14925

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลัง

OPTIMIZATION OF MALTOSE SYRUP PRODUCTION FROM CASSAVA STARCH

T096605

นายภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู
นายวรพจน์ ดรรชนีกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2540

ปพ.
ภ684ก
2540

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 96605
วัน เดือน ปี.........

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1621

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลัง

OPTIMIZATION OF MALTOSE SYRUP PRODUCTION FROM CASSAVA STARCH

โดย

นายภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู

นายวรพจน์ ตรรชนีกุล

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.... 15 / 5 / 40 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(   )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

....

ผศ. ดร. ระติพร หาเรือนกิจ

(หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2540

ฝพ.
ว1 68 ภ
2539

8 ส.ค. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู และ นายวรพจน์ ดรรชนีกุล 2540 : การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลัง(Optimization of Maltose Syrup Production from Cassava Starch) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. บุญเทียม พันธุ์เพ็ง , 30 หน้า

ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและเบต้าอะไมเลสกับปริมาณระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลังพบว่าปริมาณเอนไซม์และระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยมีผลต่อค่า dextrose equivalent (DE) และคุณสมบัติของซีรัปที่ได้จากการย่อยโดยขั้นตอนการย่อยแป้งให้เป็นเด็กซ์ตริน (dextrinization) ด้วยอัลฟาอะไมเลสที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียสจะต้องปรับปริมาณเอนไซม์และระยะเวลาให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่า DE อยู่ในช่วง 5-10% ต่อจากนั้นทำการย่อยเด็กซ์ตรินให้เป็นปริมาณน้ำตาลมอลโทส (saccharification) ด้วยเบต้าอะไมเลสที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเอนไซม์มีผลต่ออัตราเร็วของการย่อยโดยมีค่า DE ที่จุดสมดุลเท่ากับ 37-40% เมื่อนำเอามอลโทสซีรัปที่ผลิตได้จากการทดลองมาผลิตลูกอมจะพบว่าลูกอมที่ได้มีคุณสมบัติการดูดความชื้นน้อยได้ใกล้เคียงกับลูกอมที่มีคุณภาพดีในท้องตลาด

วรพจน์ ดรรชนีกุล
ภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	14 / 3 / 40 วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่ออาจารย์บุญเทียม พันธุ์เพ็ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่สละเวลาอันมีค่าของท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนวทางต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ อีกทั้งยังขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร. วราวุฒิ ครูส่ง และ อ.วริพัสย์ อารีกุล ที่ท่านได้กรุณาสละเวลารับเป็นกรรมการสอบปัญหาพิเศษนี้ครั้งนี้ด้วย

ขอขอบคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่ได้ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ตัวข้าพเจ้า ขอบใจเพื่อนๆทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ และขอขอบคุณทางสโมสรนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร

ภูริวัฒน์ ศรีปัญญาวิญญู
วรพจน์ ดรรชนีกุล
มีนาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 คุณสมบัติของมอลโทส	2
2.2 คุณลักษณะทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง	2
2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตมอลโทสซีรัป	3
2.4 High Maltose Syrup	3
2.5 การผลิต Maltose Syrup ที่ได้จากการทดลอง	5
2.6 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตมอลโทสซีรัป	7
2.7 การผลิตลูกอม	9
3. อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	10
3.1 วัตถุดิบ	10
3.2 สารเคมี	10
3.3 อุปกรณ์	10
3.4 เครื่องมือ	11
3.5 วิธีการทดลอง	11
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	13
4.1 ปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสในปริมาณที่แตกต่างกันในการย่อยแป้ง 30 %	13
4.2 การใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.005, 0.015, 0.03 % ในการย่อยน้ำแป้ง 30 % เป็นเวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสในในปริมาณที่แตกต่างกันในการย่อยแป้งให้ได้เป็นมอลโทสซีรัป	14
4.3 การเปรียบเทียบดูการดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสซีรัปที่ได้จากการทดลองกับลูกอมที่มีคุณภาพดีที่มีขายในท้องตลาด	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 17
5.1 สรุปผลการทดลอง 17
5.2 ข้อเสนอแนะ 18
เอกสารอ้างอิง 19
ภาคผนวก 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	ตารางแสดงการดูดความชื้นของ Maltooligosaccharides	7
2.2	ตารางแสดงการใช้สารละลายอิ่มตัวชนิดต่างๆเมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิดที่มีความชื้นต่างกัน	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำเชื่อมโดยการใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลง ได้ผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมที่มีคุณสมบัติต่างๆนั้น ชนิดของน้ำเชื่อมจะมีคุณสมบัติเช่นไรขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลชนิดต่างๆที่ได้จากการย่อยแป้งที่มีอยู่ในน้ำเชื่อม ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้เอนไซม์ต่างชนิดกันและใช้แป้งจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน มีการควบคุมการย่อยโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิในการย่อย และระยะเวลาในการย่อยให้เหมาะสมกับการผลิตไซรัปชนิดต่างๆ มอลโทสซีรัปคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้ง มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียวข้นมีรสหวานเล็กน้อย ใสไม่มีสีหรือสีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และกรรมวิธีการผลิต ซึ่งอาจใช้วิธีการย่อยสลายด้วยแป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์ หรือใช้ได้ทั้งกรดและเอนไซม์ร่วมกัน ประโยชน์ของมอลโทสซีรัป คือใช้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ลูกกวาด ทอฟฟี่ต่างๆ ผลไม้กวน น้ำผลไม้ ไอศครีม แยม และเครื่องดื่มชนิดต่างๆ มอลโทสซีรัปผลิตได้โดยการย่อยแป้งโดยใช้เอนไซม์ α-amylaseและβ-amylase ประกอบด้วยมอลโทสเป็นส่วนใหญ่ และประกอบด้วยน้ำตาลพวก มอลโทไตรโอส มอลโทเพนทาโอส มอลโทโอลีโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆซึ่งมีค่า DE อยู่ในช่วงประมาณ 37-40 สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตมอลโทสไซรัปที่ใช้ในอุตสาหกรรมลูกอมนั้นจะเกิดจากการย่อยในช่วงแรกคือ ถ้าใช้ α-amylase ย่อยแป้งแล้วได้ค่าDE ที่ต่ำไปจะทำให้มอลโทสซีรัปที่ได้มีโมเลกุลขนาดใหญ่ของแป้งเหลืออยู่มากทำให้เกิดการอุดตันในการกรองและเกิดลักษณะขุ่นเนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้ง แต่ถ้าได้ค่าDEที่สูง จะทำให้ลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสไซรัปดูดความชื้นได้สูง เนื่องมาจากมีองค์ประกอบของน้ำตาลชนิดอื่นๆอยู่มากเช่น กลูโคส มอลโทไตรโอส เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการเก็บรักษาลูกอมคือ มีลักษณะเยิ้ม แฉะ เป็นต้น ส่วนβ-amylaseนั้นจะย่อยโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีมวลโมเลกุลสูงได้ดีกว่าพวกที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ดังนั้นจะทำการย่อยแป้งด้วยα-amylase ให้ได้มวลโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อที่ว่า β-amylase จะทำการย่อยต่อไปให้ได้มอลโทสในปริมาณมาก ดังนั้นจึงศึกษาค่า DE และการดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตได้จากมอลโทสซีรัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 คุณสมบัติของมอลโทส

มอลโทสเป็นคาร์โบไฮเดรทซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 2 โมเลกุลรวมตัวกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage มอลโทสมีความหวานเพียง 30-40% ของซูโครส ความหวานของมอลโทสมีความละมุนและ ไม่เหลือรสชาติหลังการชิมในปาก มอลโทสทนต่อการแตกตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดี และมีค่าการดูดความชื้นที่ต่ำ คุณสมบัติทางด้านเคมีและทางกายภาพคล้ายกับซูโครส การรับประทานขนมหรือลูกอมที่ทำจากมอลโทสซีรัปจะทำให้เกิดฟันผุน้อยกว่าที่ทำจากน้ำตาลซูโครส

ปกติในการผลิตมอลโทสซีรัปจะผลิตจากแป้งโดยใช้เอนไซม์ในการย่อยกล่าวคือใช้เอนไซม์ α-amylase และ β-amylase ในบางครั้งอาจใช้ debranching enzyme เช่น pullulanase ร่วมด้วย โดยเราจะทำการควบคุมสภาวะการทำงานของเอนไซม์ให้เหมาะสมเช่น ปริมาณการใช้เอนไซม์ ความเข้มข้น เวลาที่ใช้ในการย่อย อุณหภูมิ ค่าpH ปริมาณแป้งที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น เพื่อที่จะทำให้ได้ปริมาณของมอลโทสซีรัปสูงสุด เราได้มีการนำเอามอลโทสซีรัป มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมไอศครีม อุตสาหกรรมลูกกวาด อุตสาหกรรมแยม อุตสาหกรรมเยลลี่หรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลายชนิด เพราะว่ามอลโทสซีรัปมีคุณสมบัติช่วยลดการตกผลึก ปรับปรุงสี ช่วยให้มีความคงตัวขึ้น และให้กลิ่นรสที่ดีขึ้น

2.2 คุณลักษณะทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง

โครงสร้างของแป้งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน โดยที่อะไมโลสคือโพลีแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นเส้นด้วยพันธะ α-1,4 glucosidic linkage จำนวน 500-2000 ยูนิต ส่วนอะไมโลเพคตินคือโพลีแซ็คคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา เนื่องจากเชื่อมด้วยพันธะ 2 แบบ คือ α-1,4 glucosidic linkage และ α-1,6 glucosidic linkage ซึ่งจะแตกแขนงจากกลูโคสเส้นตรงที่ทุกๆ 20-25 โมเลกุลของกลูโคส

เนื่องจากทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพคติน เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ ทำให้สตาร์ชมีโมเลกุลที่ใหญ่มาก และตรวจสอบไม่ได้แน่นอน มีรายงานผลการวิเคราะห์ว่าอะไมโลสมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 140,000 ส่วนอะไมโลเพคตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 4,000,000 แป้งเป็นโพลิแซคคาไรด์ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส แป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไปประกอบด้วยอะไมโลสประมาณร้อยละ 20 และอะไมโลเพคตินประมาณร้อยละ 80 โดยอะไมโลสจะละลายน้ำได้ดี เช่น linear polimer น้ำตาลกลูโคสจะต่อกันเป็นสายยาวโดยพันธะ α - 1,4-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

glycosidic linkage มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10,000-1,000,000 ดาลตัน สารละลายอะไมโลสเมื่อทำปฏิกริยากับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ส่วนอะไมโลเพคติน ละลายน้ำได้น้อย จะแขวนลอยอยู่ในน้ำในสภาพของคอลลอยด์เป็นbranch polimer ประกอบด้วย linear polymer ของน้ำตาลกลูโคสหลายๆสายมาจับต่อกันด้วยพันธะα - 1,6 glycosidic linkage เกิดเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีการแตกแขนงออกไปรอบๆโดยจะมีแขนงเล็กเป็นระยะห่างกันประมาณ 12 หน่วยโมเลกุลของกลูโคส อะไมโลเพคตินจะมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 50,000-10,000,000 ดาลตัน สารละลายอะไมโลเพคตินเมื่อทำปฏิกริยากับไอโอดีนจะได้สีม่วงแดง

2.3 เอนไซม์ที่ใช้ในการผลิต maltose syrup มี 2 ชนิดคือ

2.3.1 α-amylase

α-amylase เป็นเอนไซม์ที่พบได้ทั่วไปมีอยู่ทั้งใน คน สัตว์ พืช โดยอะไมเลสจะทำหน้าที่ในการย่อยแป้งไปเป็นโอลิโกแซคคาไรด์

เป็น endoenzyme จะทำการย่อยเฉพาะที่อยู่ภายในสายของโมเลกุลแป้ง อย่างไม่เป็นระเบียบ จะย่อยเฉพาะพันธะ α- 1,4 - glycosidic linkage ไม่สามารถย่อยพันธะα- 1,6 - glycosidic linkage ที่จุดแตกแขนง (branch point) ในโมเลกุลแป้งได้ผลที่ได้จากการย่อยจะประกอบไปด้วยmaltooligosaccharides ชนิดต่างๆ และα- limit dextrin

2.3.2 β-amylase

เป็น exoenzyme จะทำการย่อยโมเลกุลแป้งจากปลายด้าน non-reducing end เข้ามาทีละ 2 หน่วยกลูโคส โดยจะทำการย่อยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage แต่จะไม่สามารถย่อยพันธะ α- 1,6 - glycosidic linkage ผลที่ได้จากการย่อยส่วนใหญ่จะได้เป็น maltose และ β-limit dextrin

2.4 High Maltose Syrup

High Maltose Syrup ที่ได้จะมีค่าDE อยู่ในช่วงระหว่าง 37-40 % ถูกผลิตโดยการทำ saccharification โดยใช้เอนไซม์ α-amylase จากเชื้อรา และ β-amylaseจากพืช โดยที่ α-amylase เป็นendoenzyme สามารถย่อยได้เพียงแต่ α-1,4-glucosidic linkage ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นมอลโทสและมอลโทไตรโอส

การย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลมอลโทสต้องใช้เอนไซม์สองชนิดคือ α-amylase และβ-amylase ร่วมกัน โดย α-amylase จะย่อยพันธะ α-1,4-glycosidic linkage จะย่อยเฉพาะที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในสายของโมเลกุลของแป้ง(endosplitting) อย่างไม่เป็นระเบียบ(random) ผลของการย่อยจะได้ของผสมที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส มอลโทสและโอลิโกแซคคาไรด์อื่นๆ α-amylase ไม่สามารถย่อยพันธะ α-1,6-glycosidic linkage ตรงจุดแตกแขนงของอะไมโลเพคตินได้ ส่วนβ-amylaseจะย่อยโมเลกุลของแป้งจากปลายด้าน non-reducing end เข้ามาเป็นลำดับทีละสองหน่วยกลูโคส(exosplitting) ผลของการย่อยจะได้น้ำตาลมอลโทสและเมื่อถึงจุดแตกแขนงที่เป็นพันธะ α-1,6-glycosidic linkage ของอะไมโลเพคติน การย่อยจะหยุดเนื่องจากเบต้าอะไมเลสไม่สามารถย่อยพันธะα-1,6-glycosidic linkage

การสกัดมอลต์ได้รับมาจากมอลต์ในข้าวบาร์เล่ในทางการค้าโดยทั่วไปจะเป็นแหล่งของ β-amylase แต่มากกว่า 30 % ขึ้นไปของตัวมอลต์เองจะยังคงมี α-amylase อยู่ ซึ่งสามารถย่อย β-limit dextrin ได้จะนำไปสู่การก่อตัวของมอลโทไตรโอสทีละน้อยจนมีปริมาณมากขึ้นและมีเด็กซ์โตรสในปริมาณน้อย

สำหรับสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ β-amylase ที่สกัดมาจากมอลต์จะใช้อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส pH อยู่ในช่วง 5-6 แต่ α-amylase ที่สกัดมาจากfungal จะactive ที่อุณหภูมิประมาณ90C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง pHอยู่ในช่วงประมาณ 5-6 ถ้าทำที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ในระหว่างของช่วงการทำ saccharification วัตถุดิบอาจใช้ทั้งกรดและเอนไซม์ในการเปลี่ยนปริมาณของวัตถุแห้งประมาณ30-40% เทียบเท่ากับปริมาณการทำ liquefaction ของแป้งในตอนแรก การใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายในสภาพของเหลวปกติจะใช้มากกว่าเพราะทำให้ปริมาณของเด็กซ์โตรสมีอยู่ต่ำ

ปกติเมื่อใช้กรดในการสลายโมเลกุลของแป้งในสภาพของเหลวจะทำให้ได้ 20% DE เพื่อหลีกเลี่ยงทั้งปริมาณเด็กซ์โตรสที่สูงหรือเสียสภาพได้ง่าย การเลือกเอนไซม์ที่ใช้ในการทำ saccharification มีผลกระทบเล็กน้อยต่อส่วนประกอบขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ กับการใช้เอนไซม์ในการทำ liquefact อย่างไรก็ตามทั้งในการทำ liquefact ค่า DE และการเลือกเอนไซม์จะมีผลกระทบ ขณะที่ liquefact ค่า DE จะเพิ่มขึ้นแต่ระดับของมอลโตสที่จะได้รับสูงสุดจะมีค่าลดลง และค่า 5-10 % DE ถูกพิจารณาว่ามีความเหมาะสม

จากกรรมวิธีการผลิตดังกล่าวข้างต้น จะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) Gelatinization

การเจลาติไนเซชัน ทำได้โดยการให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง ที่อุณหภูมิของการเจลาติไนซ์ (gelatinization temperature) ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิของการเจลาติไนซ์แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปจะต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส แป้งที่เจลาติไนซ์แล้ว จะถูกย่อยสลายได้ด้วยกรดหรือเอมไซม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Liquefaction

เป็นขั้นตอนที่ใช้เอมไซม์แอลฟา-อะมิเลสซึ่งจะย่อยสลายพันธะ α -1,4ไกลโคซิดิก ในโมเลกุลของแป้งบางส่วน ทำให้ความหนืดของแป้งที่เจลาติไนซ์แล้วลดลง ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นพวก มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) ซึ่งมี α -1,6 linkage ในโมเลกุล

3) Saccharification

เป็นกระบวนการที่ใช้เอนไซม์ β-amylase (โดยอาจใช้เอนไซม์ pullulanase ร่วมด้วยหรือไม่ก็ได้ซึ่งมีคุณสมบัติในการย่อยสลายพันธะ α -1,6 glucosidic linkage)ในโมเลกุลของแป้งได้ดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ liquefaction จะใช้เป็นสับสเตรทสำหรับกระบวนการ saccharification ในการผลิตน้ำตาลมอลโตส และไซรัปประเภทต่างๆ

2.5 การผลิต maltose syrup ที่ได้จากการทดลอง

2.5.1 Starches Slurry

ทำการชั่งแป้งมันสำปะหลังน้ำหนัก 30 กรัม แล้วนำไปละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2.5.2 Liquefaction และ Dextrinization

ทำการปรับ pH ของน้ำแป้งให้อยู่ในช่วง 5.8-6.0 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส หลังจากนั้นเติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสลงไปในน้ำแป้งในปริมาณที่กำหนดไว้ แล้วทำการต้มน้ำแป้งให้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส

2.5.3 Saccharification

หลังจากที่ทำการย่อยน้ำแป้งในขั้น Liquefaction และ Dextrinization แล้ว ให้ทำการลดอุณหภูมิของน้ำแป้งอย่างรวดเร็วให้อยู่ในช่วงประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการเติมเอนไซม์เบต้าอะไมเลสลงไป ในปริมาณที่กำหนด

2.5.4 Inactivated Enzyme

ทำการยับยั้งปฏิกริยาเอนไซม์ โดยการนำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยให้เป็นมอลโทสซีรัปแล้วไปต้มที่อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 Filtration

กรองโดยใช้กระดาษกรอง วอซแมนเบอร์ 1 วางบน channel 2 ชั้น แล้วทำการใส่ผงถ่านลงไปทับอีกชั้นเพื่อทำการดูดซับกลิ่น และฟอกสีของมอลโทสซีรัปที่ใส่ลงไป โดยการใช้ vaccum ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง หลังจากนั้นทำการกรองอีกครั้งโดยการใช้กระดาษกรอง วอซแมนเบอร์ 1 วางบน channel 2 ชั้น แล้วทำการใส่ diatomaceous earth ละลายกับน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยในขั้น Saccharification พอประมาณทับบนกระดาษกรองทำเป็น pad

2.5.6 Evaporation

เป็นการทำน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยในขั้น Saccharification ให้เข้มข้นโดยการละเหยน้ำออกด้วยเครื่อง evaporator ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปที่มีความเข้มข้นประมาณ 80-81 % และ 85-87 % ทำการตรวจดูความเข้มข้นของมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้โดยใช้ refractometer

แผนภาพแสดงการผลิตมอลโทสซีรัป

Starches Slurry(30% Solids)

ใช้อัลฟา-อะมิเลส(E5) ↓

Liquefaction และ Dextrinization pH 5.8-6.0,90-95C

ใช้เบต้า-อะมิเลส(DBA) ↓

Saccharification pH 5.8-6.0,55-60C

↓

Inactivated Enzyme 90-95C,20Min

↓

Filtration by Activated Carbon,Diatomaceous earth

↓

Evaporation เข้มข้น 80-83%และ85-87%

↓

High Maltose Syrup DE ≈ 37-40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตมอลโทสซีรัปจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์ อัลฟาอะไมเลส และ เบต้าอะไมเลสคือ

2.6.1 ถ้าค่า DE ต่ำเกินไปในการใช้อัลฟาอะไมเลสย่อยในช่วงแรกจะพบว่า

1) น้ำแป้งที่ผ่านการย่อยแล้วกรองได้ยากเนื่องเกิดการอุดตันที่เครื่องกรองเป็นเพราะการย่อยแป้งให้เป็นเด็กตรินซ์ไม่เหมาะสม

2) มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้มีลักษณะขุ่นเนื่องจากเกิดการคืนตัวของแป้ง

2.6.2 ถ้าค่า DE สูงเกินไปในการใช้อัลฟาอะไมเลสย่อยในช่วงแรกจะพบว่า

1)ลูกอมสามารถดูดความชื้นได้สูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของน้ำตาลชนิดอื่นๆ อยู่มาก เช่น กลูโคส มอลโทไตรโอส เป็นต้น

2)เกิดลักษณะการเยิ้ม และ

3)ทำให้ปริมาณของน้ำตาลมอลโทสที่มีอยู่ในมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้มีน้อย

แนวทางการแก้ไขปัญหา_ต้องควบคุมการย่อยอัลฟาอะไมเลสให้ได้ค่า DE ที่เหมาะสมโดยการหา ปริมาณการใช้เอนไซม์ ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยให้เหมาะสมเราสามารถสังเกตได้จาก
1)การกรองสามารถทำได้ง่าย
2) การดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสซีรัปมีค่าต่ำ
3) มอลโทสซีรัปที่ผลิตได้จะต้องไม่ขุ่น

2.1 ตารางแสดงการดูดความชื้นของMaltooligosaccharides

อุณหภูมิ	ค่าการดูดความชื้น
24 C	$G_3 > G_4 > G_5 = G_7 > G_{11} > G_2$
30C	$G_3 > G_4 = G_7 > G_5 > G_6 > G_{11} > G_2$
38C	$G_3 > G_4 = G_5 > G_7 > G_6 > G_{11} > G_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ตารางแสดงการใช้สารละลายอิ่มตัวชนิดต่างๆเมื่อเก็บไว้ในภาชนะปิดที่มีความชื้นต่างกัน

สารละลายอิ่มตัว	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	% Humidity
lead nitrate	20	98
dibasic sodium phosphate	20	95
monobasic ammonium phosphate	20-25	93
zinc sulfate	20	90
potassium chromate	20	88
potassium bisulfate	20	86
potassium bromide	20	84
ammonium sulfate	20	81
ammonium chloride	20-25	79
sodium acetate	20	76
sodium chlorate	20	75
sodium nitrite	20	66
sodium bromide	20	58
magnesium nitrate	18.5	56
sodiun dichromate	20	52
potassium thiocyanate	20	47
zinc nitrate	20	42
chromium trioxide	20	35
calcium chloride	24.5	31
potassium acetate	20	20
lithium chloride	20	15

ในการผลิตมอลโทสซีรัปเราจะใช้น้ำแป้ง 30-40 % โดยปริมาตรเพราะว่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส และเบต้าอะไมเลสในการย่อยให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปที่มีค่า DE 37-40 % ที่สมดุลแล้วมีผลผลิตที่มีน้ำตาลมอลโทสเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ถ้าใช้แป้งในปริมาณที่มากเกินไป 50-60% ในการย่อยเป็นมอลโทสซีรัปจะทำให้ได้ซีรัปที่อยู่ในช่วงสมดุลมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของแป้งเหลืออยู่เป็นจำนวน เป็นการสิ้นเปลืองวัตถุและทำให้เกิดการอุดตันในระหว่างการกรอง แต่ถ้าใช้แป้งในปริมาณที่น้อยเกินไป 10-20 % จะทำให้ได้มอลโทสซีรัปที่สมดุล มีองค์ประกอบของน้ำตาลมอลโทสอยู่ในปริมาณน้อย

2.7การผลิตลูกอม

ซูโครส 50%ผสมกับ maltose syrup 50%

⇓

เติมน้ำกลั่น

⇓

กวนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

⇓

เคี่ยวระเหยน้ำออกจนหนืด

⇓

ใส่พิมพ์ที่เตรียมไว้

⇓

ทิ้งไว้ให้เย็น

⇓

ตัดแต่ง

⇓

นำไปใส่ไว้ใน desiccator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ตรากาญจนชูศักดิ์

3.2 สารเคมี

1. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน
2. คอปเปอร์ซัลเฟต
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์
4. น้ำกลั่น
5. โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรต
6. kiesenghur
7. แป้งมัน
8. methelene blue
9. เอนไซม์ β-amylase (SPEZYME DBA)
10. เอนไซม์ α-amylase (KLEISTASE E5)

3.3 อุปกรณ์

1. ปิเปต 25 mL 2 อัน
2. ปิเปต 10 mL 1 อัน
3. ปิเปต 0.1 mL 1 อัน
4. บีกเกอร์ 250 mL 2 อัน
5. บีกเกอร์ 150 mL 2 อัน
6. บีกเกอร์ 500 mL 2 อัน
7. ขวดวัดปริมาตร 1000 mL 2 อัน
8. ขวดวัดปริมาตร 100 mL 1 อัน
9. ขวดสีชา 2 ขวด
10. ลูกยาง
11. ขาตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. บิวเรต
13. ขวดชมพู่ 250 mL 9 ขวด
14. tong
15. aluminium can
16. แท่งแก้วคน
17. เทอร์โมมิเตอร์
18. ช้อนตักสาร
19 หลอดหยด
20. สายยางทนความร้อน
21. กระบอกน้ำกลั่น

3.4 เครื่องมือ

1. microwave
2. hot plate
3. pH meter
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. decicator
6. hot air oven
7.water bath

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส ระยะเวลา และอุณหภูมิ ในขั้นตอนการย่อยแป้งให้เหลว (liquefaction) โดยใช้อุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส pH5.8-6.0 และปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.02 , 0.05 , 0.1 , 0.15 และ 0.2 %DS โดยจะใช้น้ำแป้งมันสำปะหลังน้ำหนัก 30 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับสภาวะของน้ำแป้งให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมกับเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสแล้วทำการเติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสลงไปเพื่อทำการย่อยน้ำแป้ง หลังจากนั้นทำการต้มน้ำแป้งจนมีอุณหภูมิ 90-95 องศาเซลเซียส นำน้ำแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 1 mL ที่ผ่านการย่อยมาใส่ไว้ในขวดชมพู่ที่มีสารละลาย fehling' s solution B ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างทำหน้าที่ในการยับยั้งปฏิกริยาเอนไซม์ ทำการไทเทรตเพื่อหาค่า DE ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยการใช้ปริมาณเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 0.005 0.015 0.03 0.045 0.06 mL ต่อน้ำหนักแป้ง 30% โดยปริมาตร ทำในการหาค่า DE ทำนองเดียวกัน

3.5.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้เอนไซม์เบต้าอะไมเลส ระยะเวลา อุหภูมิ ที่ใช้ในขั้นตอนการย่อยแป้งให้เป็นมอลโทสซีรัป น้ำแป้งที่ผ่านกระบวนการ liquefaction โดยใช้อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส pH 5.8-6.0 ปริมาณการใช้ DBA เท่ากับ 0.1 , 0.15 และ 0.2 %DS ในการศึกษาจะทำการนำน้ำแป้งมันสำปะหลัง 30% โดยปริมาตร ที่อยู่ในช่วงการย่อยด้วยเบต้าอะไมเลสมา 1 mL มาใส่ไว้ในขวดชมพู่ที่มีสารละลาย fehling' s solution B ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างทำหน้าที่ในการยับยั้งปฏิกริยาเอนไซม์ แล้วทำการไทเทรตหาค่า DE ทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.5.3 ทำการผลิตมอลโทสซีรัปโดยใช้น้ำแป้ง 7 ลิตร จากสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทสซีรัป ที่ได้จากการศึกษาในเบื้องต้น โดยการเพิ่มปริมาณการใช้ของเอนไซม์ทั้งสองชนิดให้เป็นอัตราส่วนเดียวกัน ในขั้นตอนนี้จะมีการกรอง การทำให้เข้มข้น

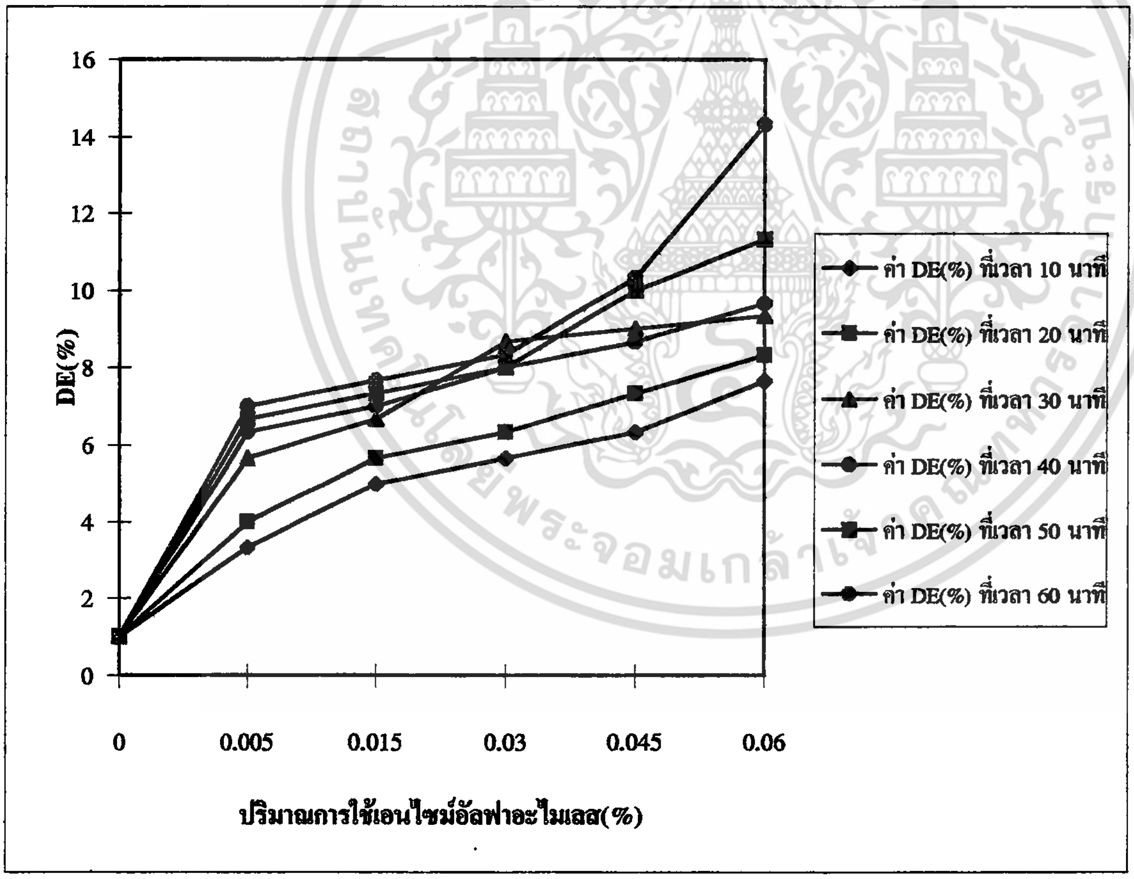
3.5.4 ทดลองผลิตลูกอมจากมอลโทสซีรัปที่ได้จากการทดลอง และทำการทดสอบการดูดความชื้น ความขุ่น ค่า DE โดยเปรียบเทียบกับลูกอมที่มีขายตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสในปริมาณที่แตกต่างกันในการย่อน้ำแป้ง 30 %

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ได้ค่า DE ที่สูงขึ้ และเมื่อใช้เวลาในการย่อยแป้งมากขึ้นจะทำให้ได้ค่า DE ที่สูงขึ้นด้วย จากการทดลองเราจะเลือกใช้ค่า DE ที่ต่ำกว่า 10 เพราะว่าถ้าค่า DE มากกว่า 10 โมเลกุลแป้งจะถูกย่อยเป็นโมเลกุลจำนวนเล็กๆเป็นจำนวนมากทำให้ไม่เหมาะสมใน การจับตัวกันเป็นกับเบต้าอะไมเลสเพราะเบต้าอะไมเลสจะสามารถดึงดูดกับโมเลกุลขนาดใหญ่ได้ดี จะเห็นได้ว่าในการย่อยด้วยอัลฟาอะไมเลสในช่วงเวลา 10 นาที ยังคงได้ค่า DE ที่ไม่เกิน 10 ดังนั้นเราจึงนำมาในการย่อยด้วยเบต้าอะไมเลสในขั้นต่อไป

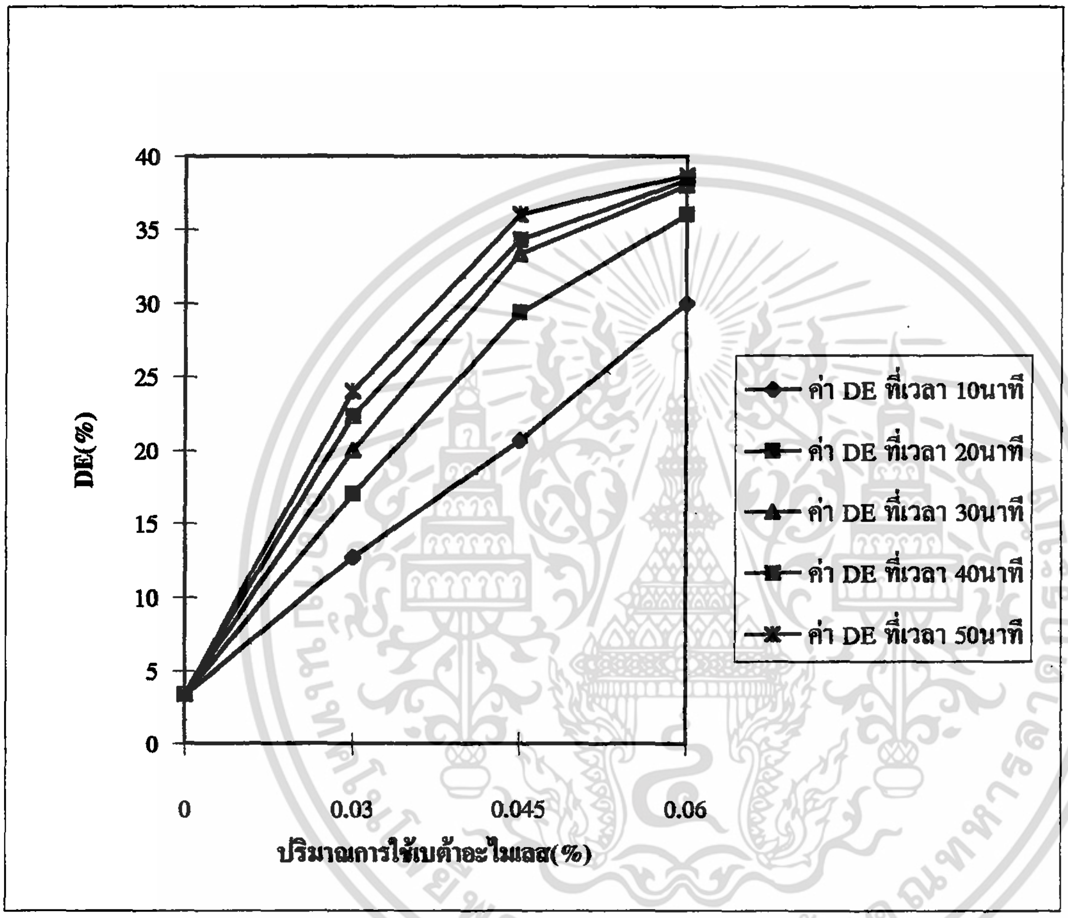


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการใช้ปริมาณเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่แตกต่างกันในการย่อยแป้ง 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

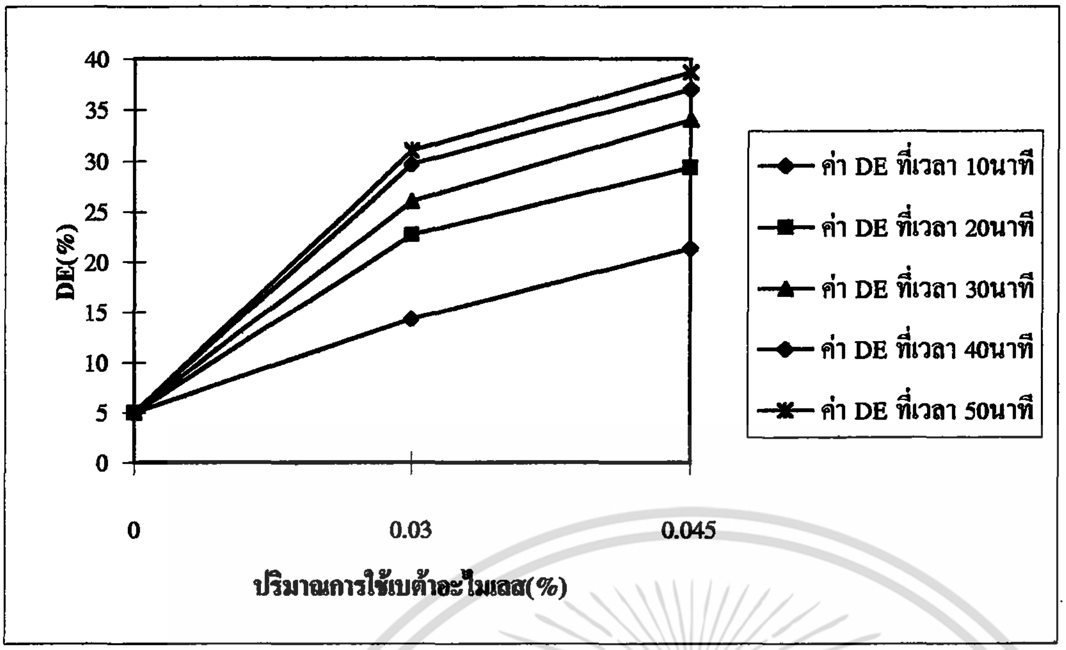
4.2 การใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.005, 0.015, 0.03%ในการย่อยน้ำแป้ง 30% เป็นเวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสในปริมาณที่แตกต่างกันในการย่อยแป้งให้ได้เป็นมอลโทสซีรัป

จะเห็นได้ว่าการใช้เบต้าอะไมเลส 0.045% ในช่วงเวลา 50 นาที สามารถย่อยน้ำแป้ง 30% ให้เป็นมอลโทสซีรัปให้มีปริมาณของค่า DE อยู่ในช่วงสมดุลประมาณ 37-40 % ได้

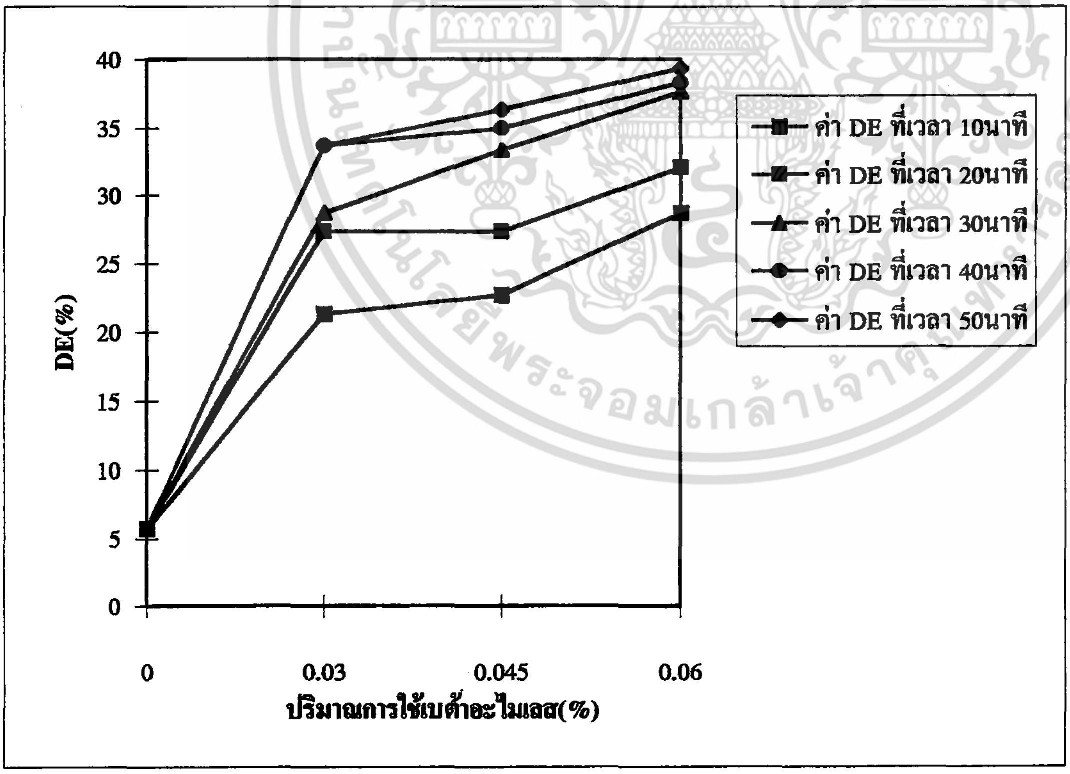


รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าDE ของน้ำเชื่อมที่ได้จากการย่อยแป้ง 30% โดยใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.005% เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปในปริมาณที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าDE ของน้ำเชื่อมที่ได้จากการย่อยแป้ง 30% โดยใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.015% เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปในปริมาณที่แตกต่างกัน

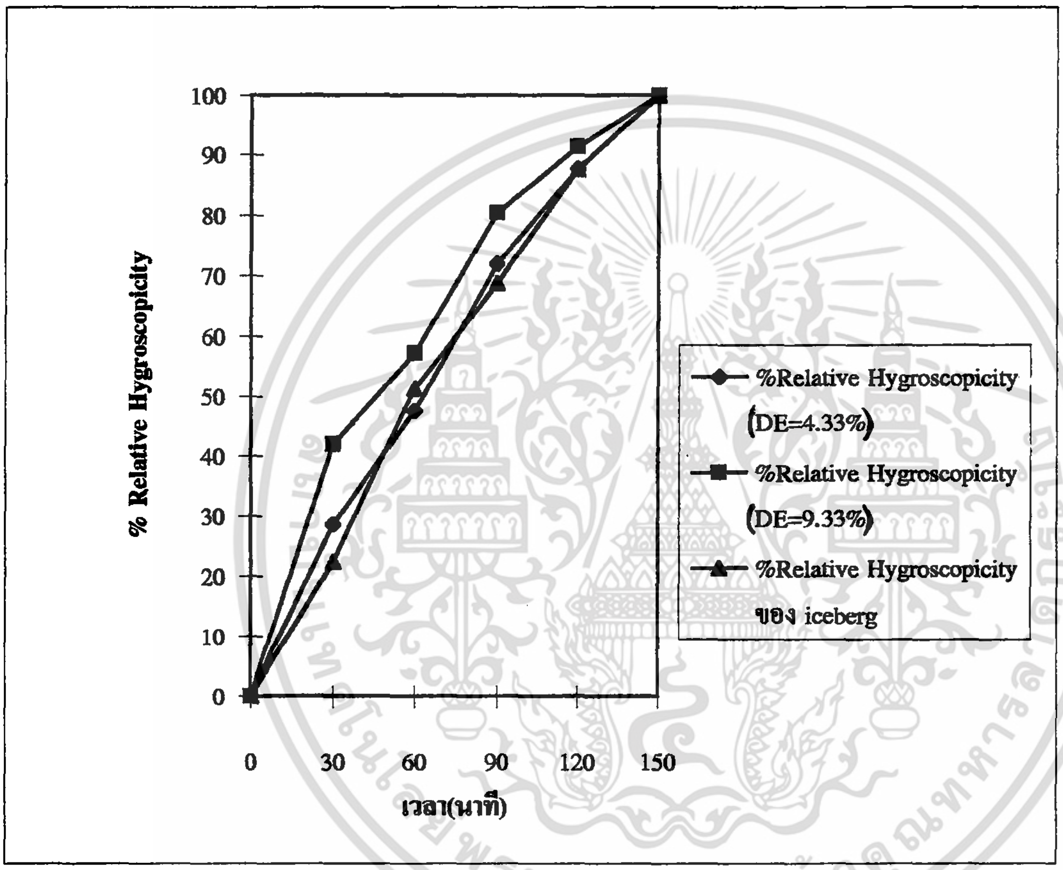


รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าDE ของน้ำเชื่อมที่ได้จากการย่อยแป้ง 30% โดยใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.03% เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อให้ได้เป็นมอลโทสซีรัปในปริมาณที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การเปรียบเทียบดูการดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสซีรัปที่ได้จากการทดลองกับลูกอมที่มีคุณภาพดีที่มีขายในท้องตลาด(iceberg)

จะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้จากการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสในการย่อยในช่วงแรกแล้วได้ค่า DE 4.33'กับค่า DE 9.33 แล้วใช้เบต้าอะไมเลสในการย่อยเป็นมอลโทสซีรัป เมื่อเปรียบเทียบกับลูกอมแล้วจะมีการดูดความชื้นใกล้เคียงกับลูกอมที่มีคุณภาพดีที่วางขายอยู่ตามท้องตลาด แต่จากการเปรียบเทียบระหว่างค่า DE4.33 % กับ 9.33 % จะพบว่า ที่ DE 9.33 % จะมีการดูดความชื้นที่สูงกว่า



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการดูดความชื้นของลูกอมที่ทำจากมอลโทสซีรัปและลูกอมที่มีขายในท้องตลาด(iceberg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ในการผลิตมอลโทสซีรัปโดยการใช้เอนไซม์ อัลฟาอะไมเลสย่อยต้องให้ได้ค่า DE ไม่ต่ำกว่า 5% เพราะถ้าค่า DE ต่ำกว่า 5% จะเกิดการอุดตันระหว่างการกรองมอลโทสซีรัปและเกิดการขุ่น

2. การย่อยด้วยอัลฟาอะไมเลสควรให้ค่า DE อยู่ระหว่าง 5-10% เพราะว่ากรองมอลโทสซีรัปได้ง่าย

3.การย่อยด้วยเบต้าอะไมเลสเพื่อให้ได้มอลโทสซีรัปจะสิ้นสุดลงเมื่อได้ค่า DE 37-40%ซึ่งเป็นจุดสมดุล

4.จากการทดลองจะพบได้ว่าปริมาณการใช้เอนไซม์ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการย่อยแป้งจะมีผลต่อค่า DE โดยที่ว่า ถ้าปริมาณการใช้เอนไซม์มากขึ้นจะมีผลทำให้ระยะเวลาในการย่อยแป้งน้อยลงหรือถ้าปริมาณการใช้เอนไซม์น้อยลงจะมีผลทำให้ระยะเวลาในการย่อยแป้งมากขึ้น สำหรับในการทดลองจะควบคุมให้อุณหภูมิคงที่

5. จากการศึกษาการดูดความชื้นของลูกอมที่ผลิตจากมอลโทสซีรัปที่ได้จากการทดลองมีคุณภาพใกล้เคียงกับลูกอมที่มีคุณภาพดีในท้องตลาด แสดงให้เห็นว่ามอลโทสซีรัปที่ผลิตได้มีคุณสมบัติในการดูดความชื้นน้อย อาจเนื่องมาจากมีน้ำตาลชนิดอื่นน้อยโดยน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลมอลโทส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
06605

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองในการไทเทรตหาค่า DE ในการดูช่วงของจุดยุติจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลแดงควรจะใช้ผู้ทำการไทเทรตคนเดียวโดยตลอดเพื่อป้องกันการผิดพลาด

2. ในช่วงของการใส่เอนไซม์ ระยะเวลาในการย่อย อุณหภูมิที่ใช้ควรจะมีการควบคุมให้มีความเหมาะสม และแน่นอนเพื่อป้องกันผลการทดลองที่อาจผิดพลาด

3. ในการกวนน้ำแป้ง 7 ลิตรที่หลังจากการใส่เอนไซม์ลงไปแล้ว ควรทำการกวนให้เกิดความสม่ำเสมอ เพื่อเอนไซม์ได้เข้าไปทำการย่อยน้ำแป้งอย่างสม่ำเสมอหรืออาจใช้ปริมาณของน้ำแป้งในการทำที่น้อยกว่านี้อันเป็นการประหยัดต้นทุนในการศึกษา

4.ในช่วงของการทำลูกอมอาจจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมกว่านี้ เช่น อาจใช้ตู้อบแทนในการระเหยน้ำออกและเป็นการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เพื่อป้องการเกิดปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาล

5.สำหรับการดูการดูดความชื้นของลูกอมอาจจะต้องหาวิธีการอื่นที่เหมาะสมกว่านี้เพื่อให้ไดผลการทดลองที่มีความถูกต้องมากขึ้น เช่น ใช้aluminium can ใส่ลูกอมแล้วนำไปเก็บใน desiccator แทน

6. ควรวิเคราะห์ชนิดของน้ำตาลและปริมาณของน้ำตาลที่มีอยู่ในมอลโทสซีรัปด้วยเครื่อง HPLC เพื่อสามารถสรุปผลได้ชัดเจนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และนวลศรี รักอริยะธรรม. 2523. การศึกษาสมบัติบางประการของเอนไซม์อะไมเลสจากต้นข้าวอ่อนสาลี เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้ในการผลิตแบะแซ. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 546-547

Birch , G.G. , N. Blakebrough and K.J. Parker 1981. Enzymes and Food Processing . Applied Science Publishers Ltd . London . 296 page

G.A. Tucker and L.F.J. Woods. 1995. Enzymes in Food Processing . Published by Blackie Academic & Profession , an imprint of Chapman & Hall, Wester Cleddens Road, Bishopbriggs, Glasgow.

G.G. Birch , L.F. Green and C.B. Coulson Elsevier. 1970. Starch Hydrolysis . Publishing Company limited, Amsterdam-London-Newyork.

Knight , J.W. 1969. Starch. The Starch Industry. London. Pergamon Press,LTD.

Lee , Y.C. , and Kim, K.I. 1990. Gelatinization and Liquefaction of Starch with a Heat Stable - Alpha Amylase. J. Food Sci. 55 : 1365-1366

Tauber , H. 1937. Cabohydrate. Enzyme Chemistry. NewYork : Jhon Wiley & Sons, Ing

T.Galliard. 1987. Starch:Properties and Potential. Published for the Society of Chemical Industry by,John wiley Et,Sons.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14925

ภาคผนวก ก

5.1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ชั่ง kieselguhr ประมาณ 2กรัม นำใส่ใน aluminium can นำไปอบพร้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่ทศนิยม 4 ตำแหน่ง(m_1)

ชั่งตัวอย่างมอลโทสซีรัปประมาณ 2-5 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้งจดน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (m_0) ละลายด้วยน้ำร้อนไม่เกิน 5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วใส่ลงใน aluminium can ที่เตรียมไว้คลุกให้เข้ากันกับ kieselguhr เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปอบต่อในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปใส่ไว้ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลาประมาณ 25 นาที ชั่งน้ำหนักให้แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ (m_2)

วิธีคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด(% dry substance) = $(m_2 - m_1)(100) / m_0$

m_0 = น้ำหนักตัวอย่างมอลโทสซีรัป

m_1 = น้ำหนักของ aluminium can ที่บรรจุ kieselguhr หลังอบให้คงที่

m_2 = น้ำหนักของ aluminium can ที่บรรจุ kieselguhr และตัวอย่างมอลโทสซีรัป หลังจากอบให้น้ำหนักคงที่

5.2 วิธีหาปริมาณ reducing sugar

5.2.1 การเตรียมสารเคมี

5.2.1.1 สารละลาย Fehling's Solution

สารละลาย A : ละลาย $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 34.64 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

สารละลาย B : ละลาย $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ 173 กรัม และNaOH 50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร

ผสมสารละลาย A และ B ปริมาตรเท่ากัน ให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 1 วัน แล้วกรองผ่าน glass wool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

5.2.1.2 Methylene blue indicator

ละลาย Methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

5.2.1.3 การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

อบน้ำตาลกลูโคสบริสุทธิ์ ด้วยตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ละลายกลูโคส 5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน

5.2.2 วิธีหาค่ามาตรฐานของ Fehling Solution

ปิเปตสารละลายFehling's Solution ที่ผสมและทิ้งไว้ 1 วันปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน 10 มิลลิลิตร แล้วต้มให้เดือด เติมสารละลาย Methylene blue indicator แล้วไทเทรตด้วยสารละลายกลูโคสมาตรฐานจนถึงจุดยุติ ซึ่งสีน้ำเงินของ Methylene blue จะหายไป

ปรับความเข้มข้นของ Fehling Solution โดยทำการเจือจางลง หรือเติม $CuSO_4$ 5 H_2O เพื่อให้ปริมาตรของสารละลายกลูโคสมาตรฐานที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ 12.02 มิลลิลิตร

5.2.3วิธีการไทเทรต

ปิเปตสารละลาย Fehling's Solution 25 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดโดยใช้ hot plate บรรจุสารละลายตัวอย่างในบิวเรทแล้วเติมลงในสารละลาย Fehling's Solution โดยให้ห่างจากจุดยุติ 0.5 มิลลิลิตร(หาโดยการทดลองไทเทรตหาปริมาตรถึงจุดยุติโดยคร่าวๆก่อน) ต้มสารละลายในflask ให้เดือดพร้อมกับเขย่าเบาๆ

ต้มให้เดือดเบาๆประมาณ 2 นาที แล้วเติม Methylene blue indicator 2 หยดแล้วต้มให้เดือด พร้อมทั้งเขย่า ปล่อยให้ตะกอนสีแดงของ cuprous oxide ตกตะกอน และสังเกตสีของสารละลายที่อยู่เหนือตะกอนว่ายังมีสีฟ้าเหลืออยู่หรือไม่ ให้ทำการไทเทรตโดยเร็วภายในเวลาประมาณ 1 นาที โดยการเติมสารละลายตัวอย่างทีละหยดขณะที่สารละลาย Fehling's Solution กำลังเดือดจนกระทั่งสีฟ้าหายไป ซึ่งเป็นจุดยุติของการไทเทรต

5.2.4 การคำนวณ

$$\%\ \text{reducing sugar} = \frac{500\text{mL} \times 0.1202 \times 100}{\text{Sample Titer (mL)} \times \text{Sample Weight (g)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Dextrose Equivalent(D.E.)} = \frac{\%\ \text{reducing sugar}}{\%\ \text{dry substance}} \times 100$$

5.3 วิธีการทดสอบดูการดูดความชื้นของลูกอม

5.3.1 ขั้นตอนการทดสอบดูการดูดความชื้น

เตรียมสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว

⇓

นำสารละลายไปใส่ไว้ในขวดปิดฝา

⇓

ทิ้งไว้ 1 วันให้ความชื้นในขวดคงที่(81%)

⇓

ผูกเชือกกับลูกอมแขวนไว้ในขวด

⇓

ปิดฝา

⇓

ชั่งน้ำหนักของลูกอมทุกๆ 30 นาที

5.3.2 การคำนวณหา % Relative Hygroscopic

$$\%\ \text{Relative Hygroscopic} = (W_2 - W_1)(100) / W_0$$

W_0 = น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นมากที่สุด-น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นน้อยที่สุด (กรัม)

W_1 = น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นในตอนแรก (กรัม)

W_2 = น้ำหนักที่มีการดูดความชื้นที่เพิ่มขึ้นในตอนหลัง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DE กับปริมาณการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลสที่แตกต่างกันในการย่อยน้ำแป้ง 30 %

ปริมาณที่ใช้(%)	0	0.005	0.015	0.03	0.045	0.06
ค่าDE(%)ที่เวลา 10 นาที	1	3.33	5	5.67	6.33	7.67
ค่าDE(%)ที่เวลา 20 นาที	1	4	5.67	6.33	7.33	8.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 30 นาที	1	5.67	6.67	8.67	9	9.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 40 นาที	1	6.33	7	8	8.67	9.67
ค่าDE(%)ที่เวลา 50 นาที	1	6.67	7.33	8	10	11.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 60 นาที	1	7	7.67	8.33	10.33	14.33

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.005 mL ย่อยน้ำแป้ง 30 % เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อที่เวลาต่างๆกัน

ปริมาณการใช้เบต้าอะไมเลส(%)	0	0.03	0.045	0.06
ค่าDE(%)ที่เวลา 10 นาที	3.33	12.67	20.67	30
ค่าDE(%)ที่เวลา 20 นาที	3.33	17	29.33	36
ค่าDE(%)ที่เวลา 30 นาที	3.33	20	33.33	38
ค่าDE(%)ที่เวลา 40 นาที	3.33	22.33	34.33	38.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 50 นาที	3.33	24	36	38.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.015 mL ย่อยน้ำแป้ง 30 % เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อที่เวลาต่างๆกัน

ปริมาณการใช้เบต้าอะไมเลส(%)	0	0.03	0.045
ค่าDE(%)ที่เวลา 10 นาที	5	14.33	21.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 20 นาที	5	22.67	29.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 30 นาที	5	26	34
ค่าDE(%)ที่เวลา 40 นาที	5	29.67	37
ค่าDE(%)ที่เวลา 50 นาที	5	31	38.67

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เอนไซม์อัลฟาอะไมเลส 0.03 mL ย่อยน้ำแป้ง 30 % เวลา 10 นาที แล้วใช้เบต้าอะไมเลสย่อยต่อที่เวลาต่างๆกัน

ปริมาณการใช้เบต้าอะไมเลส(%)	0	0.03	0.045	0.06
ค่าDE(%)ที่เวลา 10 นาที	5.67	21.33	22.67	28.67
ค่าDE(%)ที่เวลา 20 นาที	5.67	27.33	27.33	32
ค่าDE(%)ที่เวลา 30 นาที	5.67	28.67	33.33	37.67
ค่าDE(%)ที่เวลา 40 นาที	5.67	33.67	35	38.33
ค่าDE(%)ที่เวลา 50 นาที	5.67	33.67	36.33	39.33

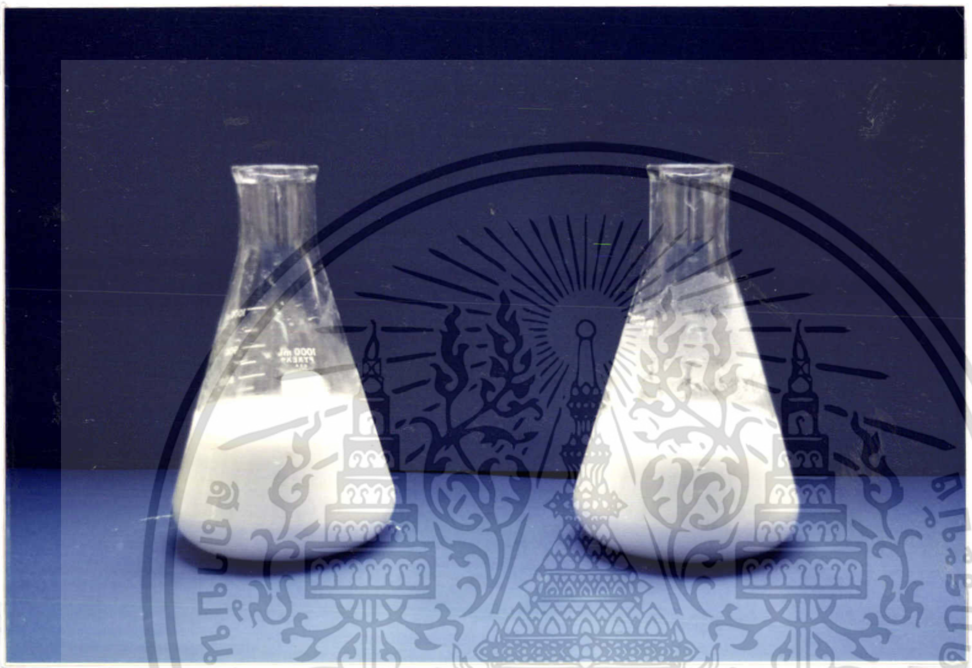
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลของการดูดความชื้นในการทำลูกอมที่ทำมาจากมอลโทสซีรัปกับลูกอมที่มีอยู่ในท้องตลาด

เวลา	0	30	60	90	120	150
น้ำหนักของลูกอมที่ทำมาจากอัลฟาอะไมเลส 0.06 %	3.4072	3.4213	3.4264	3.4342	3.4379	3.4408
น้ำหนักของลูกอมที่ทำมาจากอัลฟาอะไมเลส 0.005 %	3.6936	3.704	3.7109	3.7198	3.7255	3.73
น้ำหนักของลูกอม iceberg	3.2715	3.2778	3.2859	3.2908	3.2961	3.29996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค



ลักษณะของน้ำแป้งมันสำปะหลัง 30% ที่เตรียมไว้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเป็นมอลโทสซีรัป

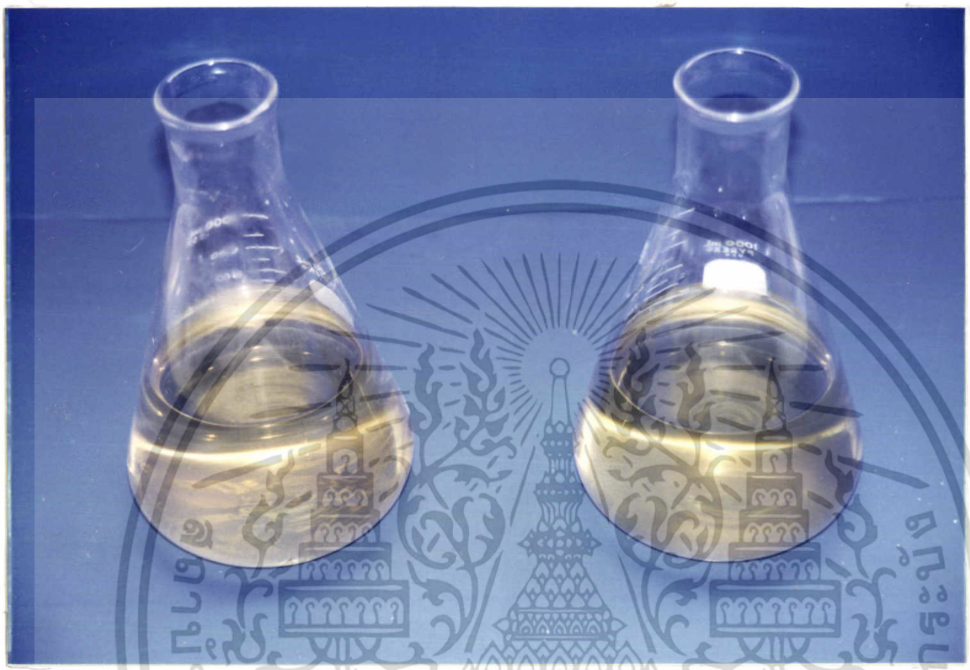
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ลักษณะของน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและเบต้าอะไมเลสก่อนการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ



ลักษณะของน้ำแป้งที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสและเบต้าอะไมเลสที่ผ่านการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ลักษณะของมอลโทสซีรัปที่ผลิตได้จากการทดลองที่มีค่า DE ประมาณ 37-40 %

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้