

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ  
ระดับปริญญาตรี

T097035

เรื่อง

การใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด  
( Application of Inulin as Fat Replacer in Buttercake)

จัดทำโดย

นางสาวปวีณา เชาขกรณ์ รหัสนักศึกษา 44040793

นายอนันต์ ลักษณะอัมพร รหัสนักศึกษา 44040807

ปพ.

ป 496๙

2547

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิตติชัย บรรจง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....97035.

วัน,เดือน,ปี.....

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด  
(Application of Inulin as Fat Replacer in Buttercake)

จัดทำโดย

นางสาวปวีณา เดชาภรณ์ รหัสนักศึกษา 44040793

นายอนันต์ ถักษณะอัมพร รหัสนักศึกษา 44040807

สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....  
.....

..... 29 / .....

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมา เชาภรณ์, อนันต์ ลักษณะอำพร, 2547; การใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมัน  
ในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด (Application of Inulin as Fat Replacer in Buttercake).

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. กิตติศัพท์ วรรณจง

## บทคัดย่อ

อินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีคุณสมบัติเป็นใยอาหาร และสามารถนำมาใช้ทดแทนไขมันในอาหารได้หลากหลายชนิด ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาการใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด และทำการปรับปรุงพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการศึกษาการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75% ของน้ำหนักเนยสด พบว่า ปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์จะทำให้เค้กที่ได้มีปริมาณลดลง และเนื้อเค้กมีความแน่นแข็งมากขึ้น จะเห็นได้จากความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้กลดลง และมีค่าความแข็งมากขึ้นแต่ปริมาณอินนูลินไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเค้กหลังอบ เมื่อนำเค้กมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เค้กที่มีการทดแทนไขมันที่ 25% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเค้กสูตรควบคุม จากนั้นทำการศึกษาการทดแทนไขมันในช่วงแคบลงโดยศึกษาในอัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40% พบว่า เค้กที่มีการทดแทนไขมันที่ 35% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเค้กที่มีการทดแทนไขมันที่ 25% ดังนั้นจึงเลือกการ ทดแทนไขมันที่ 35% ในผลิตภัณฑ์ต่อไป จากนั้นทำการพัฒนาและปรับปรุงที่มีการ ทดแทนไขมันที่ 35% ให้มีลักษณะโดยรวมใกล้เคียงกับเค้กสูตรควบคุมมากที่สุด โดยอาศัยการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิโอมิแกมมู จากนั้นเมื่อนำมาทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสพบว่า เค้กสูตรที่มีการทดแทน ไขมัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเค้กสูตรควบคุม จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า เค้กสูตรควบคุมมีปริมาณ ไขมัน 30.15 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และเค้กสูตรที่มีการทดแทน ไขมันมีปริมาณ ไขมัน 20.39 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และจากปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ทำให้เค้กสูตร ทดแทนไขมันมีใยอาหารเพิ่มขึ้น 2.72 กรัมใยอาหารต่อเค้ก 100 กรัม

..... ปวีณา ..... เชาภรณ์ .....

..... อนันต์ ..... ลักษณะอำพร .....

ลายมือชื่อนักศึกษา

.....  .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

..... 29 / มี.ค. / 2548 .....

วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษ ในหัวข้อ เรื่อง การใช้อินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด (Application of Inulin as Fat Replacer in Buttercake) นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ และแก้ไขปรับปรุงปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้นมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณวันเพ็ญ ศิลวานิชกุล และคุณธีรวิทย์ สิริเวศมาศ ในด้านข้อมูล และสารอินนูลินที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีตลอดมา

นางสาวปวีณา เฉชากรณ์  
นายอนันต์ ถักษณะอัมพร  
28 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
เค้า	3
ส่วนผสมและหน้าที่ของส่วนผสม	4
ขั้นตอนการทำเค้ก	7
การผลิตอาหารพลังงานต่ำ	10
สารทดแทนไขมัน	12
อินนูลิน	14
คุณสมบัติทางกายภาพของอินนูลิน	16
การประยุกต์ใช้อินนูลินกับอุตสาหกรรมอาหาร	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	43
ภาคผนวก ข	50
ภาคผนวก ค	56
ภาคผนวก ง	58
ภาคผนวก จ	62
ประวัติผู้แต่ง	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แหล่งที่พบตามธรรมชาติของอินนูลิน	15
2	ส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กเนยสด	20
3	การเตรียมครีมอินนูลินที่ความเข้มข้นต่างๆ	21
4	การทดแทนไขมันในเค้กเนยสดที่ความเข้มข้น 0%, 25%, 50% และ 75%	22
5	การทดแทนไขมันในเค้กเนยสดที่ความเข้มข้น 25%, 30%, 35% และ 40%	23
6	ตารางแสดงสูตรที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	24
7	ตารางแสดงส่วนประกอบของเค้กสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	25
8	ตารางแสดงลักษณะปรากฏของครีมอินนูลินที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
9	ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	28
10	ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	32
11	ตารางแสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสเค้กเนยสดสูตรต่างๆ	36
12	ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	37
13	ตารางแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเค้กเนยสดสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	38
ข.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสดที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	50
ข.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านรสชาติของเค้กเนยสดที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	50
ข.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความหยาบของเค้กเนยสดที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความแน่นของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	51
ข.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชุ่มของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	52
ข.6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชอบโดยรวมของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	52
ข.7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านกลิ่นเนยสดของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	53
ข.8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านรสชาติของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	53
ข.9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความหยาบของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	54
ข.10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความแน่นของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	54
ข.11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชุ่มของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	55
ข.12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชอบโดยรวมของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	55
ง.1	เงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการในด้านไขมัน โดยใช้เกณฑ์ ต่อ 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร	60
ง.2	ต่อ เงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการในด้านใยอาหาร โดยใช้เกณฑ์ ต่อ 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร	61
จ.1	ค่าใช้จ่ายในการทำเค้กระหว่างสูตรควบคุมกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	62

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	โครงสร้างอินนูลิน	14
2	กระบวนการสกัดอินนูลินในระดับอุตสาหกรรม	15
3	ความสามารถในการละลายน้ำของอินนูลินที่อุณหภูมิต่างๆ	17
4	ส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กเนยสด	20
5	ครีมอินนูลิน	27
6	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	29
7	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	29
8	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความหยาบของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	30
9	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	30
10	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	31
11	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%	31
12	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	33
13	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	33
14	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความหยาบของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	34
15	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	35
17	ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%	35
18	แผนภูมิไขแมงมุมเพื่อแสดงลักษณะของเค้กสูตรต่างๆ	36
19	ลักษณะของเค้กสูตรควบคุมกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	39
20	ลักษณะของเค้กสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน	39
ค.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในผลิตภัณฑ์อาหาร	57

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น ผลผลิตอาหารที่มีพลังงานต่ำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค เล็กเนยสดเป็นผลิตภัณฑ์นมอบ ที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานกันมาก โดยทั่วไปเค้กจะให้พลังงานสูงเนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เค้กจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณ 10-20% จึงมีการพัฒนาเค้กที่มีพลังงานต่ำซึ่งมีการลดปริมาณไขมันในเค้กเนื่องจากไขมันจะให้พลังงานสูงถึง 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดยใช้สารทดแทนไขมันเพื่อทำหน้าที่ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับไขมัน ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันลดลงแต่รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ลักษณะที่ปรากฏใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เดิม ในการทดลองนี้มีการใช้สารอินนูลินซึ่งเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน ไขมันมาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตเค้กเนยสด เนื่องจากอินนูลินให้พลังงานเพียง 1.5–2 กิโลแคลอรีต่อกรัม นอกจากนี้อินนูลินยังมีคุณสมบัติเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ เป็นสารพรีไบโอติก ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด ในการวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสด ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเค้กที่มีการทดแทนไขมันซึ่งผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทดลองนี้คือ การผลิตเค้กเนยสดที่มีการใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทน ไขมันที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับเค้กสูตรควบคุมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารอินนูลินที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของการทดแทนไขมันที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์
3. เพื่อศึกษาการพัฒนาและปรับปรุงเค้กเนยสดที่มีการใช้สารอินนูลินทดแทน ไขมันให้เป็นที่

ยอมรับของผู้บริโภค

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการพัฒนาเค้กเนยสดที่มีการทดแทนไขมันให้มีลักษณะใกล้เคียงกับเค้กเนยสดที่มีไขมัน  
ปกติทั้งในด้านลักษณะปรากฏและทางด้านประสาทสัมผัส
2. เป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจกับสุขภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### เค้ก

เค้ก เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลี น้ำตาล เกลือ ผงฟู ไขมัน นม ไข่ และกลิ่นรส ส่วนผสมเหล่านี้เมื่อรวมกันจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียดและเบา ความสัมพันธ์โดยทั่วไปของส่วนผสมเหล่านี้ จะต้องนำมาทำให้มีความสมดุลต่างกันไปตามชนิดของเค้กที่จะทำ คุณภาพของเค้กขึ้นอยู่กับการใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี มีวิธีการผสมที่ถูกต้อง มีอุณหภูมิของแป้ง ระยะเวลาที่อบ และอุณหภูมิที่خبอบที่ถูกต้อง สำหรับส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กนั้น แบ่งเป็น 2 พวกด้วยกัน คือ พวกที่ทำให้เกิดโครงสร้างของเค้กได้แก่ แป้ง ไข่ และนม ส่วนพวกที่ทำให้เค้กมีความนุ่มได้แก่ น้ำตาล ไขมัน และ ผงฟู

#### ประเภทของเค้ก

เค้กแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. เค้กเนย (Butter-type cakes) เป็นเค้กที่มีเปอร์เซ็นต์ของไขมันสูง การขึ้นฟูของเค้กประเภทนี้ เกิดจากอากาศที่ได้จากการตีเนย โดยมีไขมันจะเก็บอากาศเอาไว้ ซึ่งจะขยายตัวในระหว่างการอบ เค้กประเภทนี้ ได้แก่ เยลโล่เค้ก ไวต์เค้ก ช็อกโกแลตเค้ก หรือควิลฟูคเค้ก และฟรุตเค้กหรือเค้กผลไม้
2. เค้กไข่ (Foam-type cakes) เป็นเค้กที่ไม่มีไขมันในส่วนผสม เนื้อเค้กและปริมาตรของเค้กขึ้นอยู่กับกรขยายตัวของไข่ขาวที่นำมาตีจนเป็นฟองซึ่งจะเก็บอากาศเอาไว้ในระหว่างการตีไข่และทำให้เค้กขยายตัวในระหว่างการอบ การทำเค้กประเภทนี้ควรทำด้วยความระมัดระวังเพราะฟองที่จากการตีไข่ขาวนั้นอ่อนตัว เค้กประเภทนี้ ได้แก่ แองเจิลฟูคเค้ก สเปนจ์เค้ก แคมโรลล์ เป็นต้น
3. ชิฟฟอนเค้ก (Chiffon-type cakes) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่ คือมีโครงสร้างที่ละเอียดของเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาของเค้กเนย ต่างจากเค้กเนยตรงชิฟฟอนเค้กใช้น้ำมันพืชผสมแทนเนยหรือมาร์การีนในเค้กเนยและวิธีการผสม

## 1. ส่วนผสมและหน้าที่ของส่วนผสม

### 1. แป้งสาลี

ควรเป็นแป้งสาลีที่ไม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน โดยกรรมวิธีที่แตกต่างจากการโม่ข้าวสาลีชนิดแข็งบ้าง กล่าวคือ ในการโม่ข้าวสาลีชนิดอ่อนนั้นมิจมุงหมายเพื่อการลดขนาดของแป้งให้ละเอียดและสม่ำเสมอ โดยไม่ทำให้เม็ดสตาร์ชเสียหาย ดังนั้นในระบบการโม่จึงมีลูกกลิ้งลดขนาดมาก รวมทั้งมีระบบการร่อนมากกว่า

แป้งสาลีที่ใช้ในการทำเค้กเนยควรมีโปรตีนร้อยละ 9.1 และเถ้าร้อยละ 0.42 แป้งที่ใช้ทำเค้กควรจะมีโปรตีนต่ำให้ลักษณะกลูเตนนุ่ม เมื่อผสมแล้วจะไม่ทำให้เหนียวและแข็งแก่เนื้อเค้กแต่ควรมีความคงตัวเป็นโครงร่างชั้นฟู มีรูพรุนและเนื้อนุ่ม ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของแป้ง มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนที่ใช้ปรับสภาพแป้งเพื่อให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดี ผงแป้งควรได้รับการฟอกอย่างดี เหมาะที่จะใช้สำหรับแป้งเค้ก แป้งที่ได้รับการฟอกแล้วจะสามารถดูดน้ำตาล น้ำและไขมัน ได้มากกว่าแป้งที่ไม่ได้รับการฟอก ความเป็นกรดของแป้งเค้กควรมี pH 5.2

### 2. น้ำตาล

เป็นตัวช่วยให้เค้กมีความนุ่มและความหวาน เพราะน้ำตาลมีผลทำให้โปรตีนในแป้งอ่อนตัวช่วยให้เกิดตีเปลือกนอกของเค้ก และช่วยให้เค้กมีคุณภาพในการเก็บดีขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการเก็บความชื้นที่ดี ในการทำเค้กควรใช้น้ำตาลชนิดละเอียด เพื่อที่จะละลายได้อย่างสมบูรณ์ในการผสม ปัจจัยที่ทำให้น้ำตาลละลายมีอยู่ 4 ประการคือ 1) เวลาที่ใช้ผสม 2) อุณหภูมิในระหว่างการผสม 3) ขนาดของเมล็ดน้ำตาล และ 4) ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในส่วนผสม

### 3. ไขมัน

นิยมใช้ในเค้กบางชนิด เช่น แยม โรลล์ เพื่อช่วยให้มีความยืดหยุ่นดีขึ้น และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วมีคุณภาพในการเก็บดีขึ้น อาจใช้ไขมันแทนส่วนหนึ่งของน้ำตาลที่ใช้ปกติในส่วนผสมก็ได้ และเมื่อใช้ไขมันแล้ว ปริมาณของเหลวในส่วนผสมจะต้องลดลงเพื่อให้พอดีกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในไขมัน การใช้ไขมันนั้นไม่สามารถที่จะแทนน้ำตาลได้ทั้งหมด ในการคิดหาปริมาณที่ต้องการใช้ สามารถคิดได้ โดยหารปริมาณน้ำตาลที่ไขมันใช้แทนด้วยปริมาณของแป้งที่มีอยู่ไขมัน ซึ่งปกติจะมีอยู่ประมาณ 80% ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการใช้ไขมันแทนน้ำตาล 100 กรัม ปริมาณไขมันที่ต้องใช้คือ 125 กรัม ปริมาณของเหลวจะเหลือ 25 กรัม

#### 4. เกลือ

นอกจากจะช่วยเน้นรสชาติของส่วนผสมอื่นๆ ให้เด่นชัดแล้ว เกลือยังช่วยให้เค้กมีความแข็งขึ้น เพราะเกลือมีผลต่อกลูเตนของแป้ง จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นตัวช่วยสร้าง โครงสร้างของเค้กอีกด้วย

#### 5. ไขมัน

ไขมันมีหน้าที่สำคัญในเค้กดังนี้

##### 5.1 ทำหน้าที่ในการจับอากาศ (Aeration)

การผสมเค้กโดยใช้ creaming method ช่วงการตีเนยกับน้ำตาลด้วยความเร็วสูงนั้น ไขมันจะทำหน้าที่ในการจับอากาศจากนั้น ไขมันช่วยเก็บอากาศในขณะที่ตีส่วนผสมทำให้เค้กขึ้นฟู โดยฟองอากาศจะกระจายใน liquid fat ซึ่งอยู่รอบๆผลึกไขมัน

ลักษณะเนื้อสัมผัส และปริมาตรของเค้กจะขึ้นอยู่กับขนาดการกระจายตัวของฟองอากาศในส่วนผสมเหลว โดยภายในส่วนผสมเหลวเกิดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ รวมทั้งไอน้ำจากการอบกึ่งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ จะเข้าร่วมกับฟองอากาศที่เกิดขึ้น ในระหว่างการตีเนยด้วยความเร็วสูง ถ้าส่วนผสมเหลวมีฟองอากาศขนาดเล็ก และการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอจะได้เค้กที่มีปริมาตรดี และเนื้อสัมผัสละเอียด

##### 5.2 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสกับเค้ก (Texture)

ไขมันจะช่วยลดการประสานตัวของกลูเตน และการจับตัวกันของกลูเตนกับเม็ดแป้งในระหว่างการผสม โดยกลีอาดีน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) จากแป้งจะทำปฏิกิริยากัน ได้สารประกอบเชิงซ้อนเรียกว่า กลูเตน โดยมีน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และไขมันจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างโปรตีนทั้งสอง แผ่น โปรตีนซึ่งประสานตัวกันมากก็จะเกาะกันเป็นกลุ่มใหญ่ที่แข็งแรง ทำให้เค้กมีเนื้อแน่นและแข็ง ดังนั้นการผสมไขมันลงไปในส่วนผสมจะช่วยลดการประสานตัวของกลูเตน และ ไขมันยังเป็นตัวเชื่อมและช่วยหล่อลื่นไม่ให้กลูเตนและเม็ดแป้งเกาะกันเกิดเป็นก้อนซึ่งจะทำให้เค้กมีเนื้อหยาบเป็นก้อน ดังนั้นการเติมไขมันจึงทำให้เค้กมีเนื้อนุ่ม

##### 5.3 ช่วยในการหล่อลื่น (Lubrication)

ไขมันมีคุณสมบัติในการหล่อลื่น โดยจะช่วยป้องกันไม่ให้เค้กมีลักษณะเหนียวและนำออกจากพิมพ์ได้ง่าย รวมทั้งให้ความชุ่มแก่เค้กด้วย

##### 5.4 ให้ลักษณะทางประสาทสัมผัส (Organoleptic Properties)

ไขมันจะให้ความรู้สึกทางค่านประสาทสัมผัส กลิ่นรสที่มีลักษณะเฉพาะตัวแก่เค้ก

### 5.5 ให้ความนุ่ม (Tenderization)

ไขมันมีหน้าที่สำคัญในการทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบอ่อนนุ่ม โดยเฉพาะในขนมปังซึ่งมีน้ำตาลน้อย ไขมันจะไม่ละลายในน้ำแต่จะแทรกในระหว่างการเกิดกลูเตน ทำให้โครงสร้างกลูเตนไม่จับตัวกันแน่นเมื่อสายกลูเตนถูกเคลือบด้วยไขมัน การเกิดกลูเตนลดลงเพราะน้ำไม่สามารถเข้าถึงกลูเตนได้

ไขมันช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนและสตาร์ช ทำให้เนื้อเนียน ตื่น มีผลต่อความนุ่มของเนื้อเค้ก ถ้าไขมันที่ใช้มีคุณสมบัติในการเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ จะช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเข้ากับส่วนผสมอื่น ได้ดีจึงทำให้เค้กมีความนุ่ม อ่อนนุ่ม เนื่องจากมีฟองอากาศในเนื้อเค้กขนาดเล็กและสม่ำเสมอ

เนยสดเป็น ไขมันที่ให้กลิ่นรสดีที่สุดในจำพวกไขมันทุกชนิดที่ใช้ในการทำเบเกอรี่ แต่มีคุณสมบัติการเป็นครีมค่อนข้างต่ำ เค้กที่ทำด้วยเนยสดล้วนๆ จึงมักมีปริมาณไม่ดีและมักมีเนื้อเค้กที่หยาบกว่าเค้กที่ทำด้วยเนยขาวที่มีคุณภาพสูง ซึ่งมีคุณลักษณะในการเตรียมครีมที่ดี แต่จะไม่มีกลิ่นรสที่ดีเหมือนเนยสด ด้วยเหตุนี้จึงมักนิยมใช้เนยสดส่วนหนึ่งเพื่อช่วยในด้านกลิ่นรส และเนยขาวส่วนหนึ่งเพื่อช่วยในด้านเนื้อสัมผัสและปริมาณของเค้ก

### 6. ไข่

ช่วยทำให้เกิด โครงสร้าง ความชื้น กลิ่นรส สีและคุณค่าทางอาหารแก่เค้ก โครงสร้างที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการรวมตัวของโปรตีนใน ไข่ในระหว่างการอบ นอกจากนั้นอากาศที่ไข่เก็บไว้ในระหว่างการตี จะช่วยให้เกิดการขึ้นฟูอีกด้วย

### 7. นมผง

ช่วยทำให้เกิด โครงสร้างและความมันแก่เค้กทำให้เค้กแข็งและแห้งในขณะเดียวกัน เนื่องจากนมผงมีการเชื่อมกับโปรตีนในแป้งจึงทำให้เกิดการแข็งตัวขึ้น นอกจากนั้นนมผงยังมีน้ำตาลแลคโตสซึ่งช่วยให้เปลือกนอกของเค้กมีสีเกิดขึ้น นมผงช่วยให้มีกลิ่นรสดีขึ้น และเป็นตัวเก็บความชื้นที่ดีอีกด้วย

### 8. สิ่งที่ทำให้ขึ้นฟู

จะช่วยสร้างความนุ่มให้แก่เค้ก ชนิดของสิ่งที่ทำให้ขึ้นฟูที่ใช้ในสูตรเค้กขึ้นอยู่กับประเภทของเค้กที่ต้องการทำ ความเข้มข้นของสูตร ความหนักของแป้งผสมและอุณหภูมิในการอบ การขึ้นฟูโดยทั่วไปนั้นเกิดจากสาเหตุ 3 ประการ คือ 1) ขึ้นฟูโดยอากาศ 2) โดยใช้สารเคมี เช่นผงฟู หรือผงโซดา และ 3) โดยความดันไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อเค้กอยู่ในตู้อบ

## 9. ของเหลว

ที่ใช้ในสูตรเค้ก อาจอยู่ในรูปของน้ำ นํ้านม หรือไข่ก็ได้ นอกจากนั้นยังมีอยู่ในรูปของส่วนผสมอื่นๆ ที่มีความชื้นอยู่ ความชื้นทำหน้าที่หลายอย่างในการทำเค้ก เช่น ละลายน้ำตาล ทำให้กลูเตนเกิดขึ้น ทำให้ผงฟูเกิดปฏิกิริยาที่ควรจะเป็น และช่วยควบคุมความหนืด และอุณหภูมิของส่วนผสม นอกจากนี้ยังช่วยสร้าง โครงสร้างและความอ่อนนุ่มให้แก่เค้กอีกด้วย ส่วนน้ำในสูตรควรจะต้องปรับให้พอดีกับความชื้นที่มีอยู่ในส่วนผสมอื่นๆ ด้วย

## 10. กลิ่นรสและเครื่องเทศ

สิ่งเหล่านี้เติมลงไปในการเลือกให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะอย่าง การเลือกใช้กลิ่นรสควรต้องเลือกให้เหมาะสมที่สุดกับชนิดของเค้กที่จะทำ ปริมาณของกลิ่นรสที่ใช้จะมีผลต่อกลิ่นรสของเค้กที่อบเสร็จแล้ว จึงควรชั่งตวงด้วยความระมัดระวัง

## 2. ขั้นตอนการทำเค้ก

### วิธีผสมเค้กเนย

มีวิธีผสมหลายวิธี โดยจะมุ่งให้เกิดเซลอากาศเก็บไว้ในแป้งผสมมากที่สุดและนานที่สุดก่อนนำไปอบ ไขมันเป็นส่วนที่เก็บอากาศไว้ได้มากที่สุด จึงต้องตีให้ไขมันกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับแป้งผสมซึ่งต้องทำอย่างรวดเร็วเพื่อไม่ให้สูญเสียเซลอากาศ เพราะจะทำให้ปริมาตรเค้กลดลง เนื้อเค้กแข็งกระด้างและแฉะตรงกลาง

วิธีผสมเค้กเนยโดยทั่วๆ ไป มี 4 วิธีด้วยกัน

ก. วิธีครีมเนย (Creaming method) เป็นวิธีที่ผสมไขมันกับน้ำตาลโดยตีให้ส่วนผสมอยู่ในสภาพที่อ่อนตัวปานกลางและเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเป็นครีมโดยใช้ความเร็วของเครื่องผสมปานกลาง เซลล์อากาศที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมเข้าไว้ในส่วนผสมทำให้ส่วนผสมเบาและฟูตัวขึ้น ค่อยๆ เติมน้ำตาลไปทีละฟอง ตีต่อไปจนผสมเข้ากันอย่างทั่วถึง เมื่อเติมน้ำตาลไปหมดแล้ว ส่วนผสมจะเบาและอ่อนตัวขึ้น ช่วงสุดท้ายเป็นช่วงของการเติมของเหลวและแป้งทั้งหมดที่ใช้ในสูตร โดยของเหลวซึ่งได้แก่ น้ำหรือนํ้านม จะเติมสลับเติมไปกับแป้งลงในส่วนผสม โดยเริ่มด้วยแป้งและสิ้นสุดด้วยแป้งสลับกันไป การเติมแป้งสลับกับนมเช่นนี้ก็เพื่อที่จะให้แป้งค่อยๆ ดูดซึมนํ้าบางส่วนและป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ผสมต่อไปจนกระทั่งส่วนผสมเรียบเนียน ถ้าใช้แป้งขนมปังแทนแป้งเค้ก เช่น ในการฟรุตเค้ก การผสมแป้งที่ขั้นตอนสุดท้ายควรทำอย่างระมัดระวัง ถ้าใช้เครื่องผสมควรใช้อัตราเร็วของเครื่องต่ำสุด เพื่อป้องกันการเกิดกลูเตนในแป้งถ้าผสมนานเกินไป จะทำให้ส่วนผสมเหนียวและเค้กที่อบออกมาจะแข็งได้

ข. วิธีคนผสม (Blending method) ใช้สำหรับเค้กที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและน้ำในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าแป้ง ซึ่งเรียกว่า ไฮ-เรโซเค้ก (High-ratio cake) เค้กที่ทำโดยวิธีนี้จะมีปริมาณต่ำแต่จะมีความชุ่ม นุ่ม มีเนื้อเค้กที่ละเอียด มีคุณภาพในการเก็บดี ชั้นแรกของการผสมวิธีนี้คือ ผสมแป้งกับไขมันให้เข้ากัน จนเม็ดแป้งถูกห่อหุ้มด้วยไขมันอย่างทั่วถึง แล้วจึงเติมส่วนผสมในส่วนอื่นๆ ลงไป เติมน้ำของเหลวลงไปประมาณ 25% ของของเหลวที่ใช้รวมทั้งไข่ด้วย ผสมส่วนผสมทั้งหมดไปสักพักหนึ่ง แล้วจึงเติมน้ำของเหลวที่เหลือลงไป ผสมต่อจนกระทั่งส่วนผสมเรียบเนียน

ค. วิธีซูการ์-วอเตอร์ (Sugar-water method) ขั้นตอนแรกของการผสม คือ ผสมน้ำตาลที่ใช้ในสูตรทั้งหมดลงในชามผสม ใส่น้ำลงไปใต้น้ำตาลซึ่งมีน้ำหนักประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักของน้ำตาล แล้วคนจนน้ำตาลเป็นสารละลาย เติมน้ำส่วนผสมอื่นๆ เช่น แป้ง นมผง เกลือ และผงฟู ลงไปผสมด้วยอัตราเร็วปานกลางจนกระทั่งขึ้นฟูแล้ว จึงเติมไข่ลงไปอีกจนเรียบเนียน

เนื่องจากวิธีผสมวิธีนี้จะให้การขึ้นฟูที่ดี และไม่จำเป็นต้องปาดส่วนผสมที่ติดอยู่ข้างๆ ชามผสมบ่อยเหมือนกับวิธีครีมเนย และวิธีคนผสม การใช้ผงฟูสำหรับวิธีนี้จะลดลงประมาณ 10% ของปริมาณปกติที่ใช้ แต่ต้องใช้น้ำเพิ่มขึ้น

ง. วิธีผสมครั้งเดียว (Single-stage method) เป็นการผสมส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในสูตรรวมเข้าด้วยกัน ยกเว้นไข่ แล้วตีด้วยขีลวดสำหรับตีไข่ ด้วยอัตราเร็วของเครื่องสูงประมาณ 1 นาที แล้วจึงเติมไข่ลงไป ตีต่อไปอีกประมาณ 30 วินาที โดยใช้อัตราเร็วของเครื่องต่ำ วิธีนี้โดยมากใช้กับเค้กสำเร็จรูป

ทั้งวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 เป็นวิธีผสมที่ใช้กันมากในการทำเค้กเนย คือถ้าต้องการให้เค้กมีปริมาณที่ดีก็ควรจะใช้วิธีที่ 1 และถ้าต้องการให้เค้กมีเนื้อนุ่ม วิธีที่ 2 จะได้ผลดีกว่า

#### การอบเค้กเนย

เค้กเนยที่ผสมแล้วควรใส่พิมพ์ที่ทำด้วยไขมันเฉพาะที่กันพิมพ์ไม่ต้องทาด้วยไขมัน หรือใช้กระดาษรองที่กันพิมพ์ก็ได้ ถ้าใช้กระดาษรองก็ไม่ต้องทาไขมัน ควรใส่ลงไปประมาณ 1/2 หรือ 2/3 ส่วนของพิมพ์ เสร็จแล้วควรเข้าอบให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะถ้ารอทิ้งไว้นาน จะเกิดปฏิกิริยาของ ผงฟูกับของเหลวในส่วนผสม ผลิตภัณฑ์คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่ทำให้เค้กขึ้นฟู และจะสูญเสียออกไปมากในระหว่างการรอเข้าเตาอบ ทำให้เซลล์อากาศภายในส่วนผสมขยายขึ้น อุณหภูมิของเตาอบจะต่างกันไปตามความเข้มข้นของสูตรที่ใช้ ขนาดของพิมพ์ และความชื้นของส่วนผสม ส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำตาลสูงจะต้องอุณหภูมิในการอบต่ำประมาณ 325-350 ฟาเรนไฮต์

ปกติแล้วเวลาที่ใช้ในการอบเค้กชั้นจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที สำหรับเค้กปอนด์ใช้เวลาประมาณ 50-65 นาที และสำหรับเค้กถ้วยใช้เวลาอบประมาณ 10-15 นาที

การตรวจสอบว่าเค้กเนยสุกดีแล้ว สามารถตรวจได้ โดยใช้วัตถุแหลมบางจิ้มลงไปเนื้อเค้ก และเมื่อดึงออกมาจะไม่มีเนื้อเค้กติดออกมาด้วยแสดงว่าเค้กอบสุกดีแล้ว นำออกมาจากเตาอบ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที จึงนำออกจากพิมพ์ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ก่อนที่จะแต่งหน้า

### 3. อายุการเก็บรักษา

เค้กเนยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน น้ำตาล และความชื้น(moisture content) สูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการทำให้เย็นภายหลังการอบและควรทำให้ผิวหน้าของเค้กแห้งเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราบนผิวหน้าของเค้ก อายุการเก็บรักษาอยู่ในระหว่าง 5-7 วัน ซึ่งในช่วงนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ การสูญเสียความชื้น นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา เชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่คือเชื้อรา *Rhizopus nigricans* ซึ่งสามารถยับยั้ง หรือชะลอการเจริญเติบโตโดยใช้วัตถุเจือปนในอาหารเพื่อกันเสีย เช่น กรดซอร์บิก กรด โพรพิโอนิก เป็นต้น นอกจากนี้การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้

### การผลิตอาหารพลังงานต่ำ

การผลิตอาหารพลังงานต่ำโดยการลดไขมันหรือน้ำตาลในอาหารจะมีผลต่อลักษณะ และรสชาติของอาหาร เพราะไขมันและน้ำตาลอาจทำหน้าที่หลายอย่างในอาหาร ดังนั้น ผู้ผลิตจะต้องเข้าใจหน้าที่หรือบทบาทของไขมันและน้ำตาลในอาหารนั้น และใช้วิธีแบบ Total system approach คือ ต้องใช้สารหลายชนิดเพื่อชดเชยหน้าที่ต่างๆ ที่สารทดแทนไขมันหรือสารทดแทนน้ำตาลไม่ใช่เพียงลดส่วนของไขมันหรือน้ำตาลแล้ว ใช้สารทดแทนเข้าแทนที่ โดยตรงแบบกรัมต่อกรัม

ไขมัน เป็นสารอาหารที่จำเป็นต้องมีในอาหาร เพราะทำให้อาหารมีความมันอร่อย ทำให้อาหารทอดน้ำมัน กรอบน่ารับประทาน ไขมันทำให้ความอร่อยและทำให้อิ่มทน เมื่อคุณชิมเข้าสู่ร่างกายจะให้พลังงาน 9 kcal/g นอกจากนั้น ไขมันยังช่วยในการดูดซึมสารที่ละลายใน ไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค ตลอดจนแคโรทีนอยด์ในพืชที่มีประโยชน์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพด้วย แต่เนื่องจากพลังงานที่ได้จากไขมันสูงกว่าที่ได้จาก โปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตถึงสองเท่า ทำให้ผู้บริโภคอาหารที่มีไขมันมากและไม่ได้ออกกำลังกายจะมีโอกาสอ้วนได้

ไขมันที่มีในอาหารนั้นจะมีคุณภาพแตกต่างกันตามชนิดของกรดไขมัน ดังนั้น ถ้าต้องการลดไขมัน จึงควรเลือกลดส่วนของไขมันที่มีผลเสียต่อสุขภาพถ้าบริโภคในปริมาณมาก ได้แก่ ไขมันชนิดอิ่มตัว คลอเลสเตอรอล หรือ ไขมันที่มี *trans fatty acids* เพราะจะทำให้ระดับคลอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงขึ้น ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

นอกจากไขมันแล้ว การลดพลังงานในอาหาร อาจใช้วิธีการลดน้ำตาล เนื่องจากน้ำตาลให้พลังงาน 4 kcal/g อาหารบางชนิดมีปริมาณน้ำตาลมาก เช่น ลูกกวาด ขนมหวาน ช็อกโกแลต ไอศกรีม แยม น้ำหวาน น้ำอัดลม ฯลฯ และจากความหวานอร่อย จะทำให้ผู้บริโภครับประทานอาหารเหล่านี้ในปริมาณมาก ทำให้มีโอกาสที่จะได้รับพลังงานเกินความต้องการและอ้วนได้ จึงมีความต้องการใช้สารที่มีความหวานเหมือนกับน้ำตาล แต่ไม่ให้พลังงานหรือมีพลังงานน้อยกว่าน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ มากขึ้น

### การผลิตอาหารพลังงานต่ำอาจทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. ด้วยการลดสารอาหารไขมัน และแทนที่ด้วยสารอื่นที่ให้พลังงานน้อยกว่า หรือ ไม่มีพลังงาน เช่น น้ำ กัม คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร หรือ โปรตีน เป็นต้น
2. ใช้สารทดแทนไขมัน (fat replacers) ที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันทดแทนส่วนของไขมันในอาหาร เช่น Simplese, Olestra, Salatrim เป็นต้น
3. ทดแทนส่วนของสารที่ให้พลังงานในอาหาร ซึ่งได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ด้วยน้ำและใช้สารช่วยจับน้ำไว้ในโครงสร้าง ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมกับระบบอิมัลชันในอาหาร
4. ใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลซูโครส (intense sweeteners) สารเหล่านี้ให้ความหวานมาก แต่ให้พลังงานน้อยกว่าซูโครสหรือไม่ให้พลังงาน ตัวอย่างเช่น aspartame, alitame, acesulfame-K เป็นต้น
5. เพิ่มใยอาหาร (dietary fibers) ซึ่งไม่ให้พลังงานในผลิตภัณฑ์
6. ปรับปรุงวิธีการแปรรูปเพื่อให้มีไขมันลดลง ตัวอย่างเช่น การทำมันฝรั่งทอด ก่อนที่จะนำมาทอด เพื่อให้ไขมันน้อยลง ให้นำมันที่หั่นแล้ว ไปผ่านการลวก และผ่านการทำให้แห้งในตู้อบลมร้อน หรือแช่เย็นก่อนนำมาทอด จะทำให้มีการอมน้ำมันลดลงกว่าการทอดทันทีหลังการปอกเปลือก หั่น และตัด

### การผลิตอาหารพลังงานต่ำด้วยวิธีการลดปริมาณไขมัน

การผลิตอาหารพลังงานต่ำด้วยวิธีการลดไขมัน อาจทำได้โดยการลดปริมาณไขมันในอาหารเดิมที่มีไขมันมาก หรืออาจผลิตอาหารชนิดใหม่ที่มีไขมันต่ำ สำหรับหลักการทั่วไปของการลดไขมัน ในอาหารทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปริมาณไขมันและชนิดของไขมัน ในอาหารนั้น
2. พิจารณาแหล่งที่มาของไขมัน ในอาหารนั้น และสัดส่วนของไขมันชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า มาจากส่วนประกอบใดในอาหารนั้น เพื่อเลือกลดส่วนประกอบของอาหารให้เหมาะสม
3. ทำการทดลองลดไขมัน ให้ได้มากที่สุดเท่าที่ผลิตภัณฑ์จะยังคงมีรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับได้ และอาจใช้สารทดแทนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหาร
4. จัดทำโฆษณาการแสดงปริมาณไขมัน และอวดอ้างบนฉลากเป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมันตามความเหมาะสมของปริมาณไขมันที่ลดลงเช่น lite, light, low- fat, low calorie, free/reduced calorie, fat free, cholesterol free, lean, extra lean เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมัน (fat replacers) เป็นสารผสมอาหารที่ใช้ทดแทนไขมัน เพื่อผลิตอาหารทดแทนไขมันหรืออาหารลดพลังงาน สารเหล่านี้จะให้พลังงานน้อยกว่าไขมันหรือไม่ให้พลังงานเพราะไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ การใช้สารทดแทนไขมันจะต้องทำให้ลักษณะของอาหารเป็นครีม มีความมัน ความลื่น ความนุ่มนวล หรือสามารถนำความร้อนได้เหมือนมีไขมัน ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาสารทดแทนไขมันหลายชนิด บางชนิดได้รับอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปได้ แต่อีกหลายชนิดยังอยู่ระหว่างการศึกษาด้านความปลอดภัย และยังไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหาร

คำว่า fat replacers จะเป็นคำที่ใช้เรียกสารทดแทนไขมันทั่วไป ส่วนคำว่า fat substitutes มักใช้เรียกสารทดแทนไขมันที่มีโครงสร้างคล้ายไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งใช้แทนไขมันได้โดยตรงในปริมาณกรัมต่อกรัม เป็นชนิด fat-based products ส่วนคำว่า fat mimetics มักใช้แทนสารที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสเหมือนไขมันแต่โครงสร้างไม่เหมือนไขมัน มักใช้หมายถึงสารทดแทนไขมันชนิด protein-based หรือ carbohydrate-based products แต่ในบทความทางวิชาการก็อาจมีการใช้คำว่า fat replacers, fat substitutes, fat mimetics หมายถึงสารทดแทนไขมันทั่วไป

### คุณสมบัติของสารทดแทนไขมัน

1. มีพลังงานน้อยกว่า 9 kcal/g (37 kJ/g)
2. ปลอดภัย คือ ผลิตมาจากวัตถุดิบที่ไม่มีพิษ หรือถ้าเป็นสารสังเคราะห์ต้องไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน
3. ไม่มีสี กลิ่น รส หรือถ้ามีต้องไม่ทำอาหารมีกลิ่นรสหรือเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับ
4. ราคาไม่สูงเกินไปกว่าราคาไขมันปกติ
5. มีคุณสมบัติหรือหน้าที่เหมือนไขมันเช่น
  - ด้านเนื้อสัมผัสของอาหารในปาก (mouthfeel) เช่น มัน (creaminess) นุ่ม (tenderness)
  - การทาติดอาหาร (spreadability)
  - กลิ่นรสคล้ายไขมันหรือช่วยให้มีการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสเหมือนหน้าที่ของไขมัน
  - นำความร้อน
  - ช่วยยึดอายุการเก็บรักษาอาหาร เพราะช่วยลด water activity ของอาหารได้เหมือนไขมัน
  - ช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน คือ วิตามินเอ ดี อี และเค
  - ให้กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids) คือ linoleic acid และ  $\alpha$ -linoleic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เสถียร สามารถทนอุณหภูมิในการแปรรูปได้ โดยไม่มีการเปลี่ยนหรือเสียคุณลักษณะที่ดี
7. สามารถปรับจุดหลอมเหลวให้เหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้
8. มีอายุการเก็บรักษานาน เช่น อย่างน้อย 1 ปี
9. ไม่ขัดขวางการดูดซึมสารอื่น

หมายเหตุ ในปัจจุบันยังไม่มีสารทดแทนไขมันชนิดใด ที่จะมีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นครบถ้วน ดังนั้นในการใช้สารทดแทนไขมันอาจจำเป็นต้องใช้หลายๆชนิดผสมกัน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ หรืออาจต้องยอมให้มีไขมันหลงเหลืออยู่ในอาหารบ้าง เพื่อให้คงคุณสมบัติบางประการที่ต้องการจากไขมัน ในทางปฏิบัติการผลิตภัณฑ์อาหารลดไขมัน (low-fat) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากไขมัน (fat-free)

#### ชนิดของสารทดแทนไขมัน

ในปัจจุบันมีการแบ่งสารทดแทนไขมันตาม โครงสร้างหรือที่มา ได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่คือ

1. Fat-based or lipid-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่มีโครงสร้างคล้ายไขมัน หรือไตรกลีเซอไรด์ คือ มีกรดไขมัน แต่อาจจะ esterify กับสารอื่นที่ไม่ใช่กลีเซอรอลเหมือนในไตรกลีเซอไรด์ ตัวอย่างเช่น Sucrose fatty acid polyester (SPE), Sucrose fatty acid esters, Carbohydrate fatty acid esters and polyol fatty acid esters, Emulsifiers และ Structured lipids
2. Protein-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่มาจากโปรตีน นม ไข่ ถั่วเหลือง ข้าวสาลี หรือเจลาติน ที่ผ่านกระบวนการ microparticulation (shear under heat) คือ ผ่านความร้อนทำให้โปรตีน coagulate และผ่านการ blending และ shearing เพื่อทำให้โปรตีนเป็นเม็ดเล็กๆกลมผิวเรียบ (spheroidal particles) ขนาดที่เล็กมากทำให้ลิ้นไม่สามารถรู้สึกว่าเป็น particles จะให้ความรู้สึกว่าเป็นของเหลว มีความมัน ถิ่นเหมือนครีม เรียกว่ามีคุณสมบัติ ball bearing property
3. Carbohydrate-based fat replacers เป็นสารทดแทนไขมันที่มาจากคาร์โบไฮเดรต ตัวอย่างเช่น Starch, Maltodextrin, Slendid, Oatrim, Z-trim, Cellulose, Inulin or Oligofructose, Gums และ Polydextrose
4. Mixed blend เนื่องจากยังไม่มีสารทดแทนไขมันที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมันทุกประการ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้สารทดแทนไขมันหลายชนิดผสมกัน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ เพราะเมื่อนำไขมันออกจากอาหาร จะต้องใช้สารทดแทนไขมันเพื่อทดแทนทั้งมวลและหน้าที่ทั้งหมดของไขมัน (fat mass and functionality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อินนูลิน

อินนูลิน (Inulin) คือ สารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่พืชเก็บสะสมอยู่ในรูปของโพลิฟรักแตน (polyfructan) โดยอินนูลินจะทำหน้าที่เหมือนคาร์โบไฮเดรตสำรองที่เก็บไว้เพื่อให้พืชมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงฤดูหนาว พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด เช่น คื่นชรา, หัวหอมใหญ่, กระเทียม, หน่อไม้ฝรั่ง, หัวบัวตอง (Jerusalem Artichoke) และชิคอรี่ (Chicory)

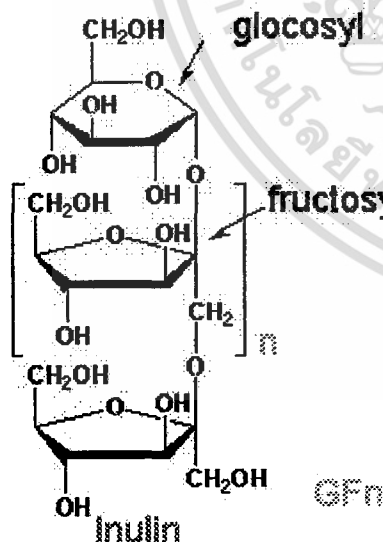
## โครงสร้างของอินนูลิน

อินนูลินจะอยู่ในรูป polydisperse  $\beta$ -(2,1) คือ เป็นส่วนผสมระหว่างกลูโคสและฟรักโทส โดยเชื่อมต่อกันระหว่างหน่วยของฟรักโทสกับฟรักโทสด้วยพันธะไกลโคซิดิก  $\beta$ -(2,1) และหน่วยของกลูโคสที่อยู่ตรงปลายสุดของโมเลกุลจะถูกเชื่อมต่อกับหน่วยของฟรักโทสด้วยพันธะ  $\alpha$ -(1,2)

อินนูลินประกอบด้วยหน่วยของฟรักโทสตั้งแต่ 2 หน่วย ถึง 60 หน่วยมาเชื่อมต่อกันและมีค่าเฉลี่ยของ Degree of Polymerization (DP) ประมาณ 10

ค่า DP ของอินนูลินจะมีได้หลายค่า ตั้งแต่ 2-60 ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น แหล่งที่มา สภาวะในการเจริญเติบโต โดยค่า DP ของอินนูลินที่แตกต่างกันจะทำให้หน้าที่และคุณสมบัติของอินนูลินเปลี่ยนแปลงไป

อินนูลินมีสูตรโมเลกุลเป็น  $GF_n$  ซึ่ง



G = Glycosyl unit

F = Fructosyl unit

n = number of fructosyl unit linked

ภาพที่ 1 โครงสร้างอินนูลิน

ที่มา : [www.biosite.dk/staabi/inulin.htm](http://www.biosite.dk/staabi/inulin.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## คุณสมบัติทางกายภาพของอินนูลิน

### ความหวาน

อินนูลินแบบมาตรฐานจะมีรสหวานเล็กน้อย (มีความหวานประมาณ 0- 10% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส)

### ความสามารถในการละลายน้ำ

อินนูลินละลายได้ดีในน้ำร้อน (อุณหภูมิ 80 °C) ละลายได้เพียงเล็กน้อยในน้ำเย็นและแอลกอฮอล์ (ละลายได้สูงสุด 10% ที่อุณหภูมิห้อง) โดยอินนูลินที่มีค่า DP สูงจะมีความสามารถในการละลายน้ำลดลง

### ความสามารถในการเกิดเจล

อินนูลินมีความสามารถในการทดแทนไขมัน เมื่อผสมให้เข้ากันกับน้ำหรือของเหลวที่ละลายได้ ชนิดอื่นๆ จะเกิดโครงร่างคล้ายตาข่ายและเกิดลักษณะเป็นเจล ที่มีลักษณะ โครงสร้างเป็นคริมสีขาว มีเนื้อสัมผัสที่แผ่กระจายได้

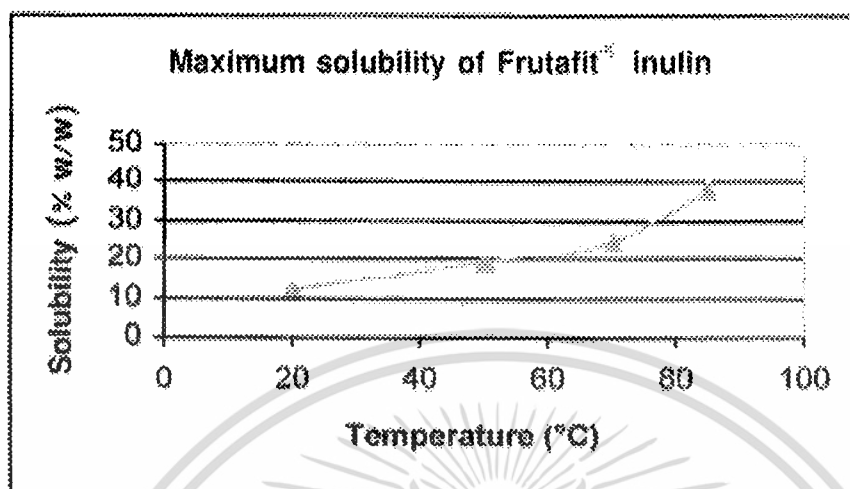
สภาวะในการเกิดเป็นเจลของอินนูลินจะต้องมีแรงเฉือน (shear force) มากระทำ + น้ำ โดยค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้จะมากกว่า 25 % ขึ้นไป ชนิดของเจลที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายและค่า DP ของอินนูลิน

อินนูลิน สายยาว (DP 23 หน่วย) จะทำให้เจลที่ได้มีลักษณะแน่น แข็ง

อินนูลิน สายสั้น (DP 9 หน่วย) จะทำให้เจลที่ได้มีลักษณะอ่อน นุ่ม

### การทนต่อสภาวะที่เป็นกรด และอุณหภูมิสูง

ในสภาวะเป็นกรดและมีความร้อนสูงจะมีผลทำให้อินนูลินถูกไฮโดรไลส์ กลายเป็นน้ำตาลฟรุกโตสและน้ำตาลกลูโคส ซึ่งอาจมีผลทำให้คุณสมบัติด้านต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปและอาจเป็นการเพิ่มความหวานให้กับอินนูลินในอาหารมากขึ้น



The maximum direct solubility of Frutafit<sup>®</sup> inulin

### ภาพที่ 3 ความสามารถในการละลายน้ำของอินนูลินที่อุณหภูมิต่างๆ

ที่มา : Asia Pacific food industry Thailand (2547)

#### การประยุกต์ใช้อินนูลินกับอุตสาหกรรมอาหาร

อินนูลินสามารถให้ผลประโยชน์ทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการหรือคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

#### ใช้อินนูลินเป็นแหล่งของใยอาหาร

อินนูลินเป็นแหล่งสำคัญของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ สามารถใช้ร่วมกับอาหารสำหรับสุขภาพทั่วไปเพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารที่ร่างกายควรได้รับ สามารถนำมาผสมในอาหาร โดยไม่มีผลต่อรสชาติหรือลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ นอกจากนี้ยังคงทนต่อความร้อนจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

### การใช้อินนูลินช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม

ผลการศึกษาการดูดซึมแคลเซียมในร่างกายมนุษย์ร่วมกับการเสริมอินนูลิน พบว่าการเสริมแคลเซียมร่วมไปกับการใช้อินนูลินในปริมาณเพียง 8-10 กรัมต่อวัน จะช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมได้อย่างมีประสิทธิภาพถึงประมาณ 20 % โดยไม่เกี่ยวข้องกับ การดูดซึมของลำไส้เล็กตามปกติ

### การใช้อินนูลินเป็นส่วนผสมพรีไบโอติก

อินนูลินมีคุณสมบัติในการเป็นเส้นใยอาหารแบบพรีไบโอติก (prebiotic) เนื่องจากพรีไบโอติกคือ อาหารที่ไม่ย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหารตอนบน สามารถผ่านไปยังลำไส้ใหญ่และมีผลเจาะจงส่งเสริมการเติบโตของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่บางชนิด เช่น Bifidobacterium และ Lactobacillus โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยให้การทำงานของลำไส้ดีขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ที่พอเหมาะจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและช่วยสร้างภูมิคุ้มกันต่อแบคทีเรียที่ก่อโรค

### การปรับปรุงเนื้อสัมผัสและรสชาติ

การใช้อินนูลินในปริมาณเล็กน้อยจะช่วยปรับปรุงรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายประเภท โดยเฉพาะเมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และ อาหารเข้าจากธัญพืช

เมื่อเปรียบเทียบอินนูลินกับใยอาหารทั่วไป พบว่า อินนูลินทำให้ขนมขบเคี้ยวและธัญพืชที่ผ่านกระบวนการเอ็กซ์ทรูดมีความกรอบและการขยายตัวมากขึ้น มีลักษณะภายนอกน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น อินนูลินยังช่วยเก็บความชุ่มชื้นของขนมปังและเค้กทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสดยาวนานขึ้น

### การใช้เป็นสารทดแทนไขมัน

คุณสมบัติสำคัญของสารทดแทนไขมันก็คือจะต้องให้พลังงานต่ำกว่า 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม และเป็นสารที่ให้คุณสมบัติทางด้านกายภาพและประสาทสัมผัสเหมือนไขมัน

ซึ่งอินนูลิน 1 กรัมจะให้พลังงานเพียง 1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัม และเมื่อนำอินนูลินมาผสมกับน้ำหรือของเหลวชนิดอื่นจะทำให้เกิดเป็นเจลที่มีลักษณะคล้ายโครงสร้างของไขมัน คือ เป็นครีมสีขาว มีเนื้อสัมผัสที่แผ่กระจายได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวของอินนูลินจึงสามารถนำไปใช้เป็นสารทดแทนไขมันในอาหารโดยใช้ในการทดแทนไขมันถึง 100% โดยอินนูลินจะเป็นสารทดแทนไขมันชนิดที่ได้จากคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate – base fat replacer)

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

##### วัตถุดิบ

1. แป้งสาลี ตราพัดโบก
2. น้ำตาลทราย ตรามิตรผล
3. เนยสดชนิดจืด ตราอลาวรี
4. นมสดรสจืด ตราโฟรโมสต์
5. ไข่ไก่สด
6. ผงฟู คับเบิลแอ็คชั่น ตราอิมพีเรียล
7. เกลือป่น ตราปรุงทิพย์
8. กลิ่นวานิลลา ตรา วินเนอร์
9. สารอินนูลินตรา Raftiline (Gr) ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทพีไอไทยแลนด์ จำกัด

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| 1. เครื่องชั่งดิจิตอล  | 7. กาต้มน้ำ         |
| 2. เครื่องผสมไฟฟ้า     | 8. พายพลาสติก       |
| 3. เครื่องบดไฟฟ้า      | 9. ถังมือจับของร้อน |
| 4. เตาอบแก๊ส           | 10. ตะแกรงร่อนแป้ง  |
| 5. พิมพ์เค้ก           | 11. กระดาษไข        |
| 6. เทอร์โมมิเตอร์เตาอบ | 12. มีดหั่นขนมปัง   |

##### เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์และตรวจสอบ

1. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส(Texture Analyzer )
2. เครื่องสกัดไขมัน(Soxtherm automatic)
3. เครื่องวัดขนาด (Venire Caliper )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

### 3.1 ขั้นตอนก่อนเริ่มทำการทดลอง

#### 3.1.1 การศึกษาขั้นตอนและวิธีการทำเค้กเนยสด เพื่อนำมาใช้เป็นเค้กเนยสดสูตรควบคุม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
แป้งสาลี	190 กรัม
น้ำตาลทราย	175 กรัม
เนยสด	167.5 กรัม
นมสด	110 กรัม
ไข่ไก่	2 ฟอง
ผงฟู	2 ช้อนชา
เกลือป่น	¼ ช้อนชา
กลิ่นวานิลลา	1 ½ ช้อนชา



ตารางที่ 2 ส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กเนยสด

ภาพที่ 4 ส่วนผสมที่ใช้ในการทำเค้กเนยสด

### วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดคอกวน แป้งสาลี
2. ร่อนแป้งสาลี แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นผสมกับผงฟูที่เตรียมไว้แล้วร่อนรวมกันอีกครั้ง
3. นำน้ำตาลทรายมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า
4. ตีเนยสดด้วยเครื่องผสมใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที
5. ใส่น้ำตาลทราย ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 5 นาที
6. ใส่ไข่ที่ละลายฟอง ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 2 นาที
7. เติมแป้งสลับกับนม ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 10 นาที
8. ใส่กลิ่นวานิลลา ผสมให้เข้ากัน
9. เทใส่พิมพ์ที่มีกระดาษไขรองและทาไขมันเตรียมไว้แล้ว
10. นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 160-170 °C นาน 40-45 นาที
11. เอาออกจากเตาอบ พักไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การศึกษาขั้นตอนการเตรียมครีมเพื่อหาความเข้มข้นของครีมอินนูลินที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์

ทำการทดลองที่ความเข้มข้นของครีมอินนูลิน 35%, 40%, 45%, และ 50%

ตารางที่ 3 การเตรียมครีมอินนูลินที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (%)	อินนูลิน (กรัม)	น้ำ (กรัม)	รวม
35	35	65	100
40	40	60	100
45	45	55	100
50	50	50	100

#### วิธีทำ

1. โดยชั่งอินนูลินและน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 80 °C ตามสัดส่วนที่ความเข้มข้นต่างๆ
2. นำผงอินนูลินมาละลายกับน้ำร้อน คนจนกระทั่งละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
3. นำมาปั่นด้วยเครื่องผสมไฟฟ้าที่ความเร็วปานกลางจนมีลักษณะเป็นครีมสีขาวข้น ค่าเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันออกไปตามความเข้มข้นของครีมชนิดนั้นๆ
4. เปรียบเทียบลักษณะของครีมอินนูลินที่ได้กับเนยสดแล้วเลือกครีมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเนยสดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

### 3.2 การศึกษาการนำอินนูลินมาทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด โดยยังคงมีลักษณะที่

คืออยู่

3.2.1 ศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่กว้างโดยใช้ครีมอินนูลินที่ได้จากข้อ 3.1.2 ทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75 % ตามส่วนประกอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การทดแทนไขมันในเค้กเนยสดที่ความเข้มข้น 0%, 25%, 50%, 75%

	ปริมาณการทดแทนไขมัน			
	0%	25%	50%	75%
แป้งเค้ก	190	190	190	190
เนยสด	167.5	125.625	83.75	41.875
ครีมอินนูลิน	0	41.875	83.75	125.625
น้ำตาลทราย	175	175	175	175
ไข่ไก่	100	100	100	100
นมสด	110	110	110	110
ผงฟู	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา
เกลือ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา
กลิ่นวานิลลา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา

นำตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเค้ก (% weight loss)
2. ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้ก โดยใช้ Venire Caliper
3. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อหาความแข็ง โดยใช้เครื่อง texture analyzer

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ทดสอบสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Quantitative Descriptive Analysis (QDA) โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน วางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS

เลือกตัวอย่างเค้กเนยที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วนที่มากที่สุด โดยที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเค้กเนยที่เป็นสูตรควบคุมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่แคบลงเพื่อหาปริมาณการทดแทนไขมันที่มากกว่าปริมาณที่ได้จากข้อ 3.2.1 โดยกำหนดระยะห่างระหว่างการทดแทนไขมันในแต่ละช่วงให้แคบลง

ตารางที่ 5 การทดแทนไขมันในเค้กเนยสดที่ความเข้มข้น 25%, 30%, 35%, 40%

	ปริมาณการทดแทนไขมัน			
	25%	30%	35%	40%
แป้งเค้ก	190	190	190	190
เนยสด	125.625	117.25	108.875	100.5
ครีมอินนูลิน	41.875	50.25	58.625	67
น้ำตาลทราย	175	175	175	175
ไข่ไก่	100	100	100	100
นมสด	110	110	110	110
ผงฟู	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา
เกลือ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา
กลิ่นวานิลลา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา

นำตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเค้ก (% weight loss)
2. ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้ก โดยใช้ Venire Caliper
3. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อหาความแข็ง โดยใช้เครื่อง texture analyzer

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ทดสอบสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Quantitative Descriptive Analysis (QDA) โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน วางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS

เลือกตัวอย่างเค้กเนยที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วนที่มากที่สุด โดยที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเค้กเนยที่เป็นสูตรควบคุมในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เพื่อนำมาใช้เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนไขมัน

### 3.3 พัฒนาและปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

ตารางที่ 6 ตารางแสดงสูตรที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบ	สูตรควบคุม (กรัม)	สูตรที่1 (กรัม)	สูตรที่2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)	สูตรที่4 (กรัม)
แป้งสาลี	190	190	190	190	190
น้ำตาลทราย	175	185	185	185	185
เนยสด	167.5	108.8	108.8	108.8	108.8
ครีมอินนูลิน	-	58.6	58.6	58.6	58.6
นมสด	110	110	110	110	110
ไข่ไก่	2 ฟอง	2 ½ ฟอง	2 ½ ฟอง	2 ½ ฟอง	2 ½ ฟอง
ผงฟู	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ½ ช้อนชา	2 ½ ช้อนชา	3 ช้อนชา
เกลือป่น	¼ ช้อนชา	¼ ช้อนชา	¼ ช้อนชา	¼ ช้อนชา	¼ ช้อนชา
กลิ่นวานิลลา	1 ½ ช้อนชา	1 ½ ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา	2 ช้อนชา
กลิ่นเนยสด	-	-	-	½ ช้อนชา	-

นำตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ทดสอบสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Test โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลเฉลี่ยของแต่ละลักษณะไปทำเป็นกราฟไฮแมงมุม เปรียบเทียบกับสูตรเค้กวานิลลาเพื่อหาสูตรที่มีคะแนนใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด

### 3.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทาง ระหว่างเค้กเนยสดสูตรควบคุมกับเค้กเนยสดสูตรที่ได้จาก

#### ข้อ 3.3

ตารางที่ 7 ตารางแสดงส่วนประกอบของเค้กสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน

ส่วนประกอบ	สูตรควบคุม	สูตรที่4
แป้งสาลี	190 กรัม	190 กรัม
น้ำตาลทราย	175 กรัม	185 กรัม
เนยสด	167.5 กรัม	108.8 กรัม
ครีมอินนูลิน	- กรัม	58.6 กรัม
นมสด	110 กรัม	110 กรัม
ไข่ไก่	2 ฟอง	2 ½ ฟอง
ผงฟู	2 ช้อนชา	3 ช้อนชา
เกลือป่น	¼ ช้อนชา	¼ ช้อนชา
กลิ่นวานิลลา	1 ½ ช้อนชา	2 ช้อนชา

นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมาทำการทดสอบคุณสมบัติ

ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเค้ก (% weight loss)
2. ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้ก โดยใช้ Venire Caliper
3. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อหาความแข็ง โดยใช้เครื่อง texture analyzer

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ทดสอบความแตกต่างระหว่างเค้กสูตรควบคุมกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบวิธีการเลือกตัวอย่างสี่จากสามตัวอย่าง (Triangle Test) โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. วิเคราะห์หาปริมาณไขมันทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด
2. วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น (โดยใช้วิธีการคำนวณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ขั้นตอนก่อนเริ่มทำการทดลอง

4.1.1 การศึกษาขั้นตอนและวิธีการทำเค้กเนยสด เพื่อนำมาใช้เป็นเค้กเนยสดสูตรควบคุม โดยใช้สูตรการทำเค้กเนยสดที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ได้ออกมาเป็นเค้กเนยสดที่มีลักษณะดี มีความนุ่ม ความแน่น รสชาติ และลักษณะโดยรวม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจึงนำมาใช้เป็นสูตรควบคุม เพื่อนำมาปรับปรุงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนไขมันต่อไป

4.1.2 การศึกษาขั้นตอนการเตรียมครีมเพื่อหาความเข้มข้นของครีมอินนูลินที่เหมาะสม ที่จะนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์

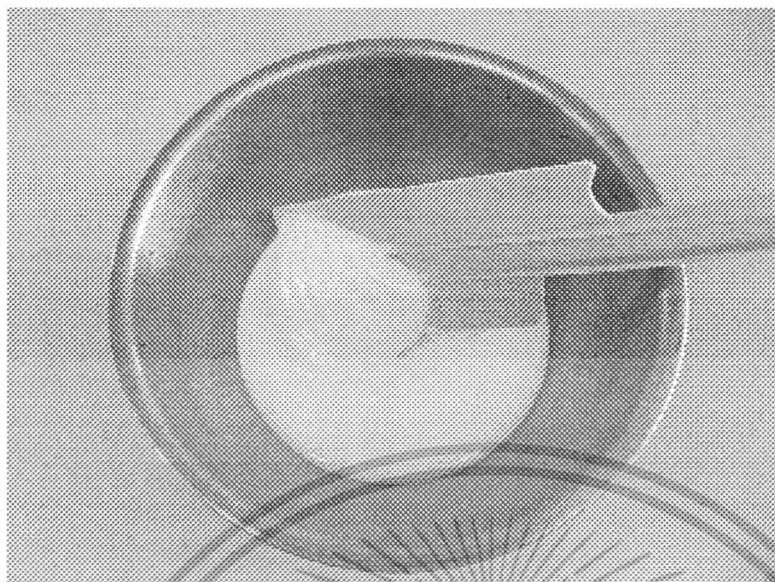
พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของครีมจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของอินนูลินลดลง ทำให้ลักษณะครีมที่ได้มีความแข็ง และความหยาบมากขึ้น

จากการเปรียบเทียบลักษณะปรากฏของครีมอินนูลินที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ครีมที่ความเข้มข้น 40% มีคุณสมบัติและลักษณะปรากฏใกล้เคียงกับครีมที่ได้จากเนยสดมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกใช้ครีม อินนูลินที่ความเข้มข้น40% เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ต่อไป

ตารางที่ 8 ตารางแสดงลักษณะปรากฏของครีมอินนูลินที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นครีมอินนูลิน	ลักษณะปรากฏ
ครีมจากเนยสด	ครีม สีเหลืองครีม เนื้อละเอียด มีความนุ่ม
35%	ของเหลวข้น สีขาว เนื้อละเอียด
40%	ครีม สีขาว เนื้อละเอียด มีความนุ่ม
45%	ครีม สีขาว เนื้อละเอียด มีความแข็งปานกลาง
50%	ครีม สีขาว เนื้อหยาบ มีความแข็งมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ครีมอินนูลิน

4.2 การศึกษาการนำอินนูลินมาทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะที่ดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4.2.1 ศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่กว้างโดยใช้ครีมอินนูลินที่ได้จากข้อ 4.1.2 ทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

ทดสอบทางกายภาพ

จากการศึกษาการแทนที่เนยสดในผลิตภัณฑ์โดยใช้ครีมอินนูลินความเข้มข้น 40% พบว่า สารอินนูลินมีผลต่อปริมาตรของเค้ก และเนื้อสัมผัสของเค้กคือจะทำให้เค้กมีปริมาตรลดลงและเนื้อเค้กมีความแน่นแข็งขึ้น โดยพบว่าจะทำให้ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้กมีค่าลดลง และมีค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้นและปริมาณอินนูลินไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเค้ก

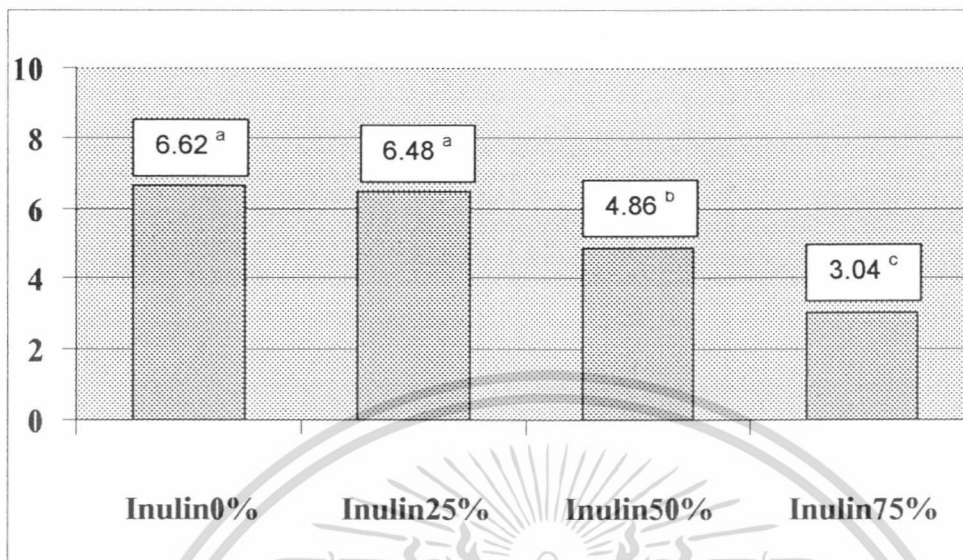
ตารางที่ 9 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

สมบัติทางกายภาพ	0%	25%	50%	75%
% สูญเสียน้ำหนัก	9.42 ± 4.97	9.06 ± 4.67	8.59 ± 3.24	10.01 ± 4.59
ความสูงเค้ก(cm)	5.29 ± 1.57	5.19 ± 1.19	4.94 ± 1.72	3.91 ± 2.10
ความแข็ง(gram)	848.56 ± 490.55	951.73 ± 398.25	1247.51 ± 519.28	3066.34 ± 1474.08

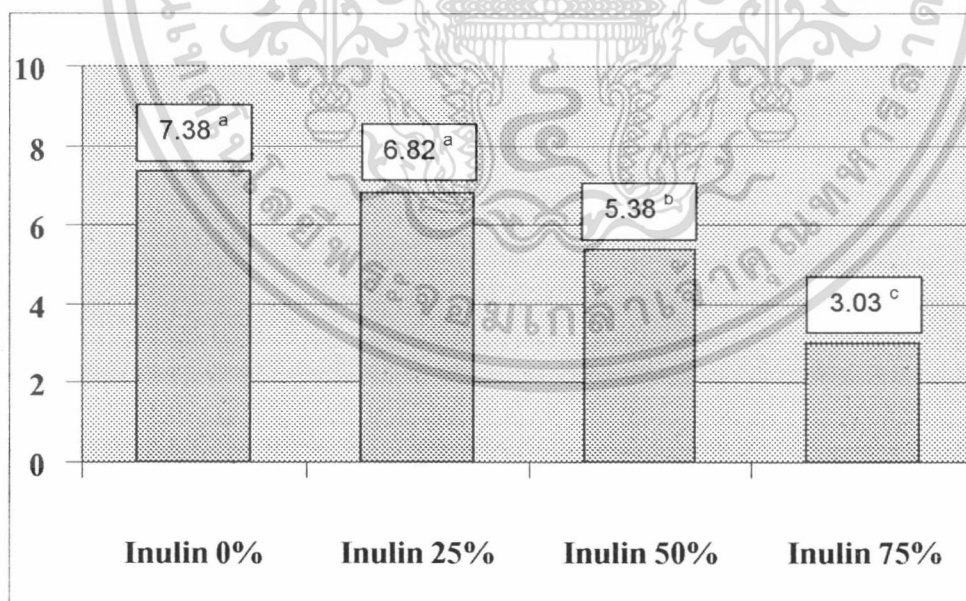
#### ทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า สารอินนูลินมีผลต่อความหยาบ โดยพบว่าปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นทำให้เค้กมีความหยาบมากขึ้น เมื่อพิจารณาในด้านความชุ่ม ความแน่น กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่า เค้กสูตรควบคุมมีคะแนนรวมไม่แตกต่างจากเค้กที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25% อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงเลือกศึกษาการทดแทนในช่วง 25% - 50% ในการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

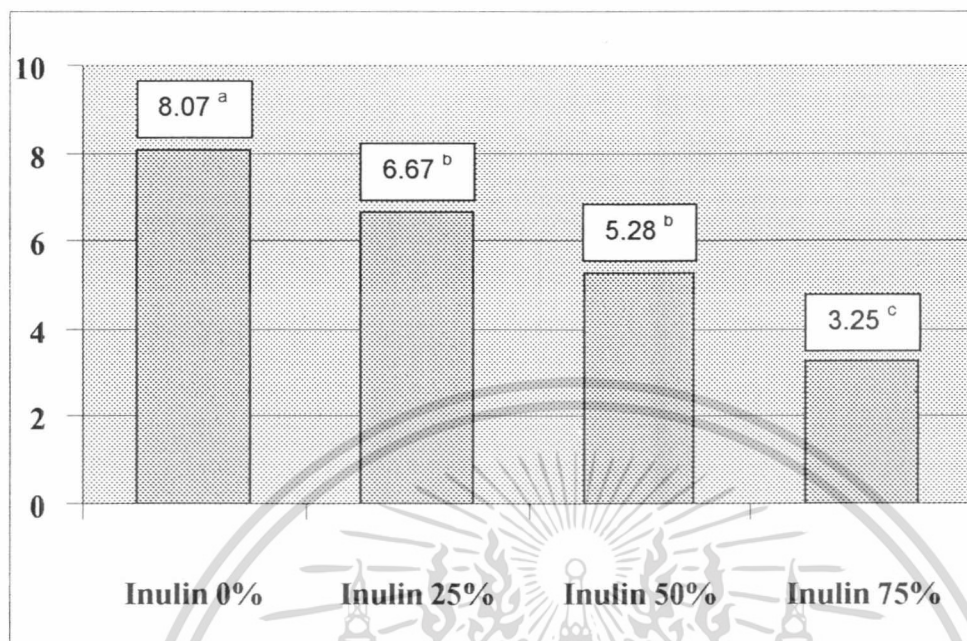


ภาพที่ 6 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

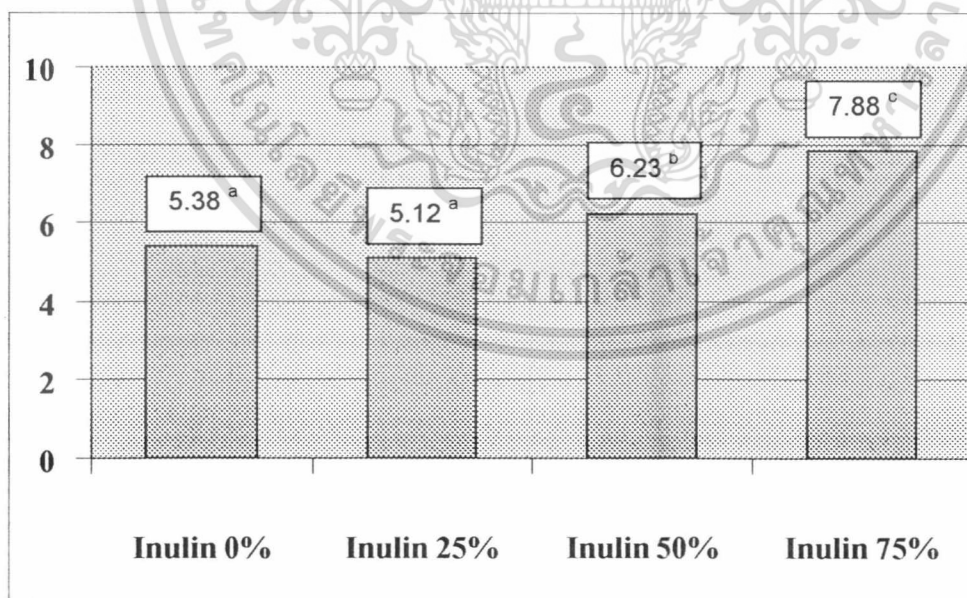


ภาพที่ 7 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

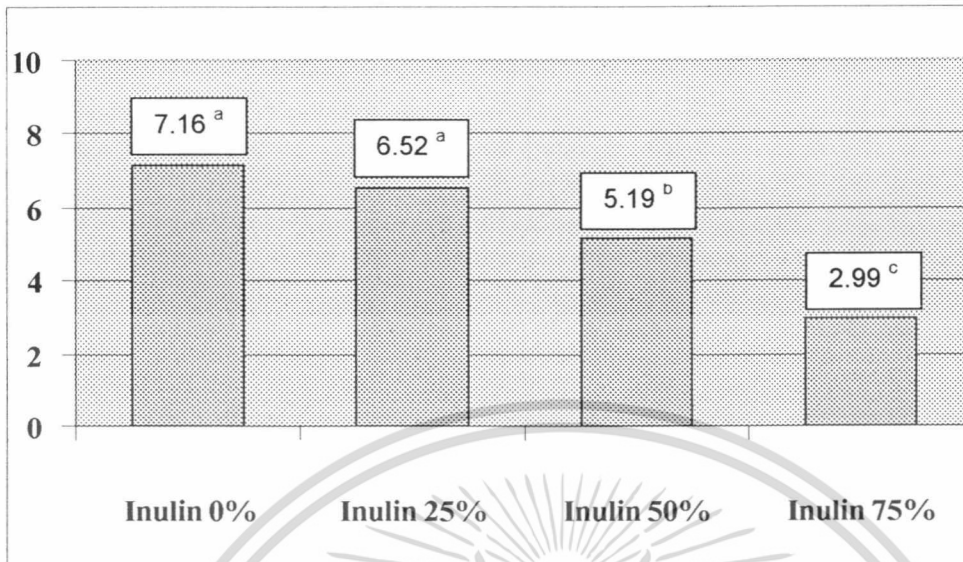


ภาพที่ 8 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความหยาบของลูกเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

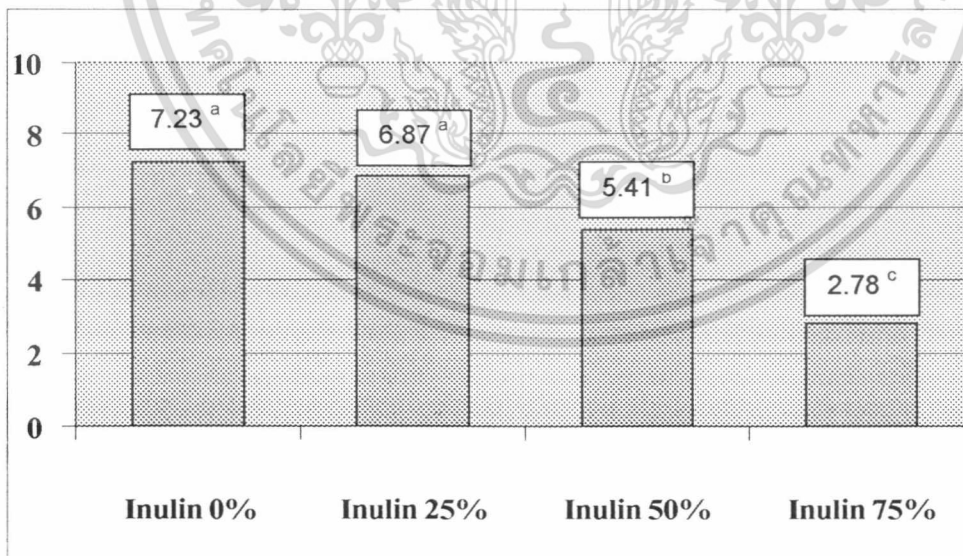


ภาพที่ 9 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นของลูกเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มชื้นของถั่วเนียงที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%



ภาพที่ 11 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของถั่วเนียงที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่แคบลง เพื่อหาปริมาณการทดแทนไขมันที่มากกว่าปริมาณที่ได้จากข้อ 4.2.1 โดยกำหนดระยะห่างระหว่างการทดแทนไขมันในแต่ละช่วงให้แคบลง

#### ทดสอบทางกายภาพ

จากการศึกษาการแทนที่เนยสดในผลิตภัณฑ์โดยใช้ครีมอินนูลินความเข้มข้น 40% พบว่าสารอินนูลินมีผลต่อปริมาตรของเค้ก และเนื้อสัมผัสของเค้ก คือ จะทำให้เค้กมีปริมาตรลดลง และเนื้อเค้กมีความแน่นแข็งขึ้น โดยพบว่าจะทำให้ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้กมีค่าลดลง และมีค่าความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้นและปริมาณอินนูลินไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเค้ก

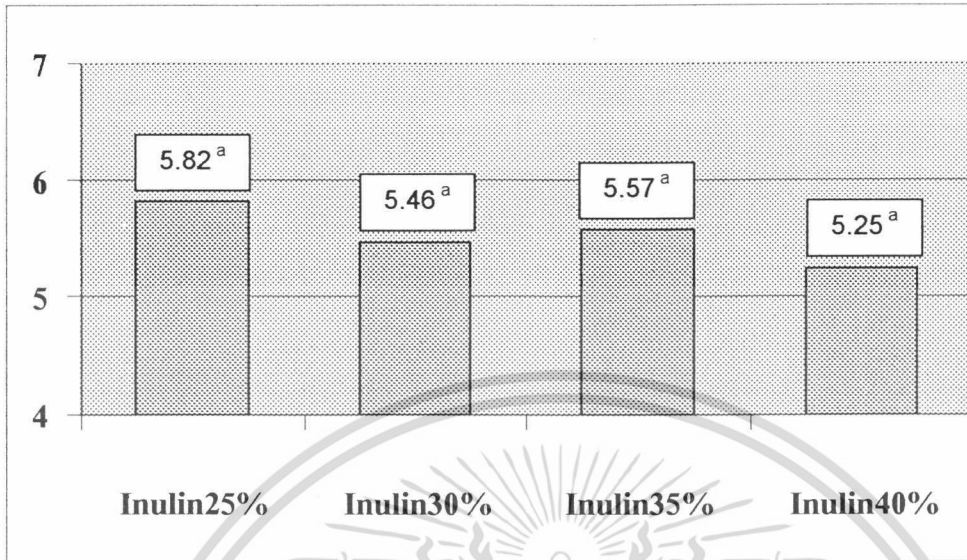
ตารางที่ 10 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสดที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

สมบัติทางกายภาพ	25%	30%	35%	40%
% สูญเสียน้ำหนัก	10.07 ± 5.84	9.26 ± 2.54	10.62 ± 9.98	9.58 ± 3.26
ความสูงเค้ก(cm)	5.13 ± 0.42	5.04 ± 0.58	4.91 ± 0.55	4.99 ± 0.73
ความแข็ง(gram)	1054.06 ± 238.65	1273.24 ± 235.12	1287.04 ± 394.90	1428.61 ± 389.18

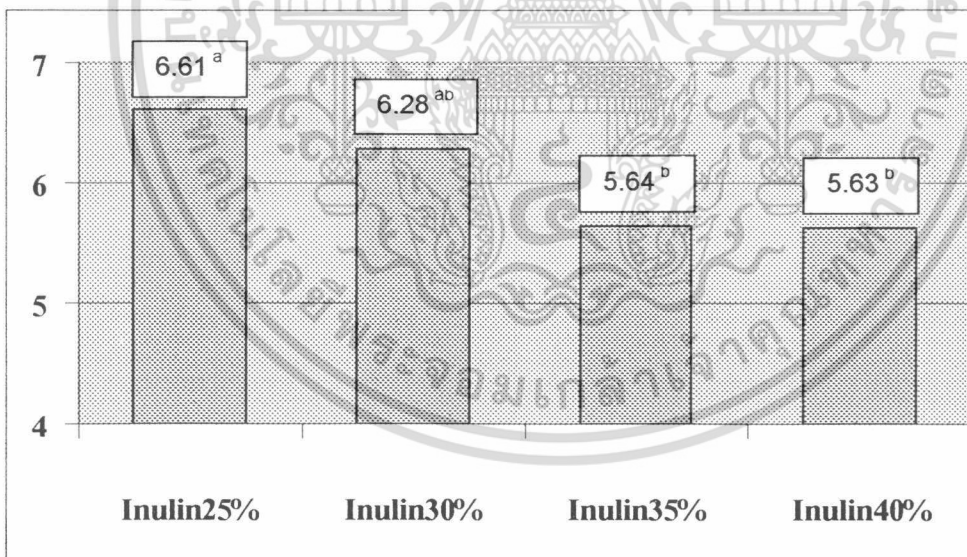
#### ทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณสารอินนูลินที่ใช้ในการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40% ในผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อคะแนนในด้านกลิ่น และความหยาบของเค้ก เมื่อพิจารณาในด้านรสชาติพบว่า เค้กที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25% และ 30% มีคะแนนรวมในด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณา ด้านความหยาบ ความแน่น และความชอบโดยรวม พบว่า เค้กที่มีการทดแทนไขมันในอัตราส่วน 25%, 30% และ 35% จะมีคะแนนรวมในด้านความหยาบ ความแน่น และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงเลือกการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ด้วยครีมอินนูลินความเข้มข้น 40% ในอัตราส่วนการแทนที่ 35% โดยน้ำหนักของเนยสดโดยเราพิจารณาจากคะแนนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ซึ่งในอัตราส่วนนี้เป็นระดับการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่มากที่สุดที่ทำให้เค้กยังคงมีลักษณะทางด้านลักษณะทางกายภาพ และเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ

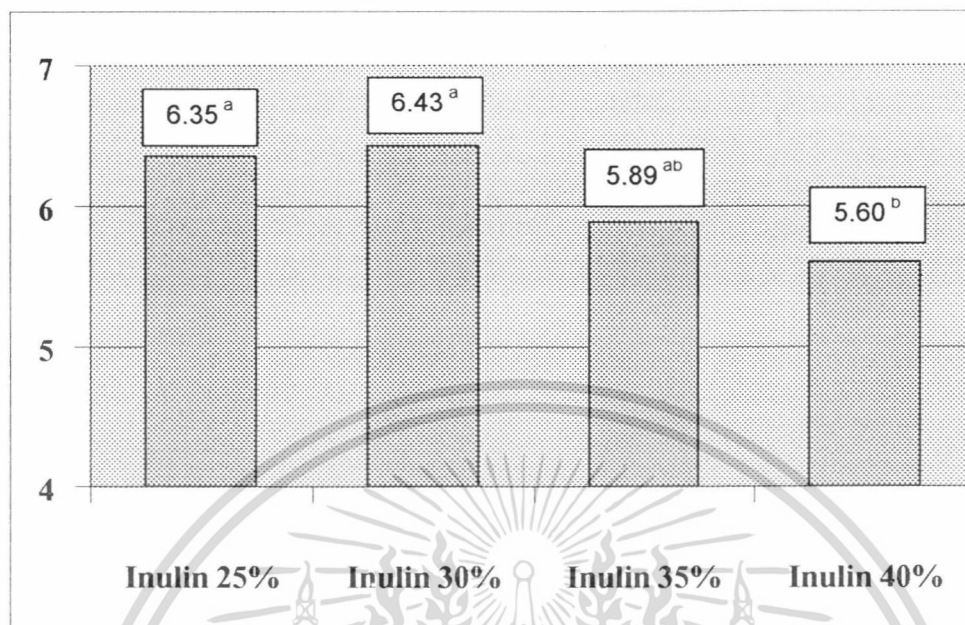


ภาพที่ 12 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

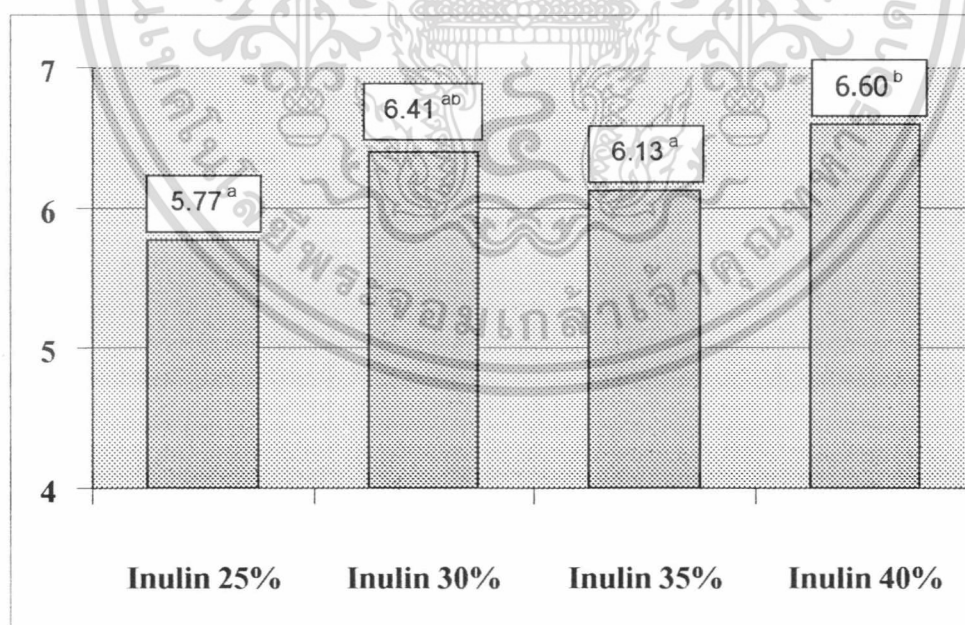


ภาพที่ 13 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

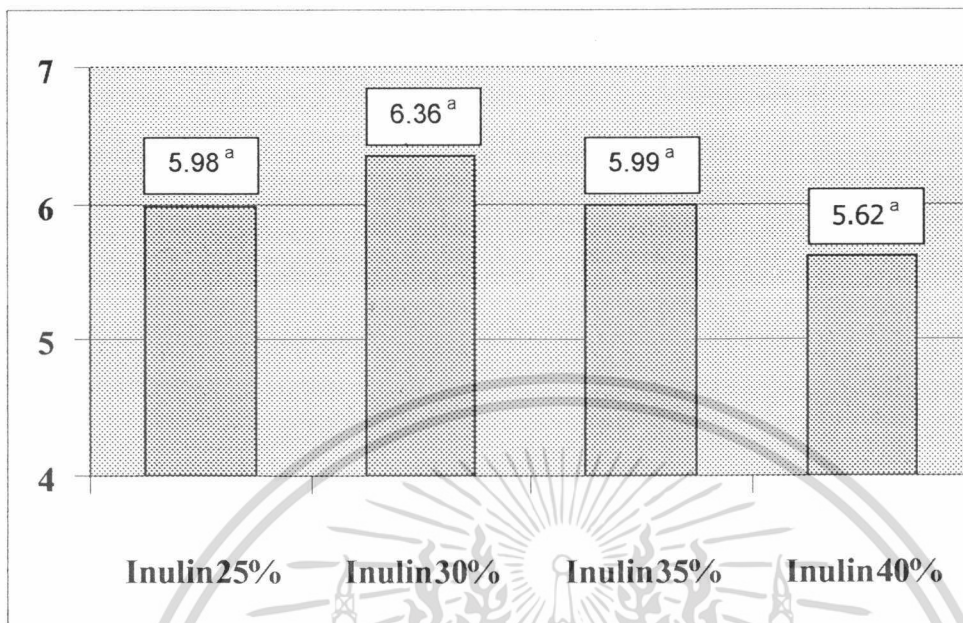


ภาพที่ 14 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความหยาบของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

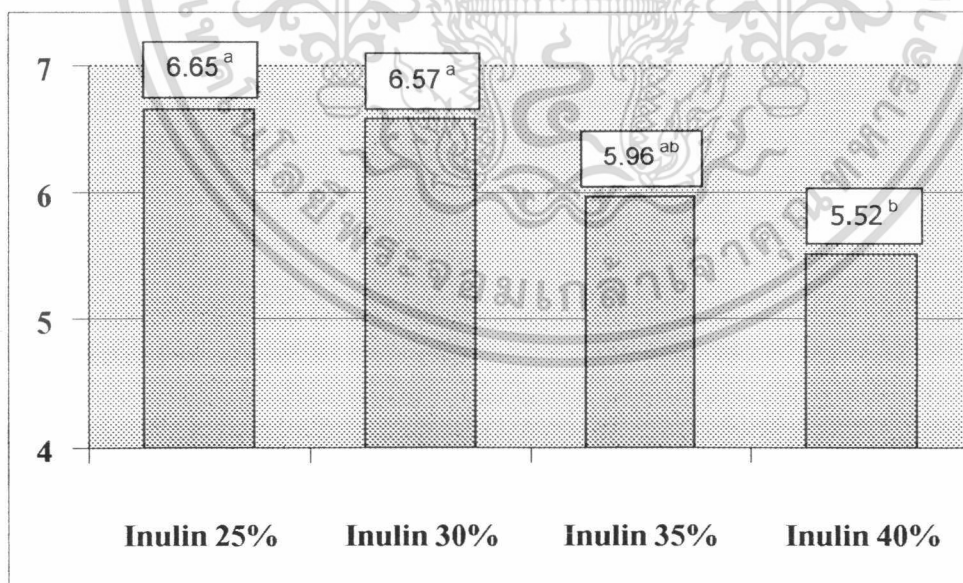


ภาพที่ 15 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 16 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มของเมล็ดเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%



ภาพที่ 17 ผลเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของเมล็ดเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

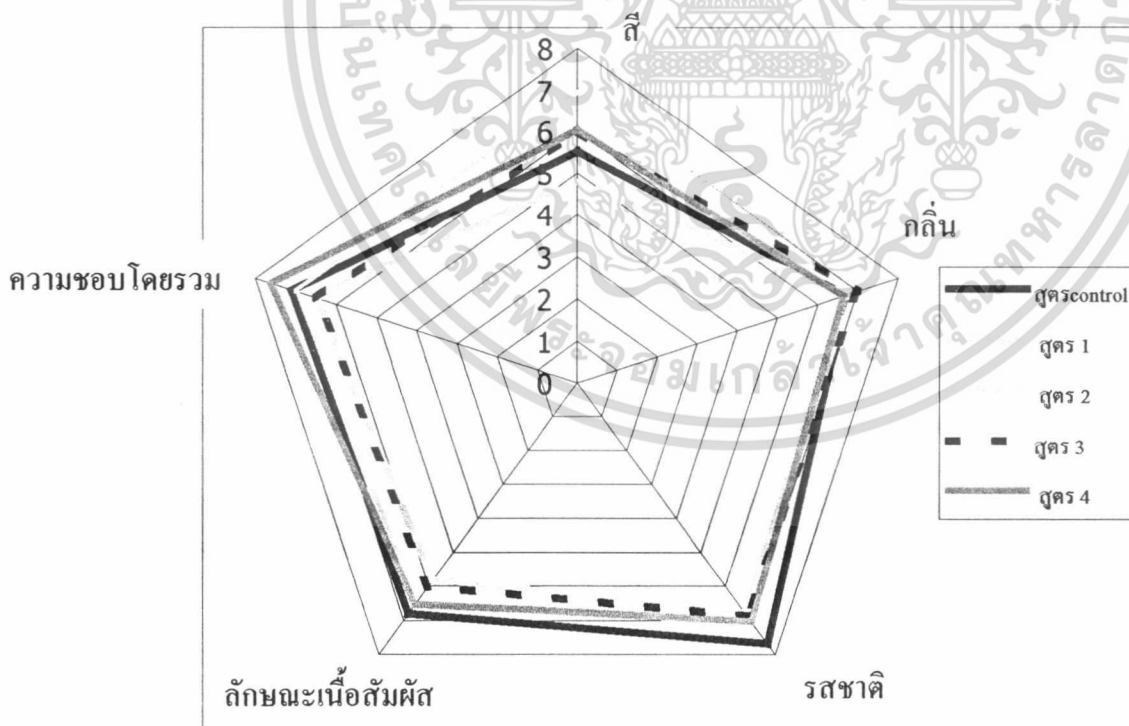
#### 4.3 พัฒนาและปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด

จากการศึกษาการใช้สารอินนูลินทดแทนไขมันในอัตราส่วน 35% พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีลักษณะที่ต้องแก้ไขในด้านปริมาณและเนื้อสัมผัส ดังนั้นจึงทำการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขให้มีลักษณะที่ดีขึ้นใกล้เคียงกับเค้กสูตรควบคุมมากที่สุด

จากการทดลองพบว่าเค้กสูตรที่ 4 เป็นเค้กที่มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีคะแนนในด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุมและมีคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกเค้กสูตรที่ 4 เป็นเค้กที่มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นเค้กเนยสดที่มีการใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

#### ตารางที่ 11 ตารางแสดงลักษณะทางประสาทสัมผัสเค้กเนยสดสูตรต่างๆ

ลักษณะที่ทดสอบ	สูตรควบคุม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
สี	5.5 ± 1.84	4.8 ± 1.32	7.0 ± 1.41	6.0 ± 1.53	6.0 ± 1.84
กลิ่น	6.7 ± 1.49	6.7 ± 0.67	6.9 ± 1.29	7.0 ± 1.29	6.7 ± 0.67
รสชาติ	7.7 ± 0.48	6.8 ± 1.75	6.8 ± 1.23	6.9 ± 1.29	7.0 ± 1.29
เนื้อสัมผัส	6.8 ± 1.55	5.8 ± 1.99	6.5 ± 1.35	6.0 ± 1.11	6.5 ± 1.55
ความชอบโดยรวม	7.1 ± 0.99	6.5 ± 1.27	7.0 ± 1.20	6.5 ± 1.26	7.6 ± 1.26



#### ภาพที่ 18 แผนภูมิไข่มุมเพื่อแสดงลักษณะของเค้กสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส และ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ระหว่างเค้กเนยสดสูตรควบคุมกับเค้กเนยสดสูตรที่ได้จากข้อ 4.3

##### ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

จากการทดสอบพบว่าเค้กสูตรควบคุม และเค้กสูตรทดแทนไขมัน มีลักษณะทางกายภาพ มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้ก และค่าความแข็งอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 12 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเค้กเนยสด สูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน

สมบัติทางกายภาพ	สูตรควบคุม	สูตร4
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก	8.85 ± 2.1	9.32 ± 2.5
ความสูงที่จุดกึ่งกลางเค้ก(cm)	5.18 ± 0.8	4.99 ± 1.1
ความแข็ง(gram)	895 ± 320.6	945.7 ± 345.7

##### ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความแตกต่างระหว่างเค้กสูตรควบคุมกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบวิธีการเลือกตัวอย่างดีจากสามตัวอย่าง (Triangle Test)

โดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน มีจำนวนผู้ตอบถูก 7 คน นำผลที่ได้มาเทียบกับตารางสำเร็จรูป (Critical Number of Correct Responses in a Triangle Test) ที่ค่า Significance = 0.05

จากตารางพบว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ต้องการจำนวนผู้ตอบถูก 11 คน จากจำนวนผู้ทดสอบ 20 คน จึงถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า เค้กสูตรที่มีการลดไขมัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไปจากเค้กสูตรควบคุม

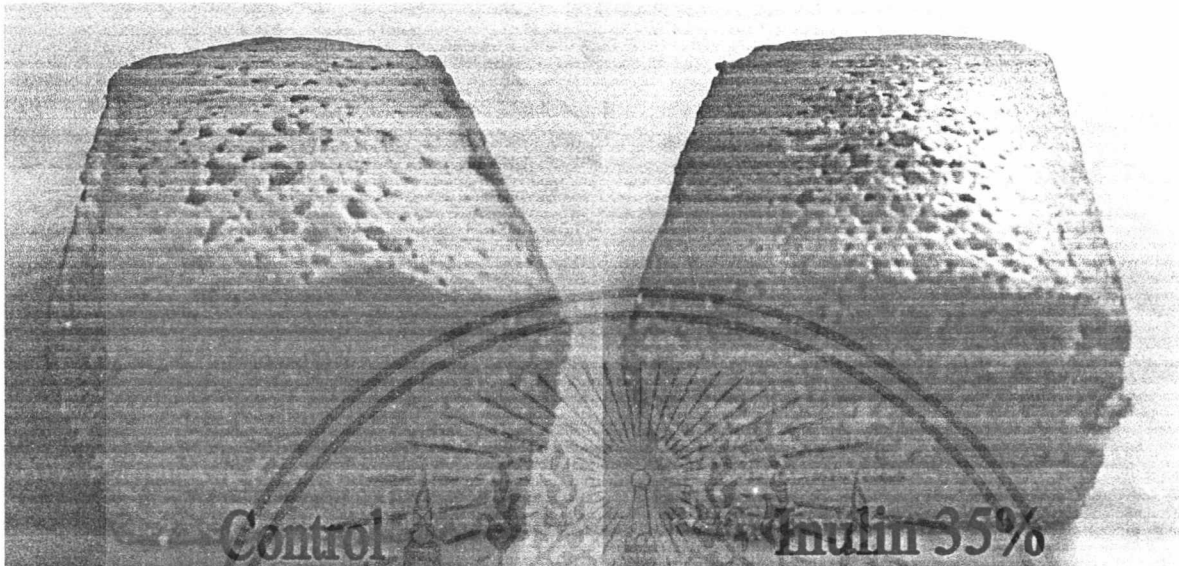
### วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสดสูตรควบคุม และสูตรทดแทนไขมัน พบว่า เค้กสูตรควบคุมมีปริมาณไขมัน 30.15 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน มีปริมาณไขมัน 20.39 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และจากปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ทำให้เค้กสูตรทดแทนไขมันมีใยอาหารเพิ่มขึ้น 2.72 กรัมใยอาหารต่อเค้ก 100 กรัม

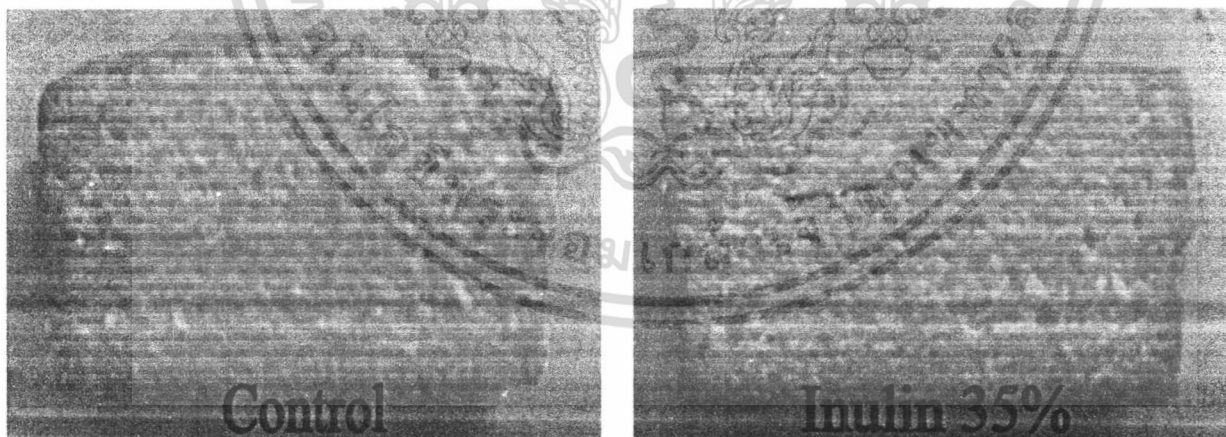
**ตารางที่ 13** ตารางแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเค้กเนยสด สูตรควบคุมเปรียบเทียบกับ สูตรที่มีการทดแทนไขมัน

การวิเคราะห์	ปริมาณต่อเค้กเนยสด 100 กรัม		
	สูตรควบคุม	สูตรที่มีการลดไขมัน	ความแตกต่าง
ปริมาณไขมัน	30.15 กรัม	20.39 กรัม	9.74 กรัม
ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น	-	2.72 กรัม	2.72 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงลักษณะของเค้กสูตรควบคุม(ซ้าย)เปรียบเทียบกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน(ขวา)



ภาพที่ 20 แสดงลักษณะของเค้กสูตรควบคุม(ซ้าย)เปรียบเทียบกับเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมัน(ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ คือ มีผลทำให้เค้กเนยสดมีความแน่น แข็งมากขึ้น และปริมาตรของเค้กลดลง แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังอบ
2. ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ใช้สารอินนูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กเนยสดโดยเลือกใช้ครีมอินนูลินที่ความเข้มข้น 40 %
3. สามารถใช้ครีมอินนูลินทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 35% ของน้ำหนักเนยสดโดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะที่ดีและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
4. เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างเค้กเนยสดสูตรทดแทนไขมันพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
5. เค้กสูตรควบคุมมีปริมาณไขมัน 30.15 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และเค้กสูตรที่มีการทดแทนไขมันมีปริมาณไขมัน 20.39 กรัมต่อเค้ก 100 กรัม และจากปริมาณอินนูลินที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ทำให้เค้กสูตรทดแทนไขมันมีใยอาหารเพิ่มขึ้น 2.72 กรัมใยอาหารต่อเค้ก 100 กรัม

#### ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองใช้เครื่องผสมขนาดเล็ก เนื่องจากปริมาณตัวอย่างในแต่ละการทดลองมีปริมาณน้อย จึงอาจเกิดความผิดพลาด เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในการผสม และความเมื่อยล้าได้ ดังนั้นในการผลิตในปริมาณมากควรใช้เครื่องผสมแบบตั้งโต๊ะจะมีประสิทธิภาพดีกว่า
2. ในการอบเค้กแต่ละครั้ง ภายในเตาอบมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมออยากแก่การควบคุม จึงควรเลือกใช้เตาอบที่มีประสิทธิภาพ
3. ในการทดลองขั้นต่อไป อาจใช้ใยอาหารชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน มาร่วมกับอินนูลินซึ่งอาจทำให้เนื้อสัมผัสของเค้กดียิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2541. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่องฉลากโภชนาการ เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพแนวคิดใหม่ด้วย frutafit Inulin. 2546. วารสาร Asia Pacific food industry Thailand
- จิตรนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. 2539. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- เพ็ญศรี วงศ์จันทร์เพ็ญ. 2541. การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบและอิมัลซิฟายเออร์ในการผลิตเค้กเนยสดแคลอรีต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มลศิริ วิโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ( Technology of Healthful Food Products ). กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.)
- มาลี ทองคำ. 2541. การพัฒนาคุกกี้ให้มีเส้นใยอาหารสูงและพลังงานต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ยุพร พิชกมูท. 2457. เอกสารคำสอนรายวิชาการควบคุมคุณภาพ. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สุจิตตา เรืองรัมย์. 2546. “ Inulin และ Oligofructose เส้นใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ”. วารสารอาหาร. 33,2:94 – 98
- ศรีสมร คงพันธ์. 2534. เค้กอย่างง่าย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. คุณสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และการคำนวณเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมอบ. กรุงเทพฯ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ข่าวสาส์น:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- Anonymous. 2000. “ Frequently Asked Question ”. Active Food Scientific Monitor An Orafiti Newsletter :page7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Anonymous. 2004. Innovate with Raftiline and Raftilose. Orafiti Active food Ingredients
- Barry, V.M., and Prosky, L. 2001. Advanced Dietary Fiber Technology: Blacwell Science Publishing
- “Beneo and fibre The Scientific basis.” 2004. [Online]. Available: [http://www.beneo.com/beneo.nsf/webhtml?readform&country=other&lang=english&qu=whatdoes&=fonction\\_intestinale&sn=scientific](http://www.beneo.com/beneo.nsf/webhtml?readform&country=other&lang=english&qu=whatdoes&=fonction_intestinale&sn=scientific)
- Cho, S. S.; Prosky, L.; and Dreher, D. 1999. Complex Carbohydrates in Foods. Newyork: Marcel Dekker
- Coussement, P. 1999. “Inulin and Oligofructose: Safe Intakes and Legal Status”. Journal of American Society For Nutrition Science. 129: 1412s-1417s
- Flickinger, A.L. et al. 2003. “Nutritional Responses to the Presence of Inulin and Oligofructose in the Diets of Domesticated Animal : A Review ”. Critical Review in Food Science and Nutrition. 43, 1: 19 – 60
- Gary, F. et al. 2001. “Inulin and Oligofructose as Dietary Fiber : A review of The Evidence”. Critical Review in Food Science and Nutrition . 41, 5: 353-362
- “Inulin structure.” 2004. [Online]. Available: [www.biosite.dk/staabi/inulin.htm](http://www.biosite.dk/staabi/inulin.htm)
- Nelson, A.L. 2001. High- Fiber Ingredient. Minnesota :EaganPress
- Nilsson,U., and Bjorck, I. 1988. “Avibility of creal fructans and inulin in the rat intestinal Tract”. Journal of American Society For Nutrition Science. 18: 1482-1486
- Nilsson, U. et al. 1988. “Cereal fructans: in vitro and in vivo studies on availability in rats and humans”. Journal of American Society For Nutrition Science. 118: 1325-1330

## ภาคผนวก ก

## วิธีวิเคราะห์

## 1. วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

## 1.1 การสูญเสียน้ำหนักหลังจากอบ (% weight loss) (g)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังจากอบ} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(g)}} \times 100$$

## 1.2 การวัดความที่จุดกึ่งกลางเค้ก

## อุปกรณ์

- Vernier Caliper

## วิธีการทดลอง

1. วัดความสูงของเค้กที่จุดกึ่งกลาง

## 1.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

## อุปกรณ์

- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser)

## วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
2. ทำการ Calibrate force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 5 กิโลกรัม
3. ประกอบหัววัดรูปทรงกระบอก (probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร เข้ากับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
4. ทำการ Calibrate probe โดยตั้งระยะ probe ไว้ที่ 40 มิลลิเมตร
5. เลือกรูปแบบการวัดเป็น

Mode: Measure force in compression	Distance format: 50% strain
Option: Texture profile analysis	Strain: 12.5 mm
Force unit: 10 g	Graph type: Force VS Time
Test speed: 1 mm/s	

6. วางชิ้นเค้กขนาด 35 x 35 x 25 mm<sup>3</sup> บนแท่นวัดครั้งละ 1 ชิ้นให้อยู่ในลักษณะ Cross section ทุกครั้ง เมื่อเริ่มการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัดได้ ออกมาเป็นค่าสูงสุด (max force) ได้ผลออกมาเป็นค่าความแข็ง (hardness) มีหน่วยเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

### ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.1 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง และประเมินเด็กเนยสดที่ทดแทนไขมันด้วยอินนูลินแล้ว

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสเพื่อหาลักษณะของผลิตภัณฑ์เด็กเนยสด

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

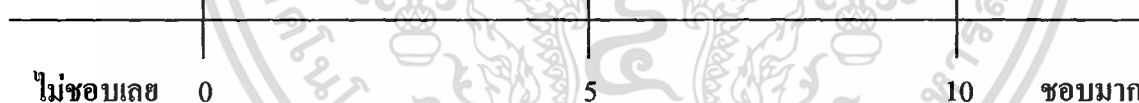
#### คำชี้แจง

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์โดยทดสอบสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และให้คะแนน โดยลากเส้นตั้งฉากกับเส้นที่กำหนดให้ตรงกับความรู้สึกในแต่ละลักษณะ

#### 1. กลิ่นเนย

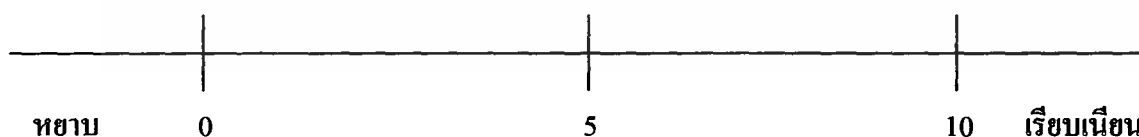


#### 2. รสชาติ

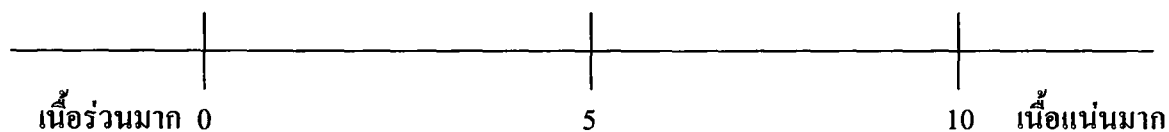
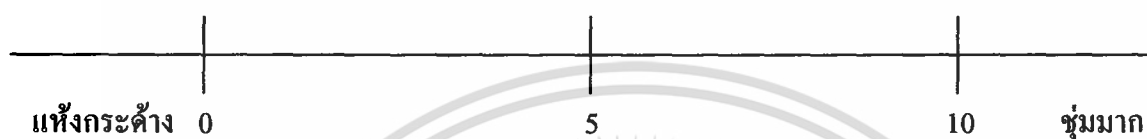
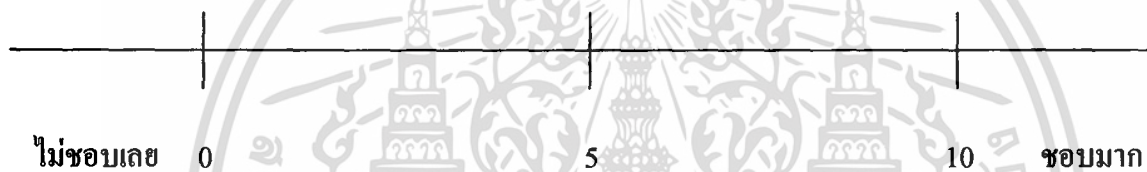


#### 3. ลักษณะเนื้อสัมผัส

##### ความหยาบของเนื้อเค้ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ความแน่นของเนื้อเค้ก****ความชุ่มของเค้ก****4. ความชอบโดยรวม**

ข้อเสนอแนะ :

---



---



---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้พัฒนาและปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลทางประสาทสัมผัสเพื่อหาลักษณะของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค้ก  
 ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

**คำชี้แจง**

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์โดยทดสอบสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม แล้วให้คะแนนโดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ให้ตรงกับช่องคะแนนที่ท่านต้องการ

9 = ชอบมากที่สุด	6 = ชอบเล็กน้อย	3 = ไม่ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก	5 = เฉยๆ	2 = ไม่ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะที่ประเมิน	หมายเลขตัวอย่าง	คะแนน									
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	
สี											
กลิ่น											
รสชาติ											
ลักษณะเนื้อสัมผัส											
ความชอบโดยรวม											

ข้อเสนอแนะ : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2.3 แบบทดสอบการประเมินผลทางประสาทสัมผัสที่ใช้ประเมินผลระหว่างเค็กเนยสดสูตร  
ควบคุม และเค็กเนยสดที่ทดแทนไขมันแล้ว

แบบการทดสอบวิธีการเลือกตัวอย่างค้จากสามตัวอย่าง (Triangle Test)

ของผลิตภัณฑ์บัตเตอร์เค็ก

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

**คำชี้แจง**

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เสนอ ตามลำดับจากซ้ายไปขวา โดยจะมี 3 ตัวอย่างเป็นตัวอย่างที่  
เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง จงเขียนวงกลมล้อมรอบตัวอย่างที่แตกต่าง กรุณาเว้นปากกระหว่างตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ :

---



---



---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. วิเคราะห์ทางเคมี

#### 3.1 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

##### อุปกรณ์

- เครื่องสกัดไขมันรุ่น S 306 AK

##### วิธีการทดลอง

1. นำสารตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นที่ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น ชั่งสารตัวอย่างนี้ 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียด ทศนิยมไม่น้อยกว่า 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้

2. อบบีกเกอร์ ที่ 105 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกัน ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น ชั่งบีกเกอร์ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด บันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้

3. สามารถเลือกใส่สารตัวอย่างลงใน extraction thimble ได้ 2 แบบ ดังนี้

3.1 นำสารที่ปราศจากไขมัน เกือบบางๆ รองที่ก้นของ extraction thimble ก่อนชั่งสารตัวอย่างใส่ลงไป กรณีที่ไม่ต้องการตัวอย่างแล้ว ให้ห่อสารตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง จะช่วยให้ทำความสะอาดง่าย เมื่อทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว

3.2 ชั่งสารตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียดแล้ว ห่อสารตัวอย่างด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากไขมันพับใส่ใน extraction thimble เพื่อทำการสกัดหาปริมาณไขมันต่อไป

4. เทตัวทำละลาย (ส่วนมากใช้ ปิโตรเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร) ลงในบีกเกอร์ นำ extraction thimble ประกอบเข้ากับที่ยึด (holder) วางลงในบีกเกอร์แล้วนำไปประกอบเข้ากับ เครื่องวิเคราะห์ไขมัน รุ่น S 306 AK

5. เครื่องจะทำงานด้วยระบบอัตโนมัติตั้งแต่ยกบีกเกอร์ลง จนกระทั่งสกัดเสร็จสิ้นสมบูรณ์

6. ทิ้งตัวอย่างที่สกัดเสร็จแล้วไว้ให้เย็นสักครู่ จึงนำบีกเกอร์ที่มีคราบไขมันสีเหลืองอ่อน (ขึ้นอยู่กับสารตัวอย่าง) ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องในโถอบความชื้น จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด บันทึกน้ำหนักที่ชั่งไว้

##### การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การวิเคราะห์ใยอาหารที่เพิ่มขึ้น

ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นหาได้จากการคำนวณโดย

$$\frac{\text{น้ำหนักเนยสด}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}} = \frac{\text{น้ำหนักเนยสดทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักเล็กทั้งหมด}} \times 100$$

ในการทดลองใช้สารอินนูลินที่ความเข้มข้น 40% ทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 35% ของน้ำหนักเนยสด และผงอินนูลิน 100 กรัม มีใยอาหาร 92 กรัม

$$\frac{\text{น้ำหนักครีมอินนูลินที่ใช้}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}} = \frac{35}{100} \times \frac{\text{น้ำหนักเนยสด}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}}$$

$$\frac{\text{ผงอินนูลินที่ใช้}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}} = \frac{40}{100} \times \frac{\text{น้ำหนักครีมอินนูลินที่ใช้}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}}$$

$$\frac{\text{น้ำหนักใยอาหารที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}} = \frac{92}{100} \times \frac{\text{ผงอินนูลินที่ใช้}}{\text{ต่อ กิโลกรัม 100 กรัม}}$$

## ภาคผนวก ข

## ผลการทดลองจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

1. ผลการศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่กว้างโดยใช้ครีมอินนูลินที่ความเข้มข้น 40% ทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านกลิ่นเนยสดของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BUTTER

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	506.517 <sup>a</sup>	5	101.303	24.560	.000
Intercept	6612.900	1	6612.900	1603.239	.000
INULIN	506.066	3	168.689	40.897	.000
DAY	.452	2	.226	.055	.947
Error	965.183	234	4.125		
Total	8084.600	240			
Corrected Total	1471.700	239			

a. R Squared = .344 (Adjusted R Squared = .330)

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านรสชาติของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FLAVOR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	680.459 <sup>a</sup>	5	136.092	34.771	.000
Intercept	7664.790	1	7664.790	1958.334	.000
INULIN	679.296	3	226.432	57.853	.000
DAY	1.163	2	.581	.149	.862
Error	915.860	234	3.914		
Total	9261.110	240			
Corrected Total	1596.320	239			

a. R Squared = .426 (Adjusted R Squared = .414)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความหยาบของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GRITTY

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	771.222 <sup>a</sup>	5	154.244	10.170	.000
Intercept	8124.721	1	8124.721	535.696	.000
INULIN	760.954	3	253.651	16.724	.000
DAY	10.268	2	5.134	.339	.713
Error	3548.997	234	15.167		
Total	12444.940	240			
Corrected Total	4320.219	239			

a. R Squared = .179 (Adjusted R Squared = .161)

ตารางที่ ข.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความแน่นของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FIRMNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	281.324 <sup>a</sup>	5	56.265	13.333	.000
Intercept	9086.012	1	9086.012	2153.141	.000
INULIN	278.309	3	92.770	21.984	.000
DAY	3.015	2	1.508	.357	.700
Error	987.454	234	4.220		
Total	10354.790	240			
Corrected Total	1268.778	239			

a. R Squared = .222 (Adjusted R Squared = .205)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชุ่มของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	648.478 <sup>a</sup>	5	129.696	34.344	.000
Intercept	7166.801	1	7166.801	1897.802	.000
INULIN	612.568	3	204.189	54.070	.000
DAY	35.911	2	17.955	4.755	.009
Error	883.671	234	3.776		
Total	8698.950	240			
Corrected Total	1532.149	239			

a. R Squared = .423 (Adjusted R Squared = .411)

ตารางที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชอบโดยรวมของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 0%, 25%, 50% และ 75%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AFFECT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	739.126 <sup>a</sup>	5	147.825	39.392	.000
Intercept	7445.196	1	7445.196	1983.981	.000
INULIN	735.144	3	245.048	65.300	.000
DAY	3.982	2	1.991	.531	.589
Error	878.121	234	3.753		
Total	9062.444	240			
Corrected Total	1617.247	239			

a. R Squared = .457 (Adjusted R Squared = .445)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลศึกษาการทดแทนไขมันในขอบเขตที่แคบลงโดยใช้ครีมอินนูลินที่ความเข้มข้น 40% ทดแทนเนยสดในอัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

ตารางที่ ข.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านกลิ่นเนยสดของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: BUTTER

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12.187 <sup>a</sup>	5	2.437	.556	.734
Intercept	7319.522	1	7319.522	1668.988	.000
INULIN	10.116	3	3.372	.769	.512
DAY	2.070	2	1.035	.236	.790
Error	1026.232	234	4.386		
Total	8357.940	240			
Corrected Total	1038.419	239			

a. R Squared = .012 (Adjusted R Squared = -.009)

ตารางที่ ข.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านรสชาติของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: FLAVOR

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	85.164 <sup>a</sup>	5	17.033	4.461	.001
Intercept	8749.545	1	8749.545	2291.378	.000
INULIN	42.911	3	14.304	3.746	.012
DAY	42.254	2	21.127	5.533	.004
Error	893.521	234	3.818		
Total	9728.230	240			
Corrected Total	978.685	239			

a. R Squared = .087 (Adjusted R Squared = .068)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความหยาบของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GRITTY

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	49.237 <sup>a</sup>	5	9.847	2.539	.029
Intercept	8833.067	1	8833.067	2277.676	.000
DAY	21.834	2	10.917	2.815	.062
INULIN	27.402	3	9.134	2.355	.073
Error	907.477	234	3.878		
Total	9789.780	240			
Corrected Total	956.713	239			

a. R Squared = .051 (Adjusted R Squared = .031)

ตารางที่ ข.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความแน่นของเด็กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FIRMNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.437 <sup>a</sup>	5	5.087	1.426	.215
Intercept	9302.640	1	9302.640	2608.331	.000
DAY	2.370	2	1.185	.332	.718
INULIN	23.066	3	7.689	2.156	.094
Error	834.563	234	3.567		
Total	10162.640	240			
Corrected Total	860.000	239			

a. R Squared = .030 (Adjusted R Squared = .009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชุ่มของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MOISTURE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	51.161 <sup>a</sup>	5	10.232	2.853	.016
Intercept	8608.828	1	8608.828	2400.602	.000
DAY	34.730	2	17.365	4.842	.009
INULIN	16.431	3	5.477	1.527	.208
Error	839.150	234	3.586		
Total	9499.140	240			
Corrected Total	890.312	239			

a. R Squared = .057 (Adjusted R Squared = .037)

ตารางที่ ข.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านความชอบโดยรวมของเค้กเนยสด ที่อัตราส่วน 25%, 30%, 35% และ 40%

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AFFECT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	85.864 <sup>a</sup>	5	17.173	5.077	.000
Intercept	9151.350	1	9151.350	2705.770	.000
DAY	34.077	2	17.039	5.038	.007
INULIN	51.787	3	17.262	5.104	.002
Error	791.426	234	3.382		
Total	10028.640	240			
Corrected Total	877.290	239			

a. R Squared = .098 (Adjusted R Squared = .079)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในผลิตภัณฑ์อาหาร

#### การวิเคราะห์ปริมาณอินนูลินในผลิตภัณฑ์อาหาร

วิธีวิเคราะห์ได้ถูกพัฒนาเพื่อหาปริมาณอินนูลินในพืช และผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากอินนูลินไม่สามารถตรวจสอบได้จากวิธี AOAC Total Dietary Fiber Method (AOAC 985.29) ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั่วไป เนื่องจากอินนูลินมีค่าน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำจึงไม่สามารถตกตะกอนในขั้นตอนทดสอบใยอาหารชนิดละลายน้ำจากวิธีนี้ได้

วิธีวิเคราะห์ที่ถูกพัฒนาใหม่นี้เรียกว่า AOAC method 997.08 หรือ AOAC Fructan Method วิธีนี้ใช้เอนไซม์อินนูลินเนส (inulinase) ทำปฏิกิริยากับอาหารที่ต้องการทดสอบ อินนูลินจะถูกสกัดออกจากอาหารโดยใช้น้ำร้อน ขั้นตอนแรก สารละลายจะถูกเก็บไว้เป็นตัวอย่างชนิดแรก ขั้นตอนที่สอง สารละลายจะถูกสกัดออกโดยจะถูกไฮโดรไลซ์ โดยเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (amylglucosidase) ตัวอย่างที่ถูกไฮโดรไลซ์จะถูกเก็บเป็นตัวอย่างชนิดที่สอง และขั้นตอนสุดท้ายตัวอย่างที่ถูกไฮโดรไลซ์แล้วจะถูกไฮโดรไลซ์ต่อโดยเอนไซม์อินนูลินเนส (Fructozyme SP 230) เก็บเป็นตัวอย่างที่สาม น้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส จะถูกตรวจสอบจากตัวอย่างทั้ง 3 โดยใช้ capillary gas chromatography (CGC) หรือ high-performance liquid chromatography (HPLC) หรือ preferably high-performance anion exchange chromatography - pulse amperometric detection (HPAEC-PAD)

ปริมาณอินนูลินจะถูกคำนวณได้โดยหักเอาน้ำตาลที่พบในตัวอย่างของส่วนที่ 1 และ 2 ออกจากส่วนที่ 3 โดยจำนวนน้ำตาลที่เหลืออยู่คือปริมาณอินนูลินที่มีในอาหาร



## ภาคผนวก ง

### สถานภาพทางกฎหมายและการแสดงฉลากโภชนาการ

#### สถานภาพทางกฎหมาย

สำหรับประเทศไทย อินนูลินจัดเป็นอาหารตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เมื่อนำไปใช้ในสูตรอาหารการแสดงฉลากโภชนาการจะแสดงเป็นปริมาณใยอาหาร โดยใช้ค่าผลรวมของวิธีวิเคราะห์ทั้งสองวิธีดังกล่าวข้างต้น การกล่าวอ้างในลักษณะหน้าที่ของสารอาหารที่มีต่อร่างกายกระทำได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 (พ.ศ.2541) เรื่อง ฉลากโภชนาการ

#### การแสดงฉลากโภชนาการ

อินนูลินเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ชนิดหนึ่ง ดังนั้นอินนูลินจึงถูกจัดกลุ่มทางกฎหมายว่าเป็นใยอาหาร ซึ่งเป็นที่ยอมรับของทุกประเทศในยุโรปและประเทศอื่นๆ ในหลายประเทศ ใยอาหารจะถูกกำหนดให้มีการแสดงปริมาณใยอาหารบนฉลากอาหาร ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง โดยทั่วไปประเทศต่าง ๆ จะใช้การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดของ AOAC เป็นมาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด( AOAC Total Dietary Fiber Method) นั้นไม่สามารถตรวจหาปริมาณของอินนูลินได้ และสามารถวิเคราะห์ได้เล็กน้อยจากการทำ The Englyst methods ( Van Loo 1995 ) ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีเฉพาะเจาะจงคือ the specific AOAC Fructan method ซึ่งผ่านการรับรองโดย AOAC Internation ในปี 1997 เรียกวิธีวิเคราะห์นี้ว่า AOAC Fructan Method 997.08 ซึ่งค่าที่ได้จากวิธีดังกล่าวนี้จะนำมารวมกันกับค่าที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ของ AOAC จะเท่ากับค่าที่แสดงในฉลากอาหาร

ปริมาณใยอาหารที่ฉลาก ควรจะเป็นค่ารวมของปริมาณใยอาหารจากวิธีวิเคราะห์ AOAC Total Dietary Fiber Method กับปริมาณของใยอาหารจากวิธีวิเคราะห์ AOAC Fructan Method

## หลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหาร

1. การกล่าวอ้างทางโภชนาการ (Nutrition claim) หมายถึง การแสดงข้อความหรือข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของอาหารนั้น เช่น การระบุถึงปริมาณของพลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ตลอดจนวิตามินหรือเกลือแร่ต่าง ๆ การกล่าวอ้างทางโภชนาการแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การกล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร (Nutrient content claim) การกล่าวอ้างปริมาณ โดยเปรียบเทียบ (Comparative claim) และการกล่าวอ้างหน้าที่ของสารอาหาร (Nutrient function claim)

1.1 การกล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร (Nutrient content claim) คือ การกล่าวอ้างถึงระดับ (level) ของสารอาหารหรือพลังงานในอาหารนั้น เช่น “เป็นแหล่งของแคลเซียม (source of calcium)” “มีปริมาณใยอาหารสูงและไขมันต่ำ (high in fiber and low in fat)” เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม่อนุญาตการกล่าวอ้าง “ปราศจาก” หรือ “ต่ำ” หากอาหารนั้นหรืออาหารชนิดนั้นโดยธรรมชาติทั่วไปเป็นไปตามเงื่อนไขอยู่แล้วโดยมิได้มีการใช้กระบวนการผลิตพิเศษ มีกระบวนการปรับโดยเฉพาะ หรือมีการปรับสูตรเพื่อให้อาหารนั้นมีปริมาณสารอาหารที่จะกล่าวอ้างลดลงจนเป็นไปตามเงื่อนไข เนื่องจากจะทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่าอาหารจากผู้ผลิตนั้นแต่เพียงผู้เดียวที่มีคุณสมบัตินี้ ตัวอย่างเช่น ไม่อนุญาตให้น้ำบริโภคแสดงข้อความ “ปราศจากพลังงาน” หรือ “ไขมันต่ำ” เนื่องจากน้ำบริโภคทั่วไปจากผู้ผลิตทุกรายก็มีคุณสมบัตินี้ด้วย ในทางกลับกัน หากอาหารจากผู้ผลิตรายหนึ่งมีการปรับสูตรหรือใช้วัตถุดิบที่แตกต่างไปจากปกติทั่วไปจนสารอาหารที่จะกล่าวอ้างมีปริมาณที่เป็นไปตามเงื่อนไขแล้ว อาหารนั้นก็สามารถกล่าวอ้างว่า “ปราศจาก” หรือ “ต่ำ” ได้

ตารางที่ ง.1 เจือปนไขมันการกล่าวอ้างทางโภชนาการในด้านไขมัน โดยใช้เกณฑ์ ต่อ 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร

พลังงาน สารอาหาร	ข้อกล่าวอ้าง	เจือปนไขมัน	
		ต่ออาหาร 100 กรัม (ของแข็ง)	ต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร (ของเหลว)
ไขมันทั้งหมด	1. ปราศจาก 2. ไม่มี 3. free 4. without 5. free of 6. no	ไม่เกิน 0.5 กรัม  และ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการ กล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร	ไม่เกิน 0.5 กรัม  และ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการกล่าว อ้างปริมาณสารอาหาร
	1. ต่ำ 2. low	ไม่เกิน 3 กรัม  และ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการ กล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร	ไม่เกิน 1.5 กรัม  และ ต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขในการกล่าว อ้างปริมาณสารอาหาร
	1. ลดปริมาณลง 2. น้อยกว่า 3. reduced 4. reduced in 5. less, less than 6. lower 7. lower in	1. ลดไขมันทั้งหมดลงเมื่อ เทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่ เป็นอาหารชนิดเดียวกัน หรือคล้ายคลึงกัน โดยลด ลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป  และ 2. ปริมาณ ไขมันทั้งหมดที่ลด ลงจะต้องไม่น้อยกว่า 3 กรัมด้วย	1. ลด ไขมันทั้งหมดลงเมื่อเทียบกับ ผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิด เดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยลด ลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป  และ 2. ปริมาณ ไขมันทั้งหมดที่ลดลงจะ ต้องไม่น้อยกว่า 1.5 กรัมด้วย

ที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่องฉลากโภชนาการ(2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการกล่าวอ้างทางโภชนาการในด้านโภชนาการ โดยใช้เกณฑ์ ต่อ 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร

พลังงาน สารอาหาร	ข้อกล่าวอ้าง	เงื่อนไข	
		ต่ออาหาร 100 กรัม (ของแข็ง)	ต่ออาหาร 100 มิลลิลิตร (ของเหลว)
ใยอาหาร	1. เป็นแหล่งของ 2. มี 3. good source 4. contain 5. provide	ไม่น้อยกว่า 3 ก. ต่ออาหาร 100 ก. หรือ ไม่น้อยกว่า 1.5 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี	ไม่น้อยกว่า 1.5 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี
	1. สูง 2. อุดม 3. high 4. rich 5. rich in	ไม่น้อยกว่า 6 ก. ต่ออาหาร 100 ก. หรือ ไม่น้อยกว่า 3 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี	ไม่น้อยกว่า 3 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี
	1. เสริม 2. เพิ่ม 3. มากกว่า 4. increased 5. more than 6. added 7. enriched 8. fortified	1. เพิ่มใยอาหารขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และ 2. ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 3 ก. ด้วย	1. เพิ่มใยอาหารขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และ 2. ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่น้อยกว่า 1.5 ก. ต่อพลังงาน 100 กิโลแคลอรี

ที่มา: ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่องฉลากโภชนาการ(2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก จ**  
**การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย**

**ตาราง จ.1** เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำเค้กระหว่างสูตรควบคุมกับสูตรที่มีการทดแทนไขมัน

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)	ราคา	ราคา/กรัม	Control	Inulin 35%
แป้งสาลี	1000	38	0.038	$0.038 \times 190 = 7.220$	$0.038 \times 190 = 7.220$
น้ำตาลทราย	1000	15	0.015	$0.015 \times 175 = 2.625$	$0.015 \times 185 = 2.775$
เนยสด	227	38	0.167	$0.167 \times 167.5 = 27.97$	$0.167 \times 108.8 = 18.169$
ครีมอินนูลิน	1000	100	0.100	-	$0.1 \times 58.6 = 5.86$
นมสด	180	10	0.055	$0.055 \times 110 = 6.05$	$0.055 \times 110 = 6.05$
ไข่ไก่	50	4	0.080	$0.080 \times 100 = 8$	$0.080 \times 125 = 10$
ผงฟู	100	18	0.180	$0.180 \times 6 = 1.08$	$0.180 \times 9 = 1.62$
เกลือป่น	500	5	0.010	$0.010 \times 0.75 = 0.0075$	$0.010 \times 0.75 = 0.0075$
กลิ่นวานิลลา	60	20	0.330	$0.330 \times 5.25 = 1.7325$	$0.330 \times 7 = 2.31$
			ราคารวม	54.685 บาท	54.0015 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง

นางสาว ปวีณา เดชากรณ์ เกิดวันที่ 22 กันยายน 2526 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียน นวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ในปีการศึกษา 2543 และศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ที่โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2544 และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีในปีการศึกษา 2547

นาย อนันต์ ถักษณะอัมพร เกิดวันที่ 29 เมษายน 2526 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียน บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ในปีการศึกษา 2543 และศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ที่โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2544 และจบการศึกษาระดับปริญญาตรีในปีการศึกษา 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้