั้งต่อสัปดาห์	30
สัปดาห์ละครั้ง	25
2-3 ครั้งต่อเดือน	21
น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	9
เหตุผลในการบริโภคน้ำนมถั่วเหลือง	
มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	68
ราคาถูก	7
ดีสว	1
ชอบในด้านกลิ่น	0
ชอบในด้านรสชาติ	3
บริโภคนมวัวไม่ได้	0
ทานอาหารเจ	15
อื่นๆ	2
ท่านเคยบริโภคมลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองชนิดผงหรือไม่	
เคย	57
ไม่เคย	43

ตาราง 4.11 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคเครื่องดื่มสำเร็จรูป (ต่อ)

ท่านชอบผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองในท้องตลาดยี่ห้อใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

วินพีต	2
โอวัลติน	45
เฟิร์วชอย	2
เนเจอร์พีต	0
โกดัก	0
รอยัลมิกซ์	0
ชั้นชลิน	0
ดีอินวัน	0
ไบโอกรีน	0
แอลลีน	5
ไอโซมิลค์	0
อื่นๆ	3

4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มสำเร็จรูป

จากการวิเคราะห์ปัจจัย (Factor analysis) พบว่าค่า Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ที่ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูล ดังตาราง 4.12 มีค่าเท่ากับ 0.770 ซึ่งมากกว่า 0.5 และเข้าสู่ 1 จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลเหมาะสมที่จะใช้ Factor Analysis (กัลยา, 2549)

Bartlett's Test of Sphericity ใช้ในการทดสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ตัวแปรมีความสัมพันธ์กัน

ได้ค่า sig. ≤ 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 ตัวแปรที่ศึกษาจึงมีความสัมพันธ์กัน

ตาราง 4.12 KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.770
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	867.847
	Df	136
	Sig.	0.001

ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยจากทั้งหมด 17 ตัวแปร ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป ทำการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธี Varimax เพื่อทำการจัดกลุ่มตัวแปรได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.13 โดยค่าในตาราง เป็นค่า Factor loading แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 17 ตัวแปร กับปัจจัยใหม่ทั้ง 4 ปัจจัย เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัยแล้ว โดยปัจจัยที่ 1 คือปัจจัยด้านปัจจัยทางการตลาด (Marketing) ประกอบด้วย 7 ตัวแปร คือ ความนิยม ความใหม่ โฆษณา ส่งเสริมการขาย ยี่ห้อ ความสะดวกในการซื้อ และความสะดวกในการพกพา ปัจจัยที่ 2 คือปัจจัยด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ (Product Property) ประกอบด้วย 6 ตัวแปร คือ อายุการเก็บรักษา ส่วนผสม ความปลอดภัย ความสะดวกในการซื้อ คุณค่าทางโภชนาการ และบรรจุภัณฑ์ ปัจจัยที่ 3 คือปัจจัยด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory) ประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ กลิ่น สี และรสชาติ ปัจจัยที่ 4 คือปัจจัยราคา (Price Factor) ประกอบด้วย 1 ตัวแปร คือ ราคา

สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยโดยใช้การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Factor analysis เพื่อทำการจับกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน เพื่อให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษา ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อน้ำผลไม้ชนิดผงของผู้บริโภคจากทั้งหมด 17 ตัวแปร พบว่าผลของการวิเคราะห์ปัจจัยตามกระบวนการได้ปัจจัยจากการจับกลุ่มเพียง 4 ปัจจัย ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยด้านการตลาด ปัจจัยลักษณะผลิตภัณฑ์ ปัจจัยทางประสาทสัมผัส และปัจจัยด้านราคา ซึ่งมีโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบในแต่ละปัจจัย (the relation model of each component) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Component 1 : Marketing} &= 0.87 * \text{ความนิยม} + 0.84 * \text{ความใหม่} + 0.81 * \\ &\text{โฆษณา} + 0.81 * \text{ส่งเสริมการขาย} + 0.76 * \text{ยี่ห้อ} + 0.63 * \text{สะดวกในการ} \\ &\text{ซื้อ} + 0.57 * \text{สะดวกในการพกพา} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Component 2 : Product Property} &= 0.84 * \text{อายุการเก็บรักษา} + 0.73 * \text{ส่วนผสม} + 0.72 * \text{ความ} \\ &\text{ปลอดภัย} + 0.68 * \text{สะดวกในการบริโภค} + 0.60 * \text{คุณค่าทางโภชนาการ} + 0.60 * \\ &\text{บรรจุภัณฑ์} \end{aligned}$$

$$\text{Component 3 : Sensory Factor} = 0.86 * \text{กลิ่น} + 0.76 * \text{สี} + 0.58 * \text{รสชาติ}$$

$$\text{Component 4 : Price Factor} = 0.79 * \text{ราคา}$$

ในส่วนของค่า Eigenvalues ของแต่ละปัจจัยนั้น ก็มีความแตกต่างกันออกไป เป็นค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนของตัวแปรและความสำคัญของตัวแปรที่มีอยู่ในแต่ละปัจจัย โดยจะพิจารณาเห็นว่าปัจจัยด้านการตลาดจะมีค่า Eigenvalues เท่ากับ 4.51 ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุดของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย แสดงว่าผู้บริโภคให้ความเห็นว่า ปัจจัยนี้ประกอบด้วยตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจใน

การเลือกซื้อน้ำมันถั่วเหลืองของผู้บริโภคมากที่สุด รองลงมาคือปัจจัยด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Eigenvalues เท่ากับ 3.21 ปัจจัยด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมีค่า Eigenvalues เท่ากับ 1.92 ปัจจัยด้านราคามีค่า Eigenvalues เท่ากับ 1.61 ตามลำดับของความสำคัญของปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์ปัจจัยแล้ว

สำหรับค่า Variance Explained เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการอธิบายของปัจจัยนั้น บอกถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่มีต่อการตัดสินใจซื้อน้ำมันถั่วเหลืองของผู้บริโภค โดยรวมทั้งหมดร้อยละ 66.47 จำแนกเป็น ปัจจัยด้านการตลาดร้อยละ 26.53 ปัจจัยด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ร้อยละ 19.19 ปัจจัยด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสร้อยละ 11.31 และปัจจัยด้านราคาร้อยละ 9.44 ตามลำดับ

จากการจัดกลุ่มจะเห็นได้ว่า component ที่ 1 ปัจจัยที่มีค่า factor loading มากที่สุดในกลุ่มเท่ากับ 0.87 คือความนิยม จึงสามารถอธิบายได้ว่าความนิยมมีความสำคัญในการเลือกซื้อน้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปมากที่สุด component ที่ 2 อายุการเก็บมีค่า factor loading มากที่สุดในกลุ่มเท่ากับ 0.84 จึงอธิบายได้ว่าอายุการเก็บมีความสำคัญในการซื้อน้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปในปัจจัยด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ component ที่ 3 กลิ่นมีค่า loading factor มากที่สุดในกลุ่มเท่ากับ 0.86 จึงอธิบายได้ว่ากลิ่นมีความสำคัญในการซื้อน้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปในปัจจัยด้านประสาทสัมผัส และ component ที่ 4 ราคามีค่า loading factor มากที่สุดเท่ากับ 0.79 จึงอธิบายได้ว่าราคามีความสำคัญในการซื้อน้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปในปัจจัยด้านราคา

ดังนั้นจากการจัดกลุ่มปัจจัยที่มีผลในการซื้อน้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปจะต้องพิจารณาปัจจัยทางการตลาดเป็นอันดับแรก รองลงมาคือคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยที่ลักษณะทางประสาทสัมผัสและราคาผู้บริโภคให้ความสำคัญน้อยกว่าปัจจัยทางการตลาดและลักษณะของผลิตภัณฑ์ จึงจะสามารถตอบสนองผู้บริโภคที่เป็นผู้สูงอายุในการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองผงสำเร็จรูปมากที่สุด

ตาราง 4.13 น้ำหนักตัวแปรในแต่ละปัจจัยการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป

Component	Variables	Component			
		1	2	3	4
Marketing	ความนิยม	0.867	0.103	-0.005	0.075
	ความใหม่	0.844	0.084	0.038	0.042
	โฆษณา	0.812	0.118	0.028	0.082
	ส่งเสริมการขาย	0.811	0.089	-0.202	0.185
	ยี่ห้อ	0.756	0.026	0.254	-0.155
	สะดวกในการซื้อ	0.634	0.193	0.092	0.614
	สะดวกในการพกพา	0.570	0.147	0.225	0.346
Product properties	อายุการเก็บ	0.147	0.837	0.044	-0.018
	ส่วนผสม	0.112	0.726	0.174	0.203
	ความปลอดภัย	-0.066	0.717	0.110	0.279
	สะดวกในการบริโภค	0.309	0.679	0.096	-0.035
	คุณค่าทางโภชนาการ	-0.077	0.603	0.107	0.307
	บรรจุภัณฑ์	0.480	0.598	0.092	-0.238
Sensory	กลิ่น	0.100	0.128	0.859	0.111
	สี	-0.066	0.084	0.757	0.314
	รสชาติ	0.146	0.414	0.580	-0.175
Price	ราคา	0.158	0.210	0.189	0.789
Eigenvalues		4.51	3.26	1.92	1.61
Variance Explained (%)		26.53	19.19	11.31	9.44
Total Variance Explained (%)		66.47			

หมายเหตุ : สกัดปัจจัยด้วย principle component analysis

4.2.3 เค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป

การหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์จากการสำรวจผู้บริโภคดังตาราง 4.14 พบว่าผู้บริโภคส่วนมากไม่รู้จักเบตากลูแคนร้อยละ 82 ส่วนผู้ที่รู้จักผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเบตากลูแคนคือ ยี่ห้อเอนฟาโกรร้อยละ 17 และมีผู้ที่สนใจในผลิตภัณฑ์ที่เสริมเบตากลูแคนอยู่ร้อยละ 69 ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์เป็นผงละเอียดมากร้อยละ 72 ส่วนมากชอบผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่มีเจดสีเหลืองร้อยละ 87 มีความเข้มข้นเป็นสีอ่อนร้อยละ 74 กลิ่นที่ชอบให้มีกลิ่นถั่วเหลืองร้อยละ 47 ไม่ต้องการให้มีรสหวานร้อยละ 40 หรือมีรสหวานแต่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลร้อยละ 38 และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 74

ตาราง 4.13 ความถี่ในการหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป

รายละเอียด	จำนวน (ร้อยละ)
ท่านรู้จักเบตากลูแคน	
เคย	18
ไม่เคย	82
ยี่ห้อผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมเบตากลูแคน	
มะโฮ	0
เอนฟาโกร	17
อื่นๆ	1
ความสนใจในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมเบตากลูแคน	
สนใจ	69
ไม่สนใจ	10
ไม่แน่ใจ	21
ลักษณะนมถั่วเหลืองผงสำเร็จรูป	
ผงละเอียดมาก	70
ผงละเอียดปานกลาง	28
หยาบ	2

ตาราง 4.14 ความถี่ในการหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป (ต่อ)

เจดสี	
เหลือง	87
เขียว	1
อื่นๆ	11
ความเข้มข้น	
อ่อน	74
ปานกลาง	17
เข้ม	5
ไม่สนใจ	3
กลิ่น	
ถั่วเหลือง	47
วานิลลา	22
ใบเตย	20
ชาเขียว	3
สมุนไพร	3
อื่นๆ	0
ความหวานของผลิตภัณฑ์	
มีน้ำตาล	17
ไม่มีน้ำตาล	40
ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล (มีรสหวานแต่ให้พลังงานต่ำกว่าน้ำตาล)	38
ไม่สนใจ	5
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์	
ซื้อ	74
ไม่ซื้อ	5
ไม่แน่ใจ	21

4.2.4 การหาความชอบของอัตราส่วนผสมถั่วเหลืองแช่กับน้ำ

การหาความชอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองผงโดยศึกษาอัตราส่วนถั่วเหลืองแช่กับน้ำดังตาราง 4.15 พบว่า คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ ความละเอียด ความชอบรวม มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความชอบด้านลักษณะปรากฏได้คะแนนความชอบมากที่สุด 6.0 คะแนน คืออัตราส่วน 1:5 ความชอบด้านความละเอียดของผงได้คะแนนความชอบมากที่สุด 5.9 คะแนน คืออัตราส่วน 1:5 และความชอบด้านความชอบรวมได้คะแนนมากที่สุด 6.1 คะแนน คืออัตราส่วน 1:5 คุณลักษณะด้าน สีและกลิ่นถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งการยอมรับของนมถั่วเหลืองผงได้รับการยอมรับอยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อยในอัตราส่วนที่ได้คะแนนมากที่สุดอย่างมีความแตกต่างกันโดยได้คะแนนการยอมรับที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีในท้องตลาดที่ได้จากการสำรวจของอิรนนท์ และคณะ (2546) ที่มีการให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ

ตาราง 4.15 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองผง

อัตราส่วน ถั่วเหลือง:น้ำ	ลักษณะปรากฏ	สี ^(ns)	กลิ่นถั่วเหลือง ^(ns)	ความละเอียด	ความชอบรวม
1:4	5.0±1.39 ^c	5.5±1.13	5.3±1.43	4.8±1.42 ^c	5.0±1.25 ^c
1:5	6.0±1.20 ^a	6.0±1.11	5.6±1.24	5.9±1.49 ^a	6.1±1.06 ^a
1:6	5.1±1.20 ^{bc}	5.6±1.23	5.7±1.19	5.0±1.44 ^{bc}	5.5±1.33 ^{bc}
1:7	5.5±1.25 ^{abcdef}	5.9±1.37	5.5±1.27	5.5±1.55 ^{abc}	5.7±1.27 ^{ab}
1:8	5.4±1.40 ^{bcde}	5.8±1.2	5.6±1.28	5.4±1.48 ^{abc}	5.7±1.19 ^{ab}
1:9	5.3±1.31 ^{bcd}	5.7±1.44	5.8±1.27	5.4±1.24 ^{abc}	5.7±1.23 ^{ab}
1:10	5.4±1.26 ^{bcdef}	5.6±1.25	5.5±1.33	5.5±1.31 ^{ab}	5.8±1.13 ^{ab}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ความชอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองหลังคั้นรูปโดยศึกษาอัตราส่วนถั่วเหลือง
 แห้กับน้ำดังตาราง 4.16 พบว่า ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วเหลือง ความหนืด และ
 ความชอบรวม มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความชอบด้าน
 ลักษณะปรากฏได้คะแนนความชอบมากที่สุด 5.8 คะแนน คืออัตราส่วน 1:4 ความชอบด้านสีได้
 คะแนนความชอบมากที่สุด 6.0 คะแนน คืออัตราส่วน 1:4 ความชอบด้านกลิ่นถั่วเหลืองได้คะแนน
 ความชอบมากที่สุด 6.2 คืออัตราส่วน 1:4 ความชอบด้านความข้นหนืดได้คะแนนความชอบมากที่สุด
 5.6 คะแนน คืออัตราส่วน 1:4 และความชอบด้านความชอบรวมได้คะแนนมากที่สุด 5.7 คะแนน
 คืออัตราส่วน 1:4 ซึ่งได้คะแนนความชอบรวมอยู่ที่ เลขๆ ถึงชอบเล็กน้อยเช่นเดียวกับ พรรณจิรา
 (2546) อาจบอกได้ว่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองหลังการคั้นรูปมีผลไม่ต่าง
 จากนมถั่วเหลืองก่อนการทำแห้ง

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของนมถั่วเหลืองหลังคั้นรูปโดยศึกษาอัตราส่วนถั่วเหลือง
 แห้กับปริมาณน้ำ ดังตาราง 4.17 พบว่า ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด การละลาย การกระจายตัวในน้ำ
 และความหนืด มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดย อัตราส่วน 1:4 มี
 ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดร้อยละ 2.63 การละลายร้อยละ 98.33 และความข้นหนืด 2.79 เซนติ-
 พอยท์ ส่วนความชื้นและ a_w ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ
 95 เมื่อใช้ปริมาณน้ำน้อยลงในการสกัดนํ้ามถั่วเหลืองจะทำให้การกระจายตัว การละลายดีขึ้น และ
 ความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Tanteeratarom *et al.* (1997) ที่ทำการทดลองใช้ปริมาณน้ำที่
 น้อยลงในการสกัดจะทำให้ของแข็งมากขึ้น

ตาราง 4.16 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองคั้นรูป

อัตราส่วน ถั่วเหลืองแช่น้ำ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นถั่วเหลือง	กลิ่นรสถั่วเหลือง	ความข้นหนืด	ความชอบรวม
1:4	5.8±1.41 ^a	6.0±1.30 ^a	6.2±1.11 ^a	5.7±1.51 ^a	5.6±1.42 ^a	5.7±1.56 ^a
1:5	4.7±1.71 ^{ced}	5.0±1.71 ^c	5.5±1.50 ^{abcd}	4.9±1.64 ^{abcde}	4.9±1.29 ^{bc}	4.9±1.48 ^{bcd}
1:6	3.8±1.54 ^f	4.2±1.54 ^e	5.3±1.54 ^{cdef}	4.7±1.32 ^{de}	4.2±1.41 ^{de}	4.4±1.4 ^{def}
1:7	5.1±1.45 ^{bc}	5.1±1.52 ^{bc}	5.1±1.85 ^{def}	4.7±1.45 ^{cde}	4.7±1.58 ^{cde}	4.9±1.53 ^{cdef}
1:8	5.3±1.51 ^{abc}	5.1±1.50 ^{bc}	5.3±1.45 ^{bcd}	5.1±1.52 ^{abcd}	4.7±1.39 ^{de}	5.1±1.56 ^{bc}
1:9	4.1±1.45 ^{ef}	4.2±1.52 ^{de}	5.1±1.33 ^{ef}	4.4±1.33 ^e	4.1±1.33 ^e	4.3±1.25 ^f
1:10	4.1±1.56 ^{def}	4.3±1.49 ^{de}	4.7±1.59 ^f	4.4±1.51 ^e	4.1±1.39 ^e	4.3±1.51 ^{ef}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพนมถั่วเหลืองผง

อัตราส่วน ถั่วเหลืองแช่น้ำ	ของแข็งทั้งหมด ก่อนการทำแห้ง (ร้อยละ)	ความชื้น ^(ns)	a _w ^(ns)	การละลาย (ร้อยละ)	การกระจายตัว (ร้อยละ)	ความข้นหนืดหลังคืนรูป (cP)
1:4	12.99±0.05 ^a	2.58±0.07	0.198±0.01	98.33±1.52 ^a	94.54±0.30 ^a	2.79±0.02 ^a
1:5	12.06±0.02 ^b	2.60±0.04	0.173±0.01	97.51±0.47 ^a	66.19±0.64 ^b	2.33±0.11 ^b
1:6	11.94±0.07 ^c	2.60±0.12	0.168±0.01	95.45±0.26 ^b	53.76±0.21 ^c	2.26±0.02 ^b
1:7	11.32±0.01 ^d	2.63±0.06	0.170±0.01	93.62±0.08 ^c	43.36±0.65 ^d	2.05±0.01 ^c
1:8	10.83±0.08 ^c	2.64±0.01	0.165±0.01	91.42±0.04 ^d	33.11±0.83 ^c	2.01±0.01 ^{cd}
1:9	10.59±0.04 ^f	2.68±0.02	0.176±0.01	91.08±0.03 ^d	19.93±0.33 ^f	2.00±0.01 ^{cd}
1:10	10.08±0.02 ^g	2.68±0.04	0.160±0.01	90.28±0.15 ^d	18.56±0.39 ^f	1.89±0.01 ^d

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ของนมถั่วเหลืองผง แสดงดังตาราง 4.18 ผลปรากฏว่าค่าสี L^* a^* b^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าสี L^* (ความสว่าง) และ a^* (+แดงสีแดง) มีค่ามากที่สุดคืออัตราส่วน 1:10 มีค่าเท่ากับ 100.14 และ 0.67 ส่วน b^* (+แดงสีเหลือง) มีค่ามากที่สุดคืออัตราส่วน 1:4 มีค่าเท่ากับ 9.00 และ ΔE (ค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป) มีค่ามากที่สุดคืออัตราส่วน 1:4 มีค่าเท่ากับ 13.14 แสดงว่าในอัตราส่วน 1:4 มีความสว่าง น้อยและความเป็นสีเหลืองมากที่สุดทำให้ทราบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำที่น้อยในการบดถั่วเหลืองทำให้ได้สีของนมถั่วเหลืองเข้มขึ้น

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์สีของนมถั่วเหลืองผง

อัตราส่วน ถั่วเหลืองแช่น้ำ	L^*	a^*	b^*	ΔE
1:4	89.13±0.02 ^d	0.57±0.04 ^b	9.00±0.41 ^a	13.14
1:5	89.54±0.16 ^d	0.58±0.02 ^b	8.43±0.49 ^a	12.48
1:6	90.58±0.29 ^d	0.60±0.00 ^{ab}	7.67±0.27 ^b	11.20
1:7	93.80±0.27 ^c	0.60±0.02 ^{ab}	6.72±0.07 ^c	8.04
1:8	94.74±1.02 ^c	0.64±0.03 ^{ab}	6.44±0.12 ^{cd}	7.15
1:9	96.65±0.34 ^b	0.66±0.00 ^a	5.85±0.05 ^{de}	5.41
1:10	100.14±1.38 ^a	0.67±0.02 ^a	5.64±0.03 ^c	4.03

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองพบว่าอัตราส่วน 1:5 มีคะแนนความชอบมากที่สุดทั้งทางด้าน ลักษณะปรากฏ ความละเอียด และความชอบรวมมีค่า 6.0 5.9 และ 6.1 คะแนนตามลำดับ แต่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมถั่วเหลืองหลังการคั้นรูปพบว่า อัตราส่วน 1:4 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นถั่วเหลือง ความขุ่นหนืด และความชอบรวม มีค่าเท่ากับ 5.8 6.0 6.2 5.6 และ 5.7 คะแนนตามลำดับ การให้คะแนนความชอบในอัตราส่วนที่แปรผันถั่วเหลืองแช่น้ำในกระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองได้คะแนนความชอบในนมถั่วเหลืองผงและนมถั่วเหลืองผงหลังการคั้นรูปในอัตราส่วนที่ไม่เหมือนกันจึงยังไม่สามารถเลือกได้ว่าจะใช้อัตราส่วนที่ต้องการได้จึงนำมาคัดเลือกโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (paired preference test) ในขั้นต่อไป

จากการคัดเลือกโดยการเปรียบเทียบตัวอย่าง (Paired preference test) ในตาราง 4.19 แสดงจำนวนผู้ที่ชอบผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผู้ที่ทำการทดสอบ 100 คน ให้ความชอบในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:4 จำนวน 63 คน ผู้ที่ชอบผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผู้ที่ทำการทดสอบ 100 คน ให้ความชอบในผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:4 จำนวน 64 คน ดังนั้นจึงเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองแช่ต่อน้ำเท่ากับ 1:4 ในการศึกษาการศึกษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตาราง 4.19 จำนวนผู้ที่ชอบนมถั่วเหลืองและนมถั่วเหลืองหลังคืนรูป

อัตราส่วน ถั่วเหลืองแช่:น้ำ	จำนวนคนที่ชอบ นมถั่วเหลือง (คน)	จำนวนผู้ที่ชอบ นมถั่วเหลืองหลังคืนรูป (คน)
1:4	63 ^a	64 ^a
1:5	37 ^b	36 ^b

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบดังข้อมูลที่อยู่ในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อ $\chi^2 \text{ (calculate)} \geq \chi^2 \text{ (table)}$

คุณค่าโดยประมาณของนมถั่วเหลือง

คุณค่าโดยประมาณของนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนการบดถั่วเหลืองแช่ต่อน้ำ 1:4 ดังตาราง 4.20 ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับ 1.51 12.90 5.63 1.42 4.51 และ 53.32 ตามลำดับ

ตาราง 4.20 คุณค่าโดยประมาณของนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนถั่วเหลืองแช่ต่อน้ำ 1:4

คุณค่าโดยประมาณของนมถั่วเหลือง	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	1.51±0.33
โปรตีน	12.90±0.63
ไขมัน	5.63±0.01
เกลือ	1.42±0.12
เส้นใย	1.51±0.33
คาร์โบไฮเดรต	53.32

4.2.4 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมเบตากลูแคน

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองผสมเบตากลูแคน แสดงดังตาราง 4.21 พบว่าการแปรผันสัดส่วนนมถั่วเหลืองกับเบตากลูแคนทำให้ความชอบด้านลักษณะปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสัดส่วนที่ได้รับมีการยอมรับมากที่สุดคืออัตราส่วน 86:14 ส่วนความชอบทางด้าน สี กลิ่น และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีความชอบด้านสีอยู่ระหว่าง 5.6-5.8 คะแนน มีความชอบด้านกลิ่นอยู่ระหว่าง 4.9-5.2 คะแนนและมีความชอบรวมอยู่ระหว่าง 4.9-5.3 คะแนน

ตาราง 4.21 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลืองผสมเบตากลูแคน

นมถั่วเหลือง : เบตากลูแคน	ลักษณะปรากฏ	สี ^(ns)	กลิ่น ^(ns)	ความชอบรวม ^(ns)
86:14	5.9±1.47 ^a	5.8±1.35	5.2±1.71	5.3±1.59
84:16	5.6±1.38 ^b	5.7±1.50	5.1±1.57	4.9±1.80
82:18	5.4±1.31 ^b	5.6±1.38	4.9±1.72	4.9±1.53
80:20	5.4±1.53 ^b	5.7±1.39	5.2±1.75	5.1±1.53

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันถั่วเหลืองผสมเบตากลูแคนดังตาราง 4.22 พบว่าการแปรผันสัดส่วนน้ำมันถั่วเหลืองกับเบตากลูแคนทำให้ความชอบด้านความหนืดและความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยความหนืดและความชอบรวมมีการยอมรับมากที่สุดคืออัตราส่วน 86:14 มีค่าเท่ากับ 5.6 และ 4.8 คะแนน ตามลำดับส่วนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ระหว่าง 5.3-5.6 คะแนน มีความชอบด้านสีอยู่ระหว่าง 5.2-5.3 คะแนน และมีความชอบด้านกลิ่นอยู่ระหว่าง 5.1-5.5 คะแนน

ตาราง 4.22 ผลการคัดเลือกสูตรทางประสาทสัมผัสของน้ำมันถั่วเหลืองผสมเบตากลูแคน

นมถั่วเหลืองผง : เบตากลูแคน	ลักษณะปรากฏ ^(ns)	สี ^(ns)	กลิ่น ^(ns)	ความข้นหนืด	ความชอบรวม
86:14	5.4±1.65	5.2±1.49	4.8±1.35	5.6±1.56 ^a	4.8±1.82 ^a
84:16	5.6±1.19	5.3±.99	4.9±1.32	5.6±1.37 ^a	4.6±1.58 ^{ab}
82:18	5.3±1.41	5.2±1.16	4.8±1.28	5.1±1.51 ^b	4.6±1.76 ^{ab}
80:20	5.5±1.39	5.3±1.29	4.1±1.43	5.0±1.47 ^b	4.3±1.85 ^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ค่าจากทางเคมีและกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมเบตาแคโรทีนดังตาราง 4.23 พบว่าการแปรผันสัดส่วนนมถั่วเหลืองกับเบตาแคโรทีนที่ระดับต่างกันมีผลทำให้ การละลาย ปริมาณเบตาแคโรทีน ค่าสี L^* a^* b^* และ ΔE มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำให้อัตราส่วน 80:14 และ 82:16 มีค่าการละลายมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 93.73 และ 91.47 ตามลำดับ ปริมาณเบตาแคโรทีนในอัตราส่วน 80:20 มีค่ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.60 ในอัตราส่วน 86:14 และ 84:16 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 86.20 และ 86.18 ตามลำดับ ในอัตราส่วน 80:20 และ 82:28 มีค่า a^* มากที่สุดเท่ากับ 1.92 และ 1.77 ตามลำดับ ในอัตราส่วน 80:20 82:16 และ 82:14 มีค่า a^* มากที่สุดเท่ากับ 12.71 12.64 และ 12.45 ตามลำดับ และอัตราส่วน 80:20 และ 82:18 มีค่า ΔE มากที่สุดเท่ากับ 11.12 และ 10.12 ตามลำดับ สรุปคือเมื่อใช้เบตาแคโรทีนเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณเบตาแคโรทีนและสีเข้มขึ้น และการละลายลดลง ส่วนการแปรผันสัดส่วนไม่มีผลกับความชื้นความชื้น

จากสมบัติทางเคมีและกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมเบตาแคโรทีนหลังคืนรูปดังตาราง 4.24 พบว่าการแปรผันสัดส่วนนมถั่วเหลืองกับเบตาแคโรทีนที่ระดับต่างกันมีผลทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีผลทำให้อัตราส่วนในอัตราส่วน 86:14 มีความหนืดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 13.17 cP ในอัตราส่วน 86:14 ค่าสี L^* ที่สุดมีค่าเท่ากับ 44.29 ในอัตราส่วน 86:14 และ 84:16 มีค่าสี a^* มากที่สุดเท่ากับ -1.52 และ -1.54 ในอัตราส่วน 86:14 และ 84:16 มีค่าสี b^* เท่ากับ 4.34 และ 4.17 และในอัตราส่วน 80:20 มีค่า ΔE มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 54.72 สารสกัดเบตาแคโรทีนที่สกัดได้มีการละลายต่ำเนื่องมาจากการสกัดยังคงมีความบริสุทธิ์น้อย จึงอาจไม่มีผลกับผลิตภัณฑ์มากเมื่อนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีความชื้นหนืดและการละลายลดลงส่วนค่าความสว่างลดลงเมื่อใช้เบตาแคโรทีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเบตาแคโรทีนมีสีที่เข้มเมื่อใช้มากจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

ตาราง 4.23 สมบัติทางเคมีและกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมเบตาคาร์oten

สิ่งทดลองที่	ร้อยละ		ความชื้น (ns)	การละลาย	ปริมาณร้อยละ ของเบตาคาร์oten	สี			
	นมถั่วเหลืองผง	เบตาคาร์oten				L*	a*	b*	ΔE
1	86	14	3.43±0.11	93.73±1.44 ^a	0.13±0.01 ^b	86.20±0.62 ^a	1.53±0.21 ^b	12.45±0.24 ^a	7.96±0.59 ^b
2	84	16	3.61±0.15	91.47±0.44 ^{ab}	0.14±0.01 ^b	86.18±0.74 ^a	1.19±0.10 ^c	11.34±0.35 ^b	8.14±0.71 ^b
3	82	18	3.33±0.54	90.22±2.00 ^b	0.15±0.01 ^{ab}	83.26±1.00 ^b	1.77±0.13 ^{ab}	12.64±0.47 ^a	10.83±0.92 ^a
4	80	20	3.47±0.36	90.00±0.69 ^b	0.21±0.07 ^a	82.96±0.77 ^b	1.92±0.10 ^a	12.71±0.18 ^a	11.12±0.73 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ภาษาอังกฤษเป็นค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 4.24 สมบัติทางเคมีและกายภาพของนมถั่วเหลืองผสมเบตาคาร์otenหลังคั้นรูป

สิ่งทดลองที่	ร้อยละ		ความชื้นหนืด	สี			
	นมถั่วเหลืองผง	เบตาคาร์oten		L*	a*	b*	ΔE
1	86	14	13.17±0.29 ^a	44.29±0.31 ^a	-1.52±0.08 ^a	4.35±0.10 ^a	51.47±0.20 ^c
2	84	16	10.17±0.29 ^b	43.85±0.36 ^b	-1.54±0.05 ^a	4.17±0.10 ^a	51.47±0.04 ^b
3	82	18	8.67±0.29 ^c	43.61±0.28 ^b	-1.66±0.03 ^b	3.49±0.13 ^b	51.72±0.29 ^b
4	80	20	6.17±0.29 ^d	40.71±0.30 ^c	-1.70±0.03 ^b	2.76±0.25 ^c	54.72±0.31 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ภาษาอังกฤษเป็นค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

4.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย

4.3.4 การศึกษาคุณภาพ การยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุ

จากการสำรวจการยอมรับผู้บริโภคของนมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุดังตาราง 4.25 พบว่าผู้สูงอายุให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบรวมเท่ากับ 8.2 7.7 7.4 และ 7.9 คะแนน ตามลำดับ

ตาราง 4.25 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของนมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุ ($n=100$)

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	8.2±0.88
สี	7.7±1.15
กลิ่น	7.4±1.33
ความชอบรวม	7.9±0.98

จากการสำรวจการยอมรับผู้บริโภคของนมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุดังตาราง 4.26 พบว่าผู้สูงอายุให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความขุ่นหนืดและความชอบรวมเท่ากับ 7.7 7.6 7.7 7.7 7.9 และ 8.3 คะแนน ตามลำดับ

ตาราง 4.26 การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของนมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุ ($n=100$)

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏ	7.7±1.49
สี	7.6±1.23
กลิ่น	7.7±1.13
รสชาติ	7.7±1.48
ความขุ่นหนืด	7.9±1.12
ความชอบรวม	8.3±1.12

จากการสำรวจการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุดังตาราง 4.27 พบว่ามีผู้ยอมรับทั้งหมด 100 คน พบว่ามีผู้ยอมรับผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 97 คน และไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 คนเพราะผลิตภัณฑ์ไม่มีรสหวาน และมีผู้ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักของละ 15 กรัม ในราคา 20 บาท ทั้งหมด 88 คน และไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 12 คนเพราะ คิดว่าผลิตภัณฑ์รสจืดและมีราคาที่สูงเกินไป

ตาราง 4.27 ผลการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมเบต้ากลูแคนสำหรับผู้สูงอายุ ($n=100$)

รายละเอียด	ร้อยละ
ยอมรับ	97
ไม่ยอมรับ	3
ซื้อ	88
ไม่ซื้อ	12

นมถั่วเหลืองผสมเบตาแคโรทีนสำหรับผู้สูงอายุ 100 คนมีคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ดังตาราง 4.28 ได้แก่การละลายร้อยละ 93.73 ค่าสี $L^* a^* b^* \Delta E$ มีค่าเท่ากับ 86.20 1.53 12.45 และ 7.96 ตามลำดับความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.43 4.14 4.79 0.61 และ 83.87 ตามลำดับ และผลการทดสอบ

ตาราง 4.28 สมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผสมเบตาแคโรทีนสำหรับผู้สูงอายุ

ค่าทางกายภาพและเคมี	ค่าการวิเคราะห์
การละลาย (ร้อยละ)	93.73±1.44
L^*	86.20±0.62
a^*	1.53±0.21
b^*	12.45±0.24
ΔE	7.96±0.59
ปริมาณเบตาแคโรทีน (ร้อยละ)	0.13±0.01
ความชื้น (ร้อยละ)	3.43±0.11
โปรตีน (ร้อยละ)	4.14±0.04
ไขมัน (ร้อยละ)	4.79±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	3.15±0.04
เส้นใย (ร้อยละ)	0.61±0.07
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	83.87±0.10

4.3.5 ต้นทุนในการผลิต

4.3.5.2 ต้นทุนการผลิตเบตาแคโรทีน

การคำนวณหาต้นทุนการผลิตเบตาแคโรทีนดังตาราง 4.29 จะใช้วัตถุดิบในการผลิตนมถั่วเหลืองผงดังต่อไปนี้คือ รำข้าว กิโลกรัมละ 8 บาท โซเดียมคาร์บอเนต กิโลกรัมละ 50 บาท ใช้ 150 กรัมต่อรำข้าว 1 กิโลกรัม คิดเป็น 7.50 บาท กรดไฮโดรคลอริก ขวดละ 350 บาท (2.5 ลิตร) ใช้ 160 มิลลิลิตรต่อรำข้าว 1 กิโลกรัม คิดเป็น 22.50 บาท น้ำดื่ม 20 ลิตร 15 บาท ใช้ 20 ลิตรต่อรำข้าว 1 กิโลกรัม จะได้ต้นทุนด้านวัตถุดิบ 102 บาท คิดค่าแรงและเชื้อเพลิงร้อยละ 30 คิดเป็น 30 บาท ค่าไรร้อยละ 10 คิดเป็น 10 บาท คิดเป็น 142 บาท การผลิตโดยใช้รำข้าว 1000 กรัมจะได้ร้อยละการผลิต 16 กรัม จะได้ต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 875 บาท

ตาราง 4.29 ต้นทุนการผลิตเบตากลูแคน

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	จำนวนที่ใช้ (กรัม)	จำนวนเงิน (บาท)
รำข้าว	8	1000	8
ไดโซเดียมคาร์บอเนต	50	150	8
กรดไฮโดรคลอริก	350	160	56
น้ำดื่ม	1.5	20000	30
รวมทั้งสิ้น			102

ค่าแรง + เชื้อเพลิงร้อยละ 30	=	30	บาท
กำไรร้อยละ 10	=	10	บาท
ต้นทุนการผลิต	=	102 + 30 + 10	
	=	142	บาท
ผลิตได้	=	16	กรัม
ต้นทุนการผลิต	=	142	บาท / 16 กรัม
	=	8875	บาท/กิโลกรัม

4.3.5.3 ต้นทุนการผลิตนมถั่วเหลืองผง

การคำนวณหาต้นทุนการผลิตนมถั่วเหลืองผงดังตาราง 4.30 จะใช้วัตถุดิบในการผลิตนมถั่วเหลืองผงดังต่อไปนี้คือ ถั่วเหลืองกิโลกรัมละ 16 บาท น้ำดื่มเกลอนละ 15 บาท (20 ลิตร) ใช้ 4 ลิตรต่อถั่วเหลือง 1 กิโลกรัม คิดเป็น 3 บาท และ มอลโตเดกซ์ตริน DE10 กิโลกรัมละ 90 บาท ใช้ 600 กรัม คิดเป็น 54 บาท คิดเป็นค่าวัตถุดิบ 76 บาทต่อกรัม รวมค่าแรงร้อยละ 30 คิดเป็น 23 บาท กำไรร้อยละ 10 คิดเป็น 8 บาท จากการใช้ถั่วเหลือง 1 กิโลกรัมได้ผลผลิต 600 กรัมเป็น 107 บาท ถ้าผลผลิต 1 กิโลกรัมจะมีต้นทุน 178 บาท

ตาราง 4.30 ต้นทุนการผลิตนมถั่วเหลืองผง

รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	จำนวนที่ใช้ (กรัม)	จำนวนเงิน (บาท)
ถั่วเหลือง	16	1000	16
น้ำดื่ม	1.5	4000	6
มอลโตเดกซ์ตริน DE10	90	600	54
รวมทั้งสิ้น			76

ค่าแรง + เชื้อเพลิงร้อยละ 30	=	23	บาท
กำไรร้อยละ 10	=	8	บาท
ต้นทุนการผลิต	=	76 + 23 + 3	
	=	107	บาท
ผลิตได้	=	600	กรัม
ต้นทุนการผลิต	=	107	บาท / 600 กรัม
	=	178	บาท/กิโลกรัม

4.3.5.4 ต้นทุนในการผลิตนมถั่วเหลืองผงผสมเบตากลูแคน

จากตาราง 4.30 แสดงต้นทุนจาก 1 หน่วยบริโภค = 15 กรัม ใช้นมถั่วเหลืองผง 12.90 กรัม คิดเป็น 2.30 บาท เบตากลูแคน 2.10 กรัม คิดเป็น 18.64 บาท รวมเป็นต้นทุน 20.93 บาท ต่อ 15 กรัม

ตาราง 4.30 ต้นทุนของผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองผงผสมเบตากลูแคน

ราคาต้นทุนการผลิต	ถั่วเหลือง	เบตากลูแคน
	178 บาท/กิโลกรัม	8875 บาท/กิโลกรัม
	1 หน่วยบริโภค 15 กรัม	
ปริมาณการใช้	12.90 กรัม	2.1 กรัม
คิดเป็นเงิน	2.30 บาท	18.64 บาท
ต้นทุนการผลิต 15 กรัม		20.93 บาท