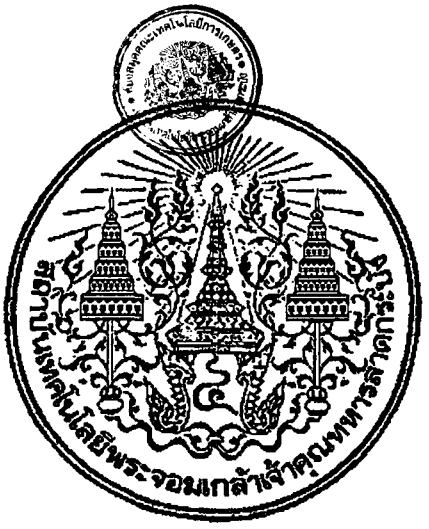


ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

[Feasibility Study of Beverage Production from Rice]

โดย

นางสาวชลนิชา มหาเรือนขวัญ รหัสประจำตัว 39042069

นายไชยศักดิ์ พงษาพันธ์ รหัสประจำตัว 39042070

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Chaokuntaharn Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

[Feasibility Study of Beverage Production from Rice]

โดย

นางสาวชลนิชา มหาเรือนขวัญ รหัสประจำตัว 39042069
นายไชยศักดิ์ พงษาพันธ์ รหัสประจำตัว 39042070

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

( )

..../...../..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

-7 ก.ค. 2541 หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ปพ.
ช224ก
2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15472

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

(FEASIBILITY STUDY OF BEVERAGE PRODUCTION FROM RICE)

T096852

นางสาวชลนิชา มหาเรือนขวัญ

นายไชยศักดิ์ พงษาพันธ์

ปพ.
ร221ก
2541

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน. 96852

วัน,เดือน,ปี - 5 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชลนิชา มหาเรือนขวัญ และ ไชยศักดิ์ พงษาพันธ์. 2541. : การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว (FEASIBILITY STUDY OF BEVERAGE PRODUCTION FROM RICE). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง.

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวโดยการย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase พบว่าข้าวเจ้าเป็นข้าวที่ถูกย่อยได้ดีกว่าข้าวเหนียวและข้าวเจ้า โดยปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.15 ของน้ำหนักข้าว สภาวะของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยข้าวพบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสมีอัตราการย่อยที่ให้ค่า DE สูงกว่าการย่อยที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงเลือดใช้อุณหภูมิในการย่อยที่ 80 องศาเซลเซียสซึ่งให้ค่า DE ใกล้เคียงกลับการย่อยที่ 90 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้ข้าวเจ้าร้อยละ 30 ปริมาณเอนไซม์ α-amylase ร้อยละ 0.15 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วทดสอบการยอมรับของผู้ชิม พบว่าผู้ชิมมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีค่า DE ร้อยละ 4.1 และมีการเติมไขมันร้อยละ 1

ชลนิชา มหาเรือนขวัญ

(นางสาวชลนิชา มหาเรือนขวัญ)

.....	.....	.....
(นายไชยศักดิ์ พงษาพันธ์)	(ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง)	วัน เดือน ปี
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จและสมบูรณ์ด้วยความกรุณาของอาจารย์ ดร.บุญเทียม พันธุ์เพ็ง อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ชี้แนะ แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ชมพูนุท สีห์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ รวมถึงต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และอาจารย์อัชชา วงศ์เจริญสถิตย์ ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ธุรการ และนักวิทยาศาสตร์ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีต่าง ๆ ขอขอบคุณพี่นาง ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือห้องเบเกอรี่ ขอขอบคุณภูริวัฒน์ และคุณอนุศักดิ์ ที่เอื้อเฟื้ออิมัลซิไฟเออร์และเฟเวอร์ และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจตลอดมา ขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนมาโดยตลอดและทำให้มีวันนี้ และขอขอบคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรที่เปิดโอกาสในการศึกษาให้กับนักศึกษาต่อเนื่อง

ชลนิชา มหาเรือนขวัญ

ไชยศักดิ์ พงษาพันธ์

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ช
กิตติกรรมประกาศ	ซ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	18
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	27
ภาคผนวก ข	30
ภาคผนวก ค	32
ภาคผนวก ง	33
ภาคผนวก จ	35
ประวัติผู้เขียน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ชื่อทางวิทยาศาสตร์ของข้าวชนิดต่าง ๆ	2
2.	องค์ประกอบทางเคมีและพลังงานโดยเฉลี่ยของเมล็ดธัญพืช	3
3.	ค่าสมมูลเดกซ์โตรสของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยข้าวชนิดต่าง ๆ ด้วยเอนไซม์	18
4.	ผลการทดลองการยอมรับของผู้ชิมต่อค่าสมมูลเดกซ์โตรสของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กัน	21
5.	ผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์	21
6.	ค่าสมมูลเดกซ์โตรสของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ในปริมาณต่าง ๆ	32
7.	ค่าสมมูลเดกซ์โตรสที่เวลาในการย่อยต่าง ๆ กันในสภาวะอุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียสโดยใช้ข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบและใช้เอนไซม์ในปริมาณร้อยละ 0.15	32
8.	ค่าสมมูลเดกซ์โตรสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ใช้เวลาในการย่อยต่าง ๆ กัน	32
9.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์	33
10.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์	33
11.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อความยอมรับรวมของค่าสมมูลเดกซ์โตรส	33
12.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์	34
13.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์	34
14.	ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อความยอมรับรวบของผลิตภัณฑ์ของปริมาณไขมัน	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	โครงสร้างของอะมัยโลส	4
2.	โครงสร้างของอะมัยโลเพคติน	4
3.	การเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์อะมัยเลสในการย่อยส่วนที่เป็นอัมัยโลส	6
4.	การเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์อะมัยเลสในการย่อยส่วนที่เป็นอะมัยโลเพคติน	7
5.	ผลผลิตการย่อยสลายแป้งด้วยอะมัยเลสทั้ง 3 ชนิด	7
6.	โครงสร้างของโอลิโกซัคคาไรด์	9
7.	ขั้นตอนการทดลองหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยมากที่สุด	13
8.	ขั้นตอนการหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าว	14
9.	ขั้นตอนการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์	15
10.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมมูลเดกซ์โตรสกับปริมาณเอนไซม์	18
11.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมมูลเดกซ์โตรสกับเวลาในการย่อยข้าวที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ใช้ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 0.15)	19
12.	ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการย่อยที่ระยะเวลาต่าง ๆ	33
13.	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส	33
14.	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเติมไขมันที่เปอร์เซนต์ต่าง ๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่เป็นอาหลักที่สำคัญต่อประชากรของโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจของโลกที่สำคัญ มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยสารอาหารประเภท คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนที่สำคัญ นอกจากนี้ยังให้แคลอรี่หรือพลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งจะเห็นว่าข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญต่อประชากรของโลก แต่ในเมืองไทยประชาชนชาวไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักในรูปแบบของการหุงเป็นข้าวสวยหรือข้าวต้ม ซึ่งจะต้องใช้จานชามและช้อน ส้อม ตะเกียบเป็นอุปกรณ์ในการบริโภค จึงมีการเล็งเห็นว่าถ้าสามารถผลิตเครื่องดื่มจากข้าวซึ่งสามารถบริโภคได้ง่ายกว่าการรับประทานข้าว ซึ่งจะประหยัดเวลาให้กับผู้ที่อยู่ในชั่วโมงเร่งด่วน และเพื่อทดแทนให้กับคนที่ต้องการพลังงานจากข้าวแต่ไม่สามารถรับประทานในรูปของข้าวสุกหรือข้าวสวยได้ โดยที่เครื่องดื่มนี้จะให้พลังงานและสารอาหารจากข้าวทุกประการ เนื่องจากข้าวเป็นธัญพืชที่ประกอบไปด้วยสตาร์ชเป็นส่วนใหญ่ ในการทำผลิตภัณฑ์จึงต้องย่อยข้าวให้เป็นของเหลวอยู่ในรูปของโอลิโกแซคคาไรด์โดยใช้เอนไซม์ α-amylase รวมทั้งการเติมไขมันเพื่อศึกษาผลการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแนวทางในการนำข้าวมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการ
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ α-amylase
3. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าว (RICE)

ข้าวจัดเป็นธัญพืชตระกูลหญ้าใน family: Gramineae มีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ ข้าวไรย์ และข้าวมิลเล็ต ซึ่งแต่ละชนิดมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ (Scientific name) แตกต่างกันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงชื่อทางวิทยาศาสตร์ของข้าวชนิดต่าง ๆ

ธัญพืช	ชื่อทางวิทยาศาสตร์
ข้าวเจ้า	Orysa sativa , Orysa glaberrima
ข้าวสาลี	Triticum sp.
ข้าวโพด	Zea mays , L.
ข้าวฟ่าง	Sorghum vulgare , Pers.
ข้าวโอ๊ต	Avena sativa , Avena byzantina
ข้าวบาเลย์	Hordeum vulgare , Hordeum distichum
ข้าวไรย์	Secale cereale
ข้าวมิลเล็ท	Panicum milliaceum , Setaria italica , Echinochloa crusgalli var. frumentacea , Elevsine coracana , Pastalum scrobiculatum.

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา (2535)

ในด้านโภชนาการ ข้าวเป็นพืชอาหารที่มีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท และ โปรตีนที่สำคัญ นอกจากนี้ยังให้แคลอรีหรือพลังงานแก่ร่างกาย โดยข้าวแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารอาหารที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานโดยเฉลี่ยของเมล็ดธัญพืช

ชนิดของเมล็ดธัญพืช	ความชื้น (%)	คาร์โบไฮเดรท (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	กากอาหาร (%)	พลังงาน (แคลอรีต่อ 100 กรัม)
ข้าวโพด	11	72	10	4	2	352
ข้าวสาลี	11	69	13	2	3	340
ข้าวเจ้า	11	65	8	2	9	310
ข้าวฟ่าง	11	70	12	4	2	384
ข้าวบาร์เลย์	14	63	12	2	6	321
ข้าวไรย์	11	71	12	2	2	321
ข้าวโอ๊ต	13	58	10	5	10	317

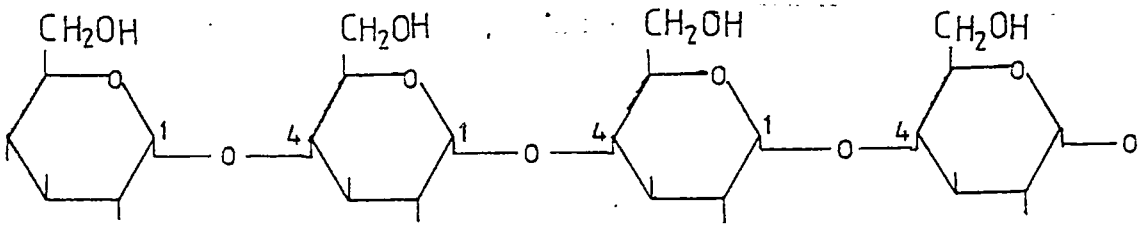
ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา (2535)

ข้าวยังประกอบไปด้วยกรดไขมันและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายรวมทั้งวิตามินต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น Thaiamine, Riboflavin, Niacin, Pyridoxin, Vitamin A, vitamin E (Tocopherol) และมีเกลือแร่ต่าง ๆ มากมาย เช่น ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญต่อประชากรของโลก อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมาย

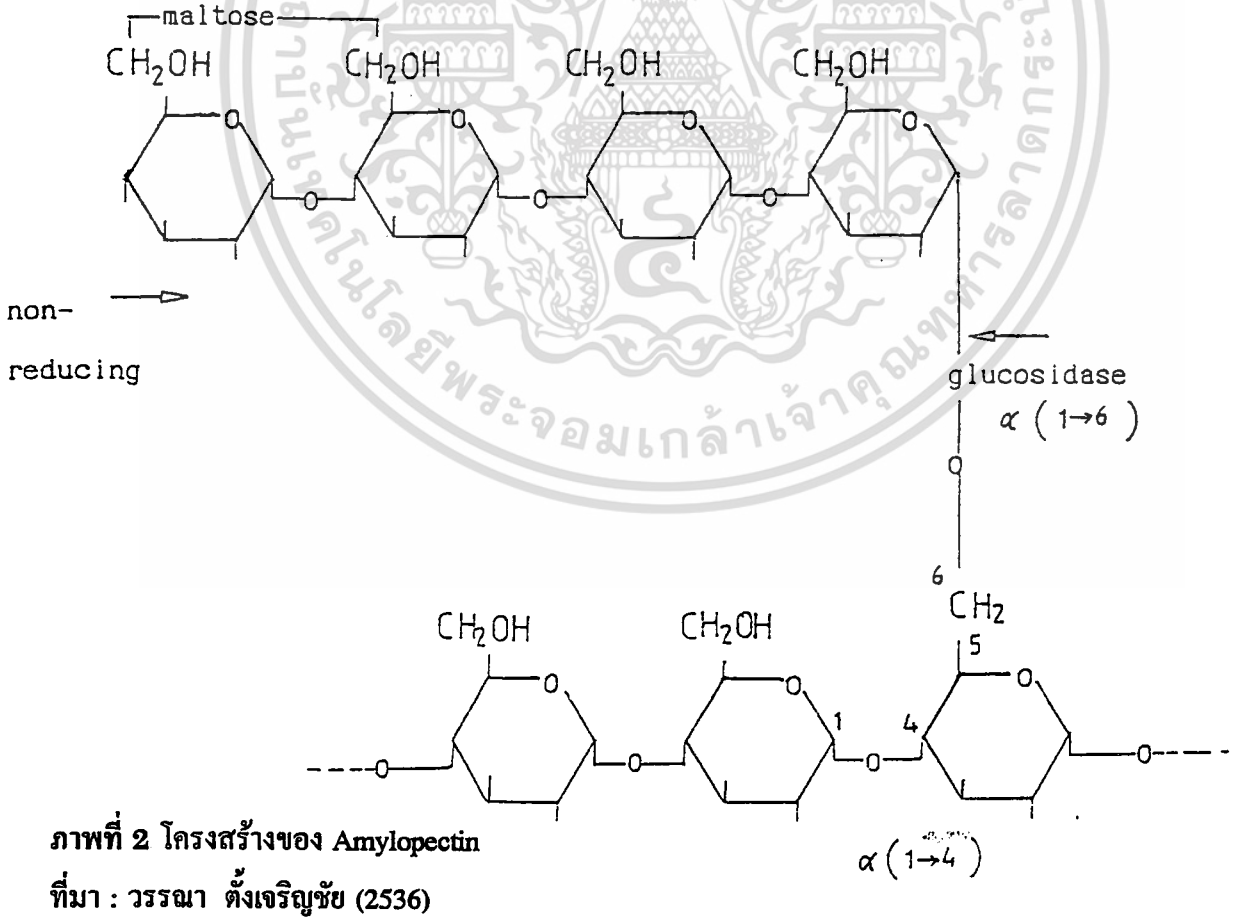
ในเมล็ดข้าวมีแป้งประมาณร้อยละ 90 ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ amylose เป็นสตาร์ชส่วนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นโมเลกุลของ glucose ที่เป็นสายโซ่ตรง (linear polymer) เกาะกันด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic (ภาพที่ 1) และ amylopectin เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลเป็นโพลีเมอร์ที่แตกแขนง (branched chain polymer) เกาะกันด้วยพันธะ α-1,6 glucosidic (ภาพที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



non-
reducing
end

ภาพที่ 1 โครงสร้างของ Amylose
ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของ Amylopectin
ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างของ Amylose และ Amylopectin จะเห็นได้ว่าการที่เราจะทำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวได้เราต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์เพื่อย่อยข้าวให้อยู่ในรูปของโอลิโกแซคคาไรด์

2.2 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยแป้ง

เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสับสเตรทจำพวกแป้ง ไกลโคเจน คือเอนไซม์อะมัยเลส (Amylase) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด รายละเอียดของอะมัยเลสแค่ละชนิดมีดังนี้

2.2.1 α-amylase

มีชื่อสามัญว่า diastase และมีชื่อตามระบบว่า α-1,4-glucan 4-glucanohydrolase, EC 3.2.1.1 ตัวอย่างเอนไซม์ α-amylase ทางการค้าคือ Termamyl® ของบริษัท NOVO พบทั่วไปทั้งในอาณาจักรพืชและอาณาจักรสัตว์ ตลอดทั้งในคน จะพบในส่วนของน้ำลาย ตับอ่อน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายแป้ง เป็นโอลิโก- และ ได-แซคคาไรด์ ซึ่งจะถูกย่อยต่อในลำไส้เล็กก่อนที่จะซึมผ่านผนังลำไส้สู่ร่างกายเป็นเอนไซม์ที่มีมวลโมเลกุลประมาณ 50,000 มี Ca^{2+} 1 ตัวต่อเอนไซม์ 1 โมเลกุล จะถูกกระตุ้นด้วยฮาโลเจนอิออน เช่น Cl^- , Br^- , F^- มีค่า pK ของหมู่แตกอิออนได้ในบริเวณเร่งอยู่ที่ 6.5-8.0 ซึ่งหมู่ที่ว่านี้อาจเป็นหมู่อิมิดาโซล หรือหมู่อะมิโน

ลักษณะสำคัญของเอนไซม์ในการย่อยสลายก็คือ เจาะจงต่อการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลของแป้งที่ α-1,4 ในลักษณะตัดภายในสายโพลิเมอร์อย่างอิสระ (endo-splitting amylase) ได้ผลผลิตเป็น glucan และ limit dextrin ที่มีหน่วยกลูโคสประมาณ 2-6 หน่วย และยังคงมี configuration เดิม (α-configuration)

2.2.2 β-amylase

มีชื่อเรียกตามระบบว่า α-1,4-glucan maltohydrolase, EC 3.2.1.2 ซึ่งพบทั่วไปในพืชชั้นสูง เช่น ข้าวบาร์เลย์ในลักษณะกำลังงอกเป็นข้าวมอลท์, ข้าวสาลี, ข้าวไรย์, ถั่วเหลืองและมันเทศ และมักพบร่วมกับ α-amylase มี pH optimum ที่ 5.6 จากการพิจารณาจาก pH activity profile มีลักษณะแบบรูประฆังคว่ำ ที่มีหมู่ที่แตกอิออนได้ที่บริเวณเร่งอยู่ 2 หมู่ คือ pK_1 = 2.5-3.5 และ pK_2 = 8.0-8.5 นอกจากนี้มีสารพวกซัลไฟดริล (Sulphydryl reagents) เป็นตัวยับยั้งหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือมีหมู่ซัลไฟดริลอยู่ในบริเวณเร่ง

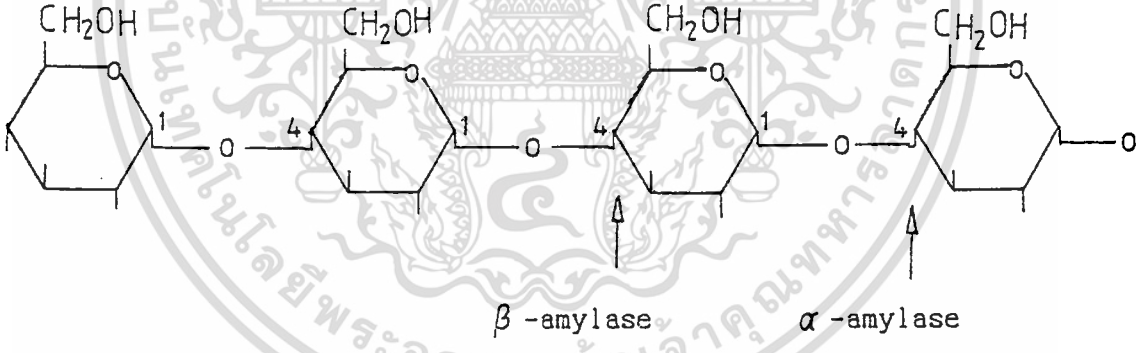
ปฏิกิริยาการย่อยสลายของ β-amylase จะเจาะจงต่อพันธะไกลโคซิลของแป้งที่ α-1,4 ในลักษณะการตัดสายโพลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบจากปลายสาย ด้านไม่มีหมู่รีดิวซ์ เข้าสู่ภายในสายไปที่ละหน่วยของมอลโตส หรือทีละ 2 หน่วยของกลูโคส และจะหยุดปฏิกิริยาที่พันธะไกลโคซิลที่ α-1,6 ดังนั้นผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งหรือไกลโคเจนจะเป็น glucan และ limit dextrin และส่วนใหญ่เป็นมอลโตสที่มี configuration ต่างไปจากเดิมคือได้ β-configuration หรือ β-maltose

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Glucoamylase

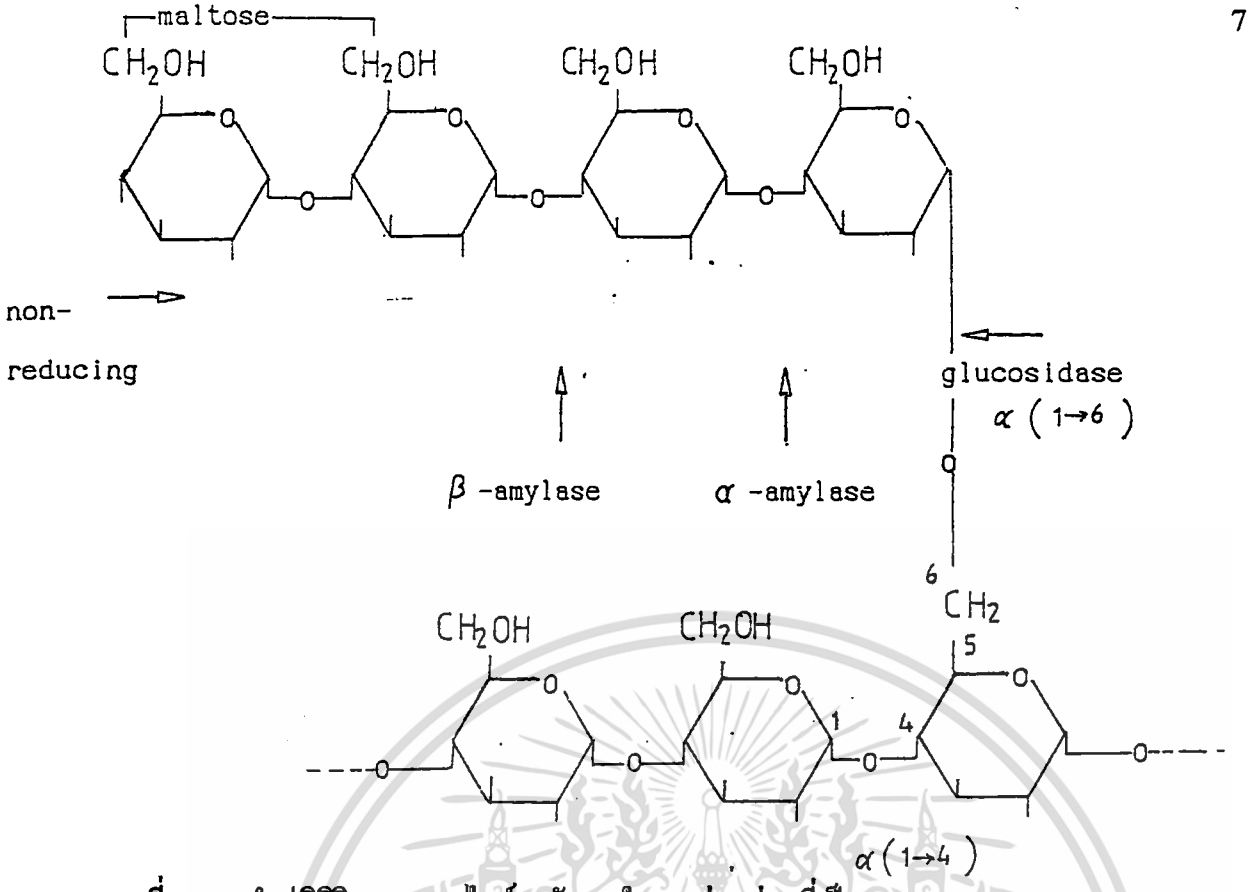
มีชื่อเรียกตามระบบว่า α-1,4-glucan glucohydrolase, EC 3.2.1.3 เป็นเอนไซม์ที่พบทั่วไปในจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา มี pH optimum ที่ 4.0-4.4 และมีหมู่ไวปฏิกิริยา 2 หมู่คือที่ pK_1 = 2.9 และ pK_2 = 5.9 ลักษณะที่สำคัญของปฏิกิริยาการย่อยสลายแป้งก็คือ สามารถย่อยสลายได้หลายพันธะ ไม่ว่าจะเป็นพันธะไกลโคซิลที่เป็น α-1,4, α-1,6 และ α-1,3 โดยพันธะ α-1,6 และ α-1,3 จะถูกย่อยได้ช้ากว่า α-1,4 การตัดสายโพลิเมอร์จะเหมือนกับ β-amylase แต่ตัดปลายสายเข้าไปทีละ 1 หน่วยของกลูโคส ดังนั้นผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นกลูโคสที่มี configuration ต่างไปจากเดิม คือได้ β-configuration หรือ β-glucose และส่วนของ glucan, limit dextrin

ลักษณะการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ β-amylase และ α-amylase ในการย่อย amylose ดังในภาพที่ 3 และในการย่อย amylopectin ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่วนการย่อยสลายโมเลกุลของแป้งด้วยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด ดังในภาพที่ 5



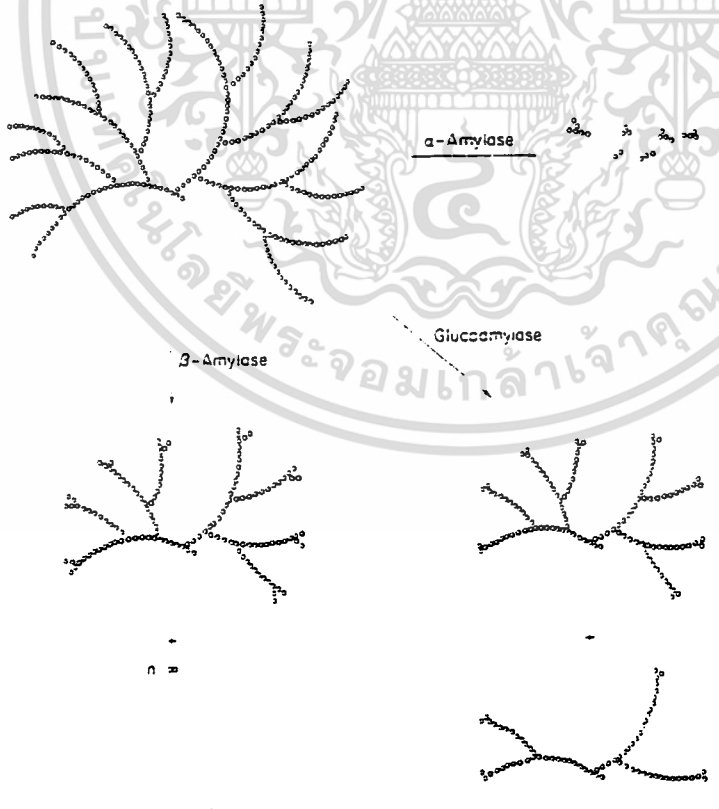
ภาพที่ 3 การเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์อะมัยเลสในการย่อยส่วนที่เป็น Amylose
ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 การทำปฏิกิริยาของเอนไซม์อะมัยเลสในการย่อยส่วนที่เป็น Amylopectin

ที่มา : วรรณา ตั้งเจริญชัย (2536)



ภาพที่ 5 ผลผลิตการย่อยสลายแป้งด้วยอะมัยเลสทั้ง 3 ชนิด

ที่มา : ปราณี อ่านเปรื่อง (2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

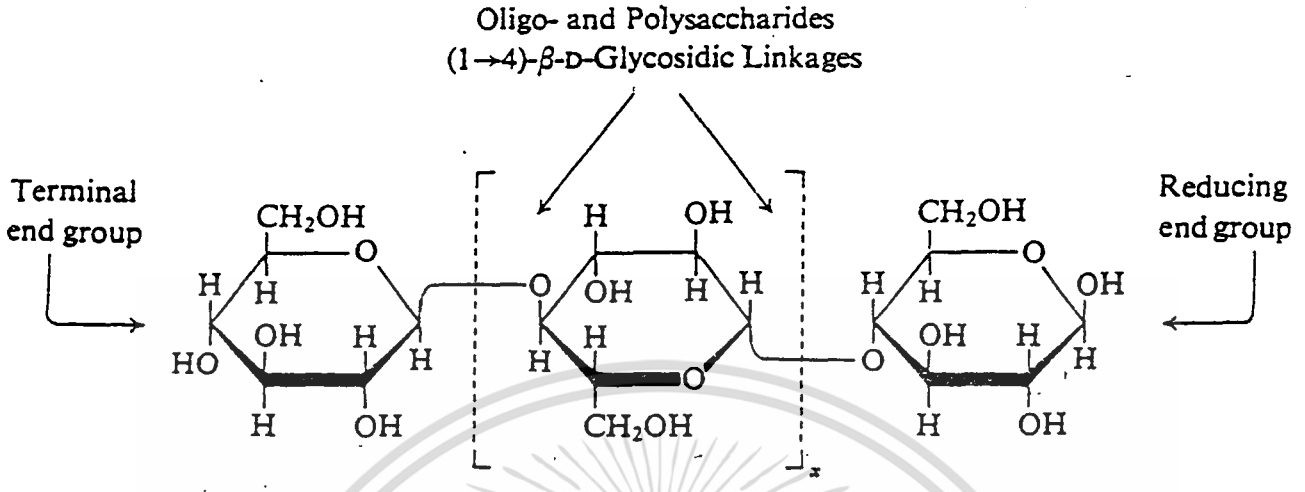
2.3 ข้อดีของการใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร

1. เอนไซม์มีความจำเพาะต่อปฏิกิริยาในการเปลี่ยนสับสเตรทไปเป็นผลิตภัณฑ์ จึงไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียง (side reaction) อื่น ๆ และสารอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการ จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง
2. เอนไซม์ไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภคเนื่องจากเป็นสารที่มีอยู่แล้วในสิ่งที่มีชีวิต และใช้เพียงเล็กน้อยเติมลงในอาหาร เอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้าเพื่อใช้ในอาหาร (food grade) จะได้รับการตรวจสอบและรับรองความปลอดภัยจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น FAO WHO
3. การใช้เอนไซม์เป็นการประหยัดพลังงานเนื่องจากเอนไซม์สามารถเร่งให้ปฏิกิริยาดำเนินไปได้ในสภาวะที่ไม่รุนแรง (mild condition) เช่น ใช้ความร้อน ความดัน ความเป็นกรด-ด่าง และสารเคมี ต่ำกว่าการใช้ปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและการลงทุนในการใช้เครื่องมือชนิดพิเศษที่มีความคงทนต่อปฏิกิริยาทางเคมี ความร้อน ความดัน
4. ในแง่ของกระบวนการผลิต การใช้เอนไซม์สามารถให้ปฏิกิริยาที่รวดเร็วโดยใช้เอนไซม์เพียงเล็กน้อย สามารถควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาได้โดยใช้ความร้อน ความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของเอนไซม์ที่เหมาะสม เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจนถึงจุดที่ต้องการแล้วก็สามารถหยุดปฏิกิริยาได้รวดเร็วโดยการปรับความเป็นกรด-ด่างและเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น
5. สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเลอเลิศ (sophisticate) ซึ่งไม่สามารถผลิตได้ด้วยวิธีอื่น หรือต้องใช้วิธีการสลับซับซ้อนและมีต้นทุนสูง เช่น การผลิต cyclodextrin เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ทำให้ได้น้ำผลไม้มีสีกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสดีเป็นเลิศ และยังช่วยให้การสกัด และการกรองน้ำผลไม้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่ได้มีความคงตัวดีกว่าวิธีอื่น ๆ

2.4 โอลิโกซัคคาไรด์ (Oligosaccharide)

จากหนังสือ The Carbohydrates, Chemistry and Biochemistry second edition (volume IA), Ward Pigman and Derek Horton 1972 ได้ให้คำจำกัดความของโอลิโกซัคคาไรด์ไว้ คือ โอลิโกซัคคาไรด์จะประกอบไปด้วยกลูโส 2-10 โมเลกุล ส่วนโพลีซัคคาไรด์จะประกอบไปด้วยกลูโคส 10 โมเลกุลขึ้นไป ดังภาพที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7

Polysaccharide: x is large (greater than 8 and usually 100 to 2000).
Oligosaccharides: x is small (0 to 8).
Disaccharide (biose), $x = 0$
Trisaccharide (triose), $x = 1$
Tetrasaccharide (tetraose), $x = 2$
Pentasaccharide (pentaose), $x = 3$

ภาพที่ 6 โครงสร้างของโอลิโกซัคคาไรด์

ที่มา : Ward Pigman and Derek Horton (1972)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- ข้าวเจ้า (ขาวตาแห้ง)
- ข้าวเหนียว (เขี้ยวงู)
- ข้าวกล้อง (ขาวตาแห้ง)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

- เครื่องปั่น
- บีกเกอร์
- ชุดไตเตรต
- Water bath
- Hot plate
- Volumetric flask
- Aluminium can
- Dessicator
- pipet
- Erlenmeyer flask
- กระบอกตวง
- กระดาษกรองใยแก้ว
- กระดาษวัด pH
- กรวยกรอง
- หลอดหยด
- แท่งแก้ว
- ช้อนตักสาร
- หลอดหยด
- ขวดเก็บสารเคมี
- ตู้อบลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

1. Sodium Hydroxide
2. Hydrochloric acid
3. Potassium sodium tartrate
4. Glucose anhydrous
5. Methylene blue
6. Copper sulfate
7. Emulsifying agent (TW-S120)
8. Kieselguhr
9. Termamyl 120L
10. กลิ่นวนิลา
11. น้ำมันถั่วเหลือง

3.4 วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u>

1. การทดลองหาแนวทางในการผลิตเครื่องดื่ม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดลองคือ

1.1 การทดลองเพื่อหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase ได้มากที่สุด

1.2 การทดลองเพื่อหาปริมาณเอนไซม์ α-amylase ที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยข้าว

1.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์ α-amylase ในการย่อยข้าว

<u>ตอนที่ 2</u>

2. การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ

2.1 การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อค่าสมมูลเดกซ์โตรส (Dextrose equivalent, DE) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

2.2 การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อปริมาณไขมันที่เติมลงในผลิตภัณฑ์

ในแต่ละการทดลองมีรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบจะใช้ข้าวดิบนำข้าวตั วอย่างมาบดละเอียดโดยใช้เครื่องบด (Blender) ใช้เวลาในการบดประมาณ 10 นาที ต่อข้าว 100 กรัม หลังจากบดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 30, 40 และ 50 mesh เพื่อแยกขนาด พบว่าข้าว 100 กรัมหลังจากบดแล้วมีขนาดต่าง ๆ ในปริมาณดังนี้

ขนาด 30 mesh ปริมาณ 30 เปอร์เซนต์

ขนาด 40 mesh ปริมาณ 40 เปอร์เซนต์

ขนาด 50 mesh ปริมาณ 20 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด ใหญ่กว่า 30 mesh ปริมาณ 10 เปอร์เซนต์

จากผลที่ได้จะพบว่าข้าวที่มีขนาด 30 และ 40 mesh รวมกันจะมีประมาณ 70 เปอร์เซนต์ดังนั้นจึงนำข้าวที่มีขนาดในช่วง 30-40 mesh ไปใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นการควบคุมการทดลองไม่ให้คลาดเคลื่อน เนื่องจากเมล็ดข้าวที่ไม่เท่ากัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. การทดลองหาแนวทางในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

1.1 ทดลองหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase ได้มากที่สุด

ขั้นตอนการทดลองดังแสดงในภาพที่ 7 ดังนี้

1.1.1 เตรียมตัวอย่างข้าวทั้ง 3 ชนิด (ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวกล้อง)จำนวนอย่างละ 2 ชุด โดยใช้ปริมาณข้าว 30 กรัม ต่อ น้ำ 70 มิลลิลิตร ในการทดลองมีการใช้ตัวอย่างข้าวทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากข้าวแต่ละชนิดมีโครงสร้างทางเคมีต่างกัน ทำให้ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ α-amylase ได้ไม่เท่ากันคือ

ข้าวเจ้าถูกย่อยได้ง่ายด้วยเอนไซม์ α-amylase

ข้าวเหนียวถูกย่อยได้ยากด้วยเอนไซม์ β-amylase

ข้าวกล้องถูกกย่อยได้ยากเพราะโปรตีนในผลิตภัณฑ์

1.1.2 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 1.1.1 เติมเอนไซม์ โดยที่ชุดหนึ่งเติมอีกชุดหนึ่งไม่เติมเอนไซม์ ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้คือ 0.1 เปอร์เซนต์ (ต่อน้ำหนักข้าว) คนตัวอย่างให้เข้ากัน

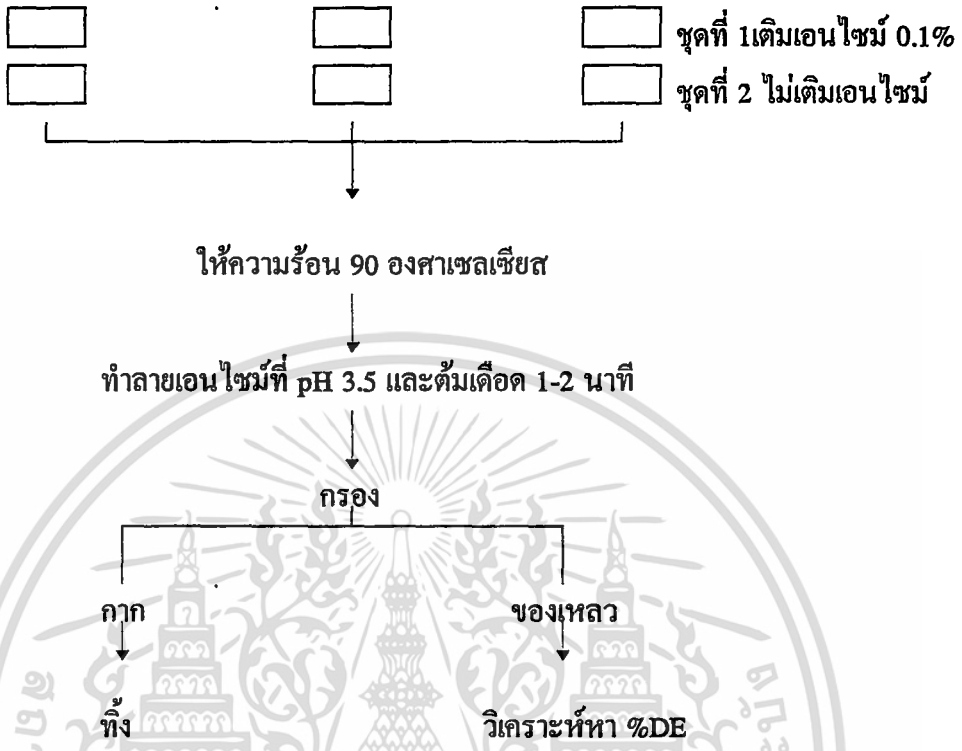
1.1.3 นำตัวอย่างข้าวที่เตรียมไว้ทั้งหมดไปให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส โดยใช้ water bath เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในระหว่างการย่อยนี้ ต้องมีการคนตัวอย่างเป็นระยะ ๆ เพื่อช่วยให้เอนไซม์กระจายตัวอย่างทั่วถึงทำให้การทำงานของเอนไซม์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.1.4 นำตัวอย่างที่ถูกย่อยครบเวลา 3 ชั่วโมงมาปรับค่าพีเอชให้ได้ 3.5 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริค นำไปให้ความร้อนบน Hot plate จนกระทั่งเดือดประมาณ 1-2 นาที เพื่อเป็นการทำลายเอนไซม์ การที่ต้องใช้กรดร่วมกับความร้อนในการทำลายเอนไซม์เนื่องจากเอนไซม์ α-amylase มีความคงทนต่อความร้อนได้ถึง 105 องศาเซลเซียส ที่พีเอช 3.5

1.1.5 นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยและทำลายเอนไซม์แล้วมาทำการกรองโดยใช้ผ้าขาวบาง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อปรับพีเอชให้เท่าเดิม คือ 5.6-5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.6 นำตัวอย่างที่ได้จากการย่อยข้าวทั้ง 3 ชนิดไปวิเคราะห์ค่า % DE เพื่อเปรียบเทียบหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยมากที่สุด คัดเลือกข้าวที่ถูกย่อยมากที่สุดไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทดลองหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยมากที่สุด

1.2 ทดลองหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าว

ขั้นตอนการทดลองดังแสดงในภาพที่ 8 ดังนี้

1.2.1 นำข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบมาทำการเตรียมตัวอย่าง

1.2.2 ทดลองโดยใส่ปริมาณเอนไซม์ต่าง ๆ กันดังนี้ 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.25 เปอร์เซนต์ ทำการคนให้กระจายตัวอย่างทั่วถึง

1.2.3 ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งมีตัวอย่างชุดใดชุดหนึ่งมีค่า DE คงที่ ในระหว่างการใช้ความร้อนต้องมีการคนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้เอนไซม์กระจายตัวอย่างทั่วถึง

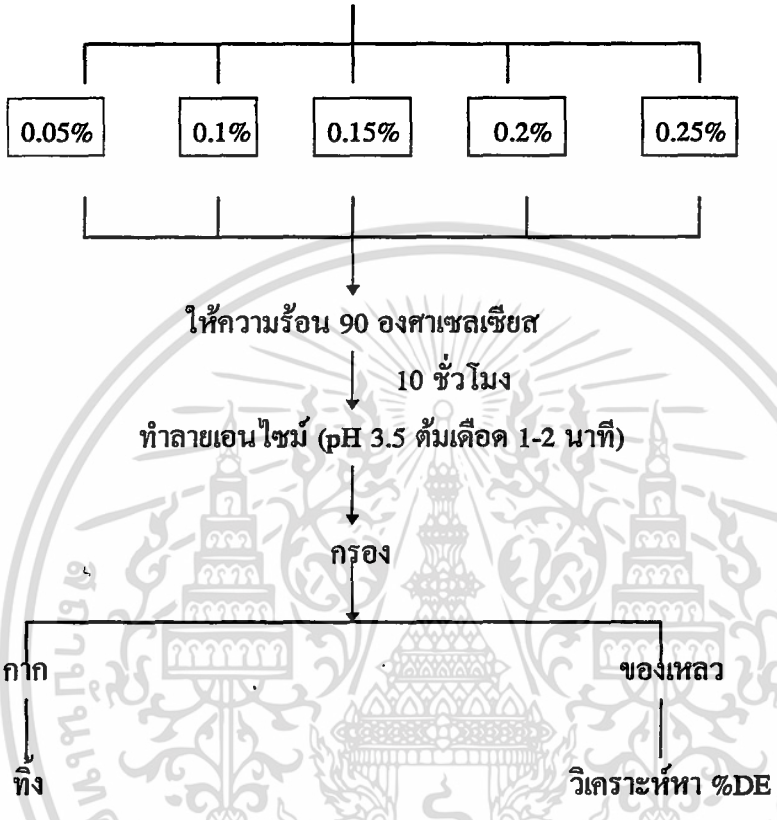
1.2.4 เมื่อครบเวลา ทำการทำลายเอนไซม์ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1.4

1.2.5 กรองแยกเอากากออก เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับค่าพีเอชให้เท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.6 นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หา %DE เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %DE ในตัวอย่าง กับปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยข้าว

1.2.7 ประเมินผลจากกราฟเพื่อเลือกเอนไซม์ในปริมาณที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าว

1.3 ทดลองหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ ขั้นตอนการทดลองดังแสดงในภาพที่ 9 ดังนี้

1.3.1 เตรียมตัวอย่าง

1.3.2 เติมเอนไซม์ ในปริมาณที่ได้จากการทดลองหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม (การทดลองที่ 1.2)

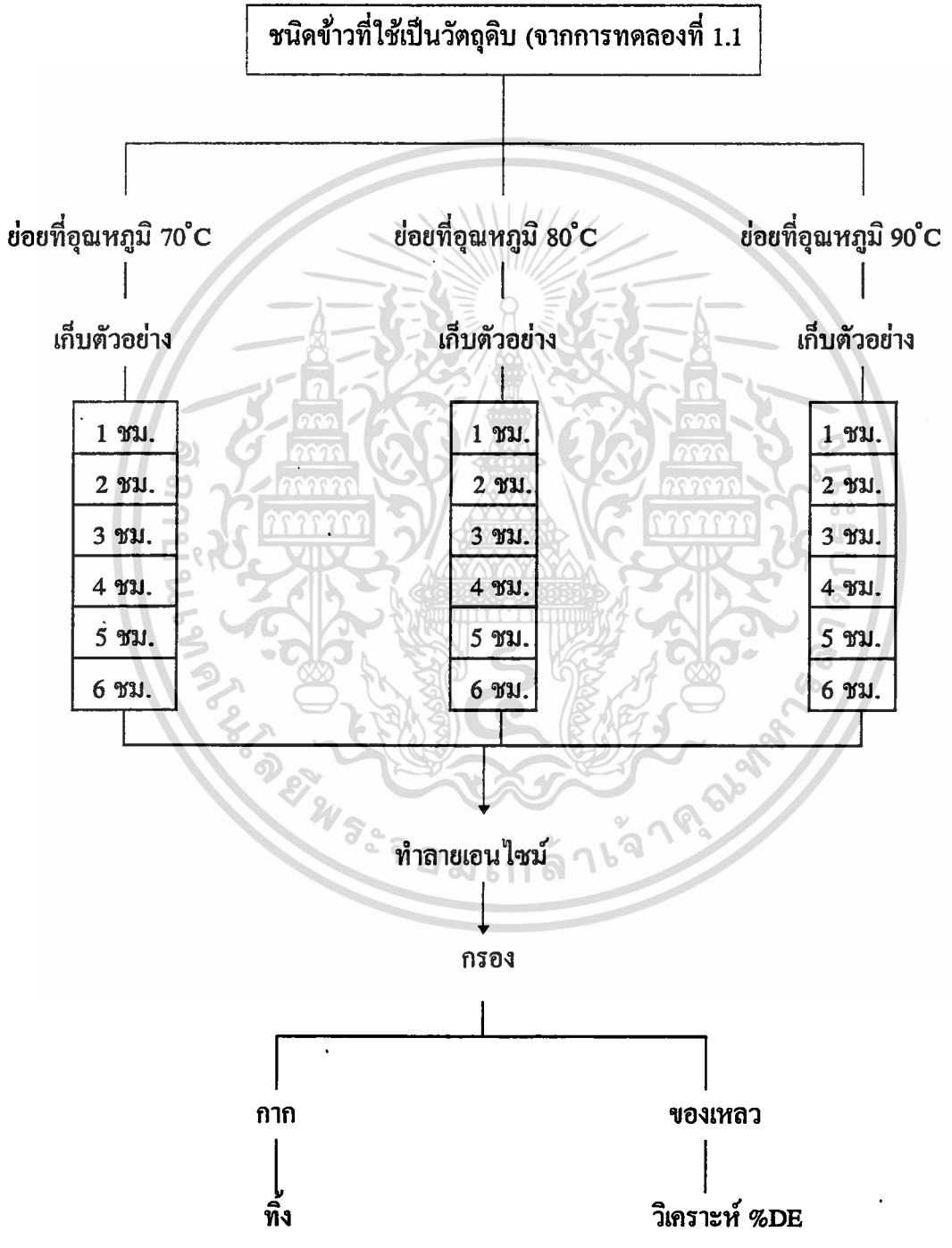
1.3.3 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างทั้ง 3 อุณหภูมิ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์ %DE

1.3.4 เมื่อทำการย่อยจนครบเวลาที่กำหนด ทำการทำลายเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 กรองแยกกากออก ในส่วนของเหลวนำไปปรับค่าพีเอชให้เป็นกลาง

1.3.6 นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ %DE บันทึกผล เขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง %DE กับเวลาที่ใช้ย่อยที่อุณหภูมิต่าง ๆ ประเมินผลเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะ สมในการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์ โดยสังเกตลักษณะของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยโดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ และดูอัตราการเพิ่มของ %DE ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ



ภาพที่ 9 การทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าวด้วยเอนไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

2.1 ทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อค่าสมมูลเดกซ์โตรสของผลิตภัณฑ์

เนื่องจากค่าสมมูลเดกซ์โตรสที่แตกต่างกันมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวมีความแตกต่างกันในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส คือรสชาติของผลิตภัณฑ์จะมีความหวานมากขึ้น เมื่อค่าสมมูลเดกซ์โตรสในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น สำหรับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะค่อนข้างเหลวมากขึ้นเมื่อค่าสมมูลเดกซ์โตรสในผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมต่อผลตภัณฑ์ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โตรสในปริมาณที่ต่าง ๆ กัน

2.1.1 เตรียมตัวอย่าง ทำการย่อยโดยใช้ปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม (ได้จากการทดลอง 1.2)

2.1.2 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (ได้จากการทดลองที่ 1.3)

2.1.4 ทำการแปรผันค่า %DE โดยใช้ระยะเวลาในการย่อยเป็นตัวกำหนด %DE เวลาที่ใช้ในการย่อยคือ 4, 5 และ 6 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาในการย่อยแล้วให้ทำลายเอนไซม์ กรอง และนำสารละลายที่ได้ไปใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

2.1.5 ใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Scoring test 7 score (Hedonic scale) ประเมินความชอบรวมของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์

2.1.6 ประเมินผลโดยเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีค่า %DE เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมากที่สุด

2.2 ทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ทดสอบเพื่อทำการเปรียบเทียบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำมันถั่วเหลืองในปริมาณต่าง ๆ กัน และผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมไขมัน การเติมไขมันลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะด้านรสชาติและลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสที่มี ความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมไขมัน โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 เตรียมตัวอย่างโดยนำผลิตภัณฑ์ที่มี %DE เป็นที่ยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด มาเติมไขมันในปริมาณ 1, 2 และ 3 เปอร์เซนต์ ก่อนจะเติมไขมันจะต้องใส่ Emulsifying agent (คือ TW-S120 ปริมาณ 0.1-0.4%) โดยผสมให้เข้ากันกับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงเติมไขมันในปริมาณที่กำหนดผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่น ประมาณ 15-20 นาที (ไขมันที่ใช้คือน้ำถั่วเหลือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ทำการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมไขมัน และไม่เติมไขมัน โดยใช้วิธีทดสอบเหมือนกับข้อ 2.1 ประเมินผลโดยเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96852

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การหาแนวทางในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

1.1 การทดลองหาชนิดของข้าวที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ได้มากที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงค่าสมมูลเดกซ์โตรสของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยข้าวชนิดต่าง ๆ ด้วย Termamyl

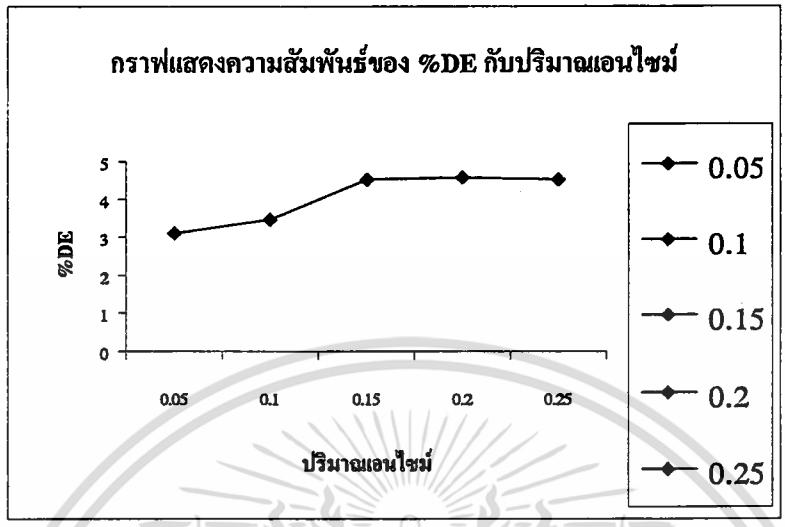
ชนิดข้าว	ค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)	
	ใช้ Termamyl 0.1%	ไม่ใช้ Termamyl
ข้าวเหนียว	2.29	0.02
ข้าวเจ้า	2.82	0.03
ข้าวกล้อง	1.98	0.01

จากตารางที่ 3 จะพบว่าค่าสมมูลเดกโตรสของตัวอย่างที่ใช้ข้าวชนิดต่าง ๆ กันคือข้าวเหนียว ข้าวเจ้า และข้าวกล้อง มีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากเอนไซม์มีความสามารถในการย่อยข้าวแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เพราะในข้าวแต่ละชนิดมีส่วนประกอบที่เป็นอะมัยโลสและอะมัยโลเปกตินไม่เท่ากัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ข้าวเจ้าซึ่งมีโครงสร้างทางเคมีของแป้ง ในเมล็ดเป็นอะมัยโลสที่มีการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic linkage เป็นจำนวนมาก จึงถูกย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟา-อะมัยเลสได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวซึ่งมีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นอะมัยโลเปกตินซึ่งมี α-1,6 glucosidic linkageที่จุดแตกแขนงของโมเลกุลซึ่ง α-amylase ย่อยไม่ได้ ส่วนข้าวกล้องมีการถูกย่อยได้ไม่ดี อาจเนื่องมาจากในข้าวกล้องมีส่วนที่เป็นกาก อยู่มากกว่าข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

ดังนั้นควรจะเลือกข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเครื่องดื่ม และการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การทดลองหาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าว

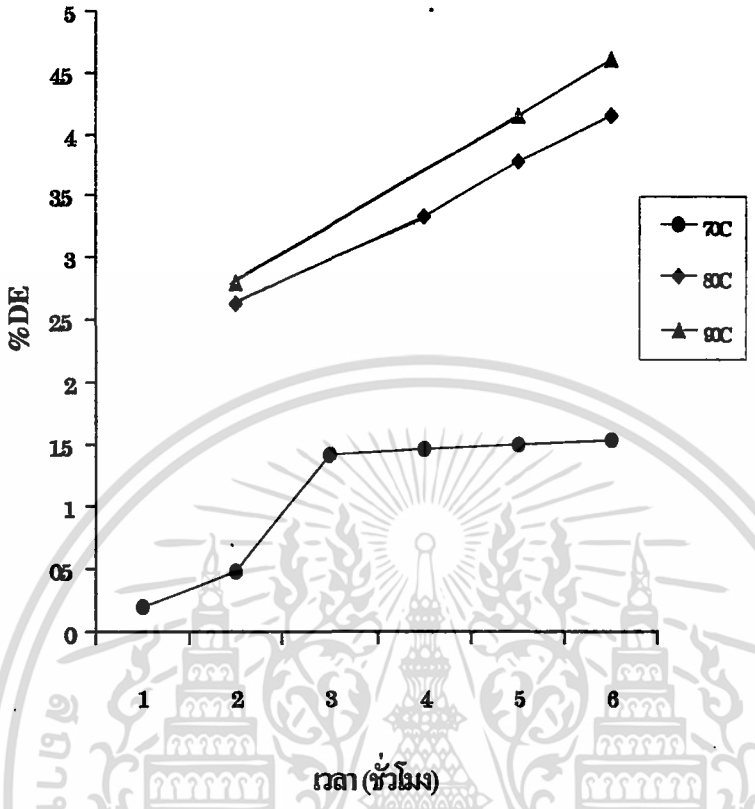


ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเดกซ์โตรสสมมูล (%DE) กับปริมาณเอนไซม์ Termamyl ในการย่อยข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 และภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าสมมูลเดกซ์โตรสีค่าต่ำ และค่อย ๆ สูงขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์สูงขึ้น ซึ่งมีค่าสูงสุดที่ปริมาณเอนไซม์ 0.15% และเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์มากกว่า 0.15% เปอร์เซนต์ พบว่าค่าสมมูลเดกซ์โตรสมีค่าคงที่ไม่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแป้งในข้าวถูกย่อยจนหมดแล้ว ไม่สามารถถูกย่อยได้ค่า %DE มากไปกว่านี้ ในการที่จะใช้ปริมาณเอนไซม์สูงกว่า 0.15% ก็จะเป็นการสิ้นเปลืองและสูญเปล่า ดังนั้นปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าวคือ 0.15% ซึ่งจะใช้ในการผลิตเครื่องดื่มและการทดลองขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การทดลองหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยข้าว



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %DE กับเวลาในการย่อยข้าว โดยใช้เอนไซม์ Termamyl 0.15% ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากภาพที่ 11 พบว่าเมื่อทำการย่อยเป็นเวลาเพิ่มมากขึ้น ค่าสมมูลเดกซ์โตรสจะค่อย ๆ สูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ย่อย เนื่องจากข้าวถูกย่อยเป็นน้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบการย่อยที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ กันคือ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอัตราการเพิ่มของค่าสมมูลเดกซ์โตรส หรือความชันของกราฟจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าดูจากผลดังกล่าวแล้วจะเห็นว่าควรจะเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยข้าวคือ 90 องศาเซลเซียสเนื่องจากมีอัตราการเพิ่มและให้ค่าสมมูลเดกซ์โตรสสูงสุดแต่จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้ จากการย่อยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสจะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม ส่วนการย่อยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะได้ %DE ที่ต่ำกว่าการย่อยที่ 90 องศาเซลเซียสเล็กน้อย ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ส่วนการย่อยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสพบว่าจะมีการเพิ่มของค่า %DE ในช่วงแรก และในช่วงหลังของการย่อยมีค่า %DE ค่อนข้างคงที่อาจเนื่องมาจากยังมีเมล็ดข้าวที่ไม่เกิดการเจลาติไนส์หลงเหลืออยู่ เพราะข้าวที่มีขนาดเมล็ดเล็ก ๆ จะต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเกิดเจลาติไนส์อย่างสมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15472

ทำให้การย่อยข้าวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีค่า %DE ต่ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้ที่อุณหภูมิในการย่อยเป็น 80 องศาเซลเซียส ในการทำผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อค่าสมมูลเดกซ์โตรสของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างที่ / สิ่งที่ทดสอบ	1	2	3
รสชาติ	c 3.33	b 4.933	a 5.066
ความชอบรวม	c 3.0	b 5.2	a 5.73

หมายเหตุ ตัวอักษร(a b c) ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการย่อย 4 ชั่วโมง หรือมีค่าสมมูลเดกซ์โตรสประมาณ 3 เปอร์เซนต์ มีลักษณะข้นหนืดมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยที่ 5 และ 6 ชั่ว โมง ซึ่ง มีลักษณะเหลวกว่าไม่ข้นมาก

2.2 ทดสอบการยอมรับของผู้ชิมที่มีต่อปริมาณไขมันที่เติมลงในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ปริมาณไขมัน (%) / สิ่งที่ทดสอบ	0%	1%	2%	3%
เนื้อสัมผัส	c 4.53	a 6.20	b 4.99	d 3.66
ลักษณะปรากฏ	d 4.2	a 5.33	b 4.86	c 4.73
ความชอบรวม	b 5.06	a 6.20	c 4.60	d 3.33

หมายเหตุ ตัวอักษร(a b c) ที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

LSD จากการเติมไขมันพบว่ามื่อเติมไขมันลงในผลิตภัณฑ์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีความขุ่น และมีความมันมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ได้เติมไขมัน

ผู้ชิมที่ใช้จำนวน 15 คน เป็นนักศึกษาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร (ต่อเนื่อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การทดลองหาแนวทางในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว

จากผลการทดลองสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวได้ดังนี้ คือ ข้าวที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบคือ ข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเจ้ามีการถูกย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟา-อะมัยเลส ให้ได้เป็นโอลิโกซัคคาไรด์และเดกซ์ตริน ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากที่สุด สามารถดูได้จากค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)ที่มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดอื่น ๆ ปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยข้าวคือ 0.15 เปอร์เซนต์ เป็นระดับเอนไซม์ที่สามารถย่อยข้าวให้มีค่าสมมูลเดกซ์โตรสสูงสุดและเป็นปริมาณที่ไม่มากเกินไป เนื่องจากว่าปริมาณแป้งในข้าวเจ้าที่มีปริมาณหนึ่ง สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์จนหมดแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด ไม่สามารถเพิ่มขึ้นสูงกว่านี้ นอกเสียจากจะมีการเพิ่มปริมาณแป้งให้สูงขึ้นอีก และการทดลองหาสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ ยอมรับคือมีสีขาวขุ่น ไม่เกิดสีน้ำตาล ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการเพิ่มของค่าสมมูลเดกซ์โตรสจะน้อยกว่าที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แต่การย่อยข้าวที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดการ browning ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม ส่วนการย่อยที่ 70 องศาเซลเซียสจะได้ค่าสมมูลเดกซ์โตรสต่ำเกินไป

5.1.2 การทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

จากการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวได้ผลดังนี้คือ ผู้ชิมมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โตรสเท่ากับ 4.1 มากที่สุด ในการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบด้านความชอบรวมของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้คือ 5.73 หรือประมาณ 6 เป็นระดับที่ชอบปานกลาง ส่วนการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อปริมาณไขมันที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โตรสเท่ากับ 4 พบว่าผู้ชิมยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันอยู่ 1 เปอร์เซนต์มากที่สุด ค่าเฉลี่ยคะแนนคือ 6.2 เป็นระดับความชอบปานกลาง

ดังนั้นจากการทดลองทั้งหมด สรุปว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าว เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทดสอบมีการยอมรับของผู้ชิมต่อผลิตภัณฑ์ ควรเพิ่มจำนวนผู้ชิมให้สูงมากขึ้น และใช้ผู้ชิมหลาย ๆ กลุ่ม เช่นผู้ชิมที่ผ่านการฝึกผน ผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน กลุ่มของวัยรุ่น กลุ่มของคนทำงาน กลุ่มของคนชรา และเพศเป็นต้น เพื่อเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทำการผลิตในระดับอุตสาหกรรมและศึกษาถึงกลุ่มลูกค้าหรือผู้บริโภคได้

5.2.2 ในการทดลองหรือการผลิตเครื่องดื่มที่มีการใช้เอนไซม์ทุกครั้งควรจะมีการวัดค่า Activity ของเอนไซม์ทุกครั้ง เนื่องจากเอนไซม์ที่มีการเก็บไว้นาน ถึงแม้ว่าจะมีการเก็บในสภาวะที่เหมาะสมก็ตาม เอนไซม์จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การตรวจสอบประสิทธิภาพของเอนไซม์จะช่วยให้การทดลองแต่ละครั้งไม่เกิดการผิดพลาด หรือให้มีการผิดพลาดน้อยที่สุด

5.2.3 วิธีการทดลองและผลการทดลองนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางหรือข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้ในการพัฒนาในขั้นสูงต่อไป คือการทดลองได้กล่าวถึงสิ่งที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ต้องศึกษาถึงสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสม ปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม รวมถึงการวัดการทำงานของเอนไซม์ด้วยการแสดงเป็นค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

บุญเทียม พันธุ์เพ็ง. 2540. การประยุกต์ใช้เอนไซม์ในอาหาร. เอกสารประกอบการสอนวิชาเอนไซม์ทางอาหารขั้นสูง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2535. เอนไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณา ตั้งเจริญชัย.2536. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Ward Pigman and Derek Horton. 1972. The Carbohydrate,Chemistry and Biochemistry second edition. Vol. IA. Academic Press,Inc.. New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ค่าสมมูลเดกซ์โตรส (Dextrose Equivalent,DE)

วิธีวิเคราะห์ค่าสมมูลเดกซ์โตรสที่ใช้กันทั่วไปในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์นั้น อาศัยคุณสมบัติในการที่น้ำตาลนั้นสามารถรีดิวส์เกลือของโลหะ วิธีที่ใช้ต่อไปนี้เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธี Lane and Eynon ซึ่งน้ำตาล dextrose, maltose และน้ำตาลรีดิวส์อื่น ๆ สามารถรีดิวส์ Copper sulphate ในสารละลาย Alkaline tartrate

ค่า Dextrose Equivalent (DE) คือปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ในรูปของน้ำตาลเดกซ์โตรสและคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาณน้ำหนักแห้ง (Dry substance) ของตัวอย่าง

<u>การเตรียมน้ำยา</u>

1. สารละลาย Fehling's Solution :

ก. ละลาย $CuSO_4.5H_2O$ 34.64 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดตวงปริมาตร

ข. ละลาย Potassium sodium tartrate ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$) 173 กรัม และ NaOH 50 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดตวงปริมาตร

ผสมสารละลาย ก. และ ข. ปริมาตรเท่ากัน ให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน แล้วกรองผ่าน Glass wool

ให้ทำการ Standardize ทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ดังนี้

อบน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ ด้วยตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง

การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน ละลายกลูโคส 5.000 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดตวงปริมาตรผสมให้เข้ากัน

ปิเปตสารละลาย Fehling's solution ที่ผสมและทิ้วไว้ 1 วันแล้ว ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน 15 มิลลิลิตร แล้วต้มให้เดือด เติมสารละลาย methylene blue indicator แล้วไตเตรทด้วยสารละลายกลูโคสมาตรฐานจนถึงจุดยุติ ซึ่งสีน้ำเงินของ methylene blue จะหายไป

ปรับความเข้มข้นของ Fehling's solution โดยการทำให้เจือจางลง หรือเติม $CuSO_4.5H_2O$ เพื่อให้ปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทเท่ากับ 12.02 มิลลิลิตร

2. สารละลาย methylene blue indicator : ละลาย methylene blue 1% ในน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ (%Reducing sugar)

ชั่งตัวอย่าง syrup ให้ได้สารละลายที่มีปริมาณน้ำตาลรีดวส์ 1% ถ่ายตัวอย่าง syrup ลงในขวดตวงปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำร้อน ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน

ปิเปตสารละลาย Fehling's solution 25 มิลลิลิตรลงใน erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดโดยใช้ hot plate หรือตะเกียงบุนเซน บรรจุสารละลายตัวอย่างในบิวเรทแล้วนำไปเติมลงในสารละลาย Fehling's solution โดยให้ห่างจากจุดยุติ 0.5 มิลลิลิตร (หาโดยการทดลองไตเตรทหาปริมาตรจนถึงจุดยุติโดยคร่าว ๆ ก่อน) ต้มสารละลายใน flask ให้เดือดพร้อมกับเขย่าเบา ๆ

ต้มให้เดือดเบา ๆ ประมาณ 2 นาที แล้วเติม methylene blue 2 หยด เติมสารละลายตัวอย่าง 2 หยด แล้วต้มให้เดือด ปล่อยให้ตะกอนสีแดงของ cuprous oxide ตกตะกอน และสังเกตุสีของสารละลายที่อยู่เหนือตะกอนว่ายังมีสีฟ้าอยู่หรือไม่ ให้ทำการไตเตรทโดยเร็ว โดยการเติมสารละลายตัวอย่างทีละหยดในขณะที่สารละลาย Fehling's solution กำลังเดือด จนกระทั่งสีฟ้าหายไป ซึ่งเป็นจุดยุติ ของการไตเตรท

วิธีวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (%Dry substance)

หาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างโดย

1. ชั่ง Kieselghur ประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในอลูมิเนียมแคน พร้อมกับแท่งแก้วแท่งสั้น ๆ สำหรับคนให้ตัวอย่างผสมกับ Kieselghur นำไปอบที่ 105°ซ 3 ชั่วโมง นำออกทำให้เย็นใน Dessiccator แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปอบต่อแล้วนำออกมาชั่งทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง (W_1)

2. นำบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่สะอาดและแห้งวางบนเครื่องชั่ง แล้วกดปุ่มปรับเครื่องชั่งให้อ่านน้ำหนักเป็นศูนย์ (Tare) ตักตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม ลงในบีกเกอร์ บันทึกน้ำหนักที่ได้เป็นตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง (W_2)

3. เติมน้ำกลั่นที่ร้อนประมาณ 2 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ในข้อ 2. คนให้ตัวอย่างละลายแล้วใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างใส่ลงในอลูมิเนียมแคนในข้อ 1. ใช้แท่งแก้วคนให้ตัวอย่างกระจายผสมกับ Kieselghur อย่างสม่ำเสมอ ใช้ขวดน้ำล้างฉีดล้างตัวอย่างรอบ ๆ บีกเกอร์ที่ใช้ละลายตัวอย่าง แล้วใช้ปิเปตอันเดิมถ่ายสารละลายมาใส่ในอลูมิเนียมแคน ทำเช่นนี้ 2-3 ครั้งเพื่อถ่ายตัวอย่างที่ติดบีกเกอร์และปิเปตออกมาให้หมด ปริมาตรน้ำที่ใช้ไม่ควรเกิน 5 มิลลิลิตร

4. นำอลูมิเนียมแคนที่มีตัวอย่าง ตามข้อ 3. ไปอบที่อุณหภูมิ 105°ซ นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วใช้แท่งแก้วที่อยู่ในอลูมิเนียมแคนนั้นบดบี้ตัวอย่างที่จับกันเป็นก้อน เบา ๆ ให้กระจายทั่ว ระวังอย่าให้ตัวอย่างหก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเด็น แล้วนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 105°ซ นำออกมาชั่งและบดบี้ทุก ๆ 2 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W_3)

การคำนวณ

$$\%\text{Reducing sugar} = \frac{500\ \text{ml.x}0.1202\text{x}100}{\text{sample titer (ml.)xsample weight (g)}}$$

(คำนวณในรูปของ dextrose)

$$\%\text{Dry substance} = \frac{(W_3-W_1)\ \text{x}\ 100}{W_2}$$

$$\text{Dextrose equivalent} = \frac{\%\text{Reducing sugar x 100}}{\%\text{Dry substance}}$$

หมายเหตุ

1. ในการเตรียมสารละลายตัวอย่างปกติให้ใช้ตัวอย่าง 15 กรัมแล้วเจือจางด้วยน้ำอุ่นปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ในขวดตวงปริมาตร ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างควรให้ค่า Sample titer อยู่ในช่วง 10-15 มิลลิลิตร จึงจะให้ค่าที่ถูกต้อง

2. เพื่อป้องกันการเกิด Oxidation ภายหลังจากการเติม indicator จะต้องไม่เขย่าฟลาก์สที่ร้อนอยู่นั้นนอกเปลวไฟหรือแผ่นให้ความร้อนหรือวางฟลาก์สบนพื้นเย็น

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการไตเตรทนับตั้งแต่ Fehling's solution เริ่มเดือดไม่ควรเกิน 3 นาที และห้ามหยุดต้มในระหว่างการไตเตรท

4. ถ้ามองไม่เห็นจุดยุติชัดเจนให้ใช้ฉากหลังเป็นสีขาว เช่น ใช้กระดาษขาว จะทำให้มองจุดยุติได้ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าว

ผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มจากข้าว

ชื่อผู้ชิม.....

วันที่..... **เวลา**.....

คำแนะนำ

กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้และให้คะแนนตามลำดับคะแนนตามความชอบต่อตัวอย่างที่เสนอให้ กรุณาบ้วนปากระหว่างเปลี่ยนตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง / ลักษณะ				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะและวิจารณ์.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผู้ชิมชิมรสชาติของผลิตภัณฑ์แล้วให้คะแนนโดยพิจารณาตามข้อเสนอแนะต่อไปนี้

<u>คะแนนของคุณลักษณะต่าง ๆ</u>

รสชาติ	7	หวานมากที่สุด	**ลักษณะปรากฏ** 7	ขาวข้นมาก
	6	หวานมาก	6	ขาวข้นปานกลาง
	5	หวานปานกลาง-มาก	5	ขาวข้นน้อย
	4	หวานน้อย-ปานกลาง	4	ขาวเหลว
	3	หวานน้อย	3	เหลืองอ่อนเหลว
	2	หวานน้อยมาก	2	เหลืองเหลวปานกลาง
	1	ไม่หวาน	1	เหลืองเหลวมาก
เนื้อสัมผัส	7	ข้นหนืดมากที่สุด	**ความชอบรวม** 7	ชอบมาก
	6	ข้นหนืดมาก	6	ชอบปานกลาง
	5	ข้นหนืดปานกลาง-มาก	5	ชอบเล็กน้อย
	4	ข้นหนืดน้อย-ปานกลาง	4	เฉย ๆ
	3	ข้นหนืดน้อย	3	ไม่ชอบเล็กน้อย
	2	ข้นหนืดน้อยมาก	2	ไม่ชอบปานกลาง
	1	เหลว	1	ไม่ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ 6 แสดงค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE) ของตัวอย่างที่ได้จากการย่อยข้าวเจ้าด้วยเอนไซม์ Termamyl ในปริมาณต่าง ๆ กัน

ปริมาณเอนไซม์ Termamyl (%)	ค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)
0.05	3.105
0.10	3.486
0.15	4.550
0.20	4.572
0.25	4.502

ตารางที่ 7 แสดงค่าสมมูลเดกซ์โตรสที่เวลาในการย่อยต่าง ๆ กัน ในสภาวะอุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียสโดยใช้ข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบและใช้เอนไซม์ปริมาณ 0.15%

เวลาที่ใช้ย่อย (ชม.)	ค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)		
	70°C	80°C	90°C
1	0.200	1.914	0.822
2	0.485	2.626	2.7915
3	1.4195	3.2105	2.6636
4	1.459	3.333	3.1135
5	1.4975	3.773	4.1465
6	1.5310	4.143	4.599

ตารางที่ 8 แสดงค่าสมมูลเดกซ์โตรสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ใช้เวลาในการย่อยต่าง ๆ

ตัวอย่างที่	เวลาในการย่อยข้าว (ชม.)	ค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)
1	4	3.3
2	5	3.8
3	6	4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่าสมมูลเดกซ์โตรส (%DE)

ตารางที่ 9 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	2	39.5	19.75	9.49**
Error	42	87.5	2.08	
Total	44	127		

** มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมัน 95%

ตารางที่ 10 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อเนื้อสัมผัสของ

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	2	27.91	13.955	7.592**
Error	42	77.2	1.838	
Total	44	105.11		

** มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมัน 95%

ตารางที่ 11 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อความยอมรับรวมของค่าสมมูลเดกซ์โตรส

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	2	62.97	31.48	19.64**
Error	42	67.34	1.603	
Total	44	130.31		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ตารางที่12 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	3	49.4	16.65	15.959**
Error	56	58.4	1.043	
Total	59	108.34		

** มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 13 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	3	9.78	3.26	3.125*
Error	56	58.4	1.043	
Total	59	68.18		

* มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 ตาราง ANOVA แสดงผลการทดสอบการยอมรับของผู้ชิมต่อความยอมรับรวมของปริมาณไขมัน

SOV	DF	SS	MS	F
Treatment	3	63.33	21.11	17.83**
Error	56	68.27	1.183	
Total	59	129.6		

** มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการย่อยที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ภาพที่ 13 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเติมไขมันที่เปอร์เซนต์ต่าง ๆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้