ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T096961

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาไซรัปจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์

(Development syrup from banana by using Enzymes)

จัดทำโดย

นายเอกยุทธ รัตนเสรีเกียรติ รหัส 46040280

นายนำชัย พุ่มระย้า รหัส 46040209

นายวรวิทย์ จริยธำรงวิทย์ รหัส 46040243

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

เลขทะเบียน 96961

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

(รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

b 11228162

i.............................

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายเอกยุทธ รัตนเสรีเกียรติ นายนำชัย พุ่มระย้า และนายวรวิทย์ จริยธำรงวิทย์ 2549 :
การพัฒนาไซรัปจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันไซรัปจากผลไม้นั้นสามารถทำได้เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น ซึ่งการทำไซรัปจากกล้วยน้ำว้านั้นได้พัฒนามาจากการทำไซรัปจากกล้วยหอมทอง การผลิตไซรัปจากผลไม้นั้นผลไม้ที่นำมาผลิตควรจะเป็นผลไม้ที่สามารถสกัดเอาน้ำผลไม้มาได้อย่างง่าย ซึ่งในการสกัดที่ใช้การสับชิ้นส่วนของเนื้อผลไม้ให้ละเอียด แล้วบีบเอาน้ำออกมาแล้วนั้น เราอาจจะใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัด เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) การผลิตไซรัปผลไม้ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ อยู่ 2 ขั้นตอน คือ การสกัดน้ำผลไม้ การทำให้เข้มข้น การสกัดน้ำผลไม้วิธีที่จะให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมากที่สุดหรือที่จะสามารถสกัดน้ำผลไม้ออกมาได้มากที่สุด อาจมีหลายวิธีด้วยกันแต่ในปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้ใช้วิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์ เอนไซม์ที่ใช้คือ เอนไซม์เพคติเนส เอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์อะไมเลส โดยเอนไซม์จะมีการย่อยแป้งจากเนื้อกล้วยเปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำตาลช่วยให้ได้ไซรัปที่หอมหวาน และนำไปทำให้เข้มข้นเพื่อเพิ่มปริมาณ Brix ในไซรัปให้มากขึ้น น้ำผลไม้ที่สกัดได้ทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออกภายใต้ระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 °C โดยใช้ Rotary evaporator ให้มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 65-70 °Brix

ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี
เอกยุทธ นำชัย วรวิทย์		26/3/50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษหัวข้อเรื่อง การพัฒนาไซรัปจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาจาก รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ เป็นท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ท่านได้สละเวลาอันมีค่ามาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่างๆ และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ จึงขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านเพื่อนๆพี่ๆ ท่านเลขาของท่านอาจารย์ที่ปรึกษารวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความสนับสนุนและให้ความอำนวยสะดวกด้านต่างๆ เสมอมา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณและรำลึกถึงพระคุณบิดามารดาพี่น้องและญาติมิตรของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจสนับสนุนข้าพเจ้าเสมอมา โดยตลอด

นายเอกยุทธ รัตนเสรีเกียรติ
นายวรวิทย์ จริยธำรงวิทย์
นายนำชัย พุ่มระย้า

8 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารอย่างมาก มีรสชาติที่หอมหวาน มีกลิ่นรสที่เฉพาะตัว ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการขยายพื้นที่ที่ผลิตกล้วยขึ้นมามาก ทำให้มีปริมาณกล้วยและการส่งออกกล้วยที่มากยิ่งขึ้นแต่มีผลผลิตจำนวนที่ไม่น้อยที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดได้ถูกคัดออกแม้คุณภาพของเนื้อกล้วยจะยังดีอยู่ก็ตาม กล้วยน้ำว้า (Pisang Awak , Musa sapientum Linn. Musaceae) ก็เป็นกล้วยชนิดหนึ่งที่มีมากในประเทศไทยโดยสามารถพบได้ในทุกภาคของประเทศไทยเนื่องจากกล้วยน้ำว้าเป็นพืชที่ปลูกง่ายโตเร็ว สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะทั้งสุกหรือดิบก็ตาม โดยกล้วยน้ำว้านั้นมีประโยชน์อย่างมากต่อร่างกาย โดยสามารถป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร และแก้การท้องเสียได้เป็นอย่างดี กล้วยน้ำว้านั้นนิยมนำมาทำเป็นของหวานเพราะมีรสชาติที่หอมหวานอยู่มาก การทำเป็นไซรัปนั้นก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากกล้วยน้ำว้าได้อย่างมีคุณค่าแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก และเพื่อให้กล้วยนั้นสามารถสกัดออกมาเป็นไซรัปได้ง่ายขึ้น จึงมีการนำเอนไซม์มาเป็นตัวช่วยในการสกัด ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงชนิดของเอนไซม์ที่จะนำมาสกัดกับกล้วยน้ำว้าให้ได้ผลดีที่สุด และจะศึกษาคุณภาพของไซรัปที่ผลิตออกมาด้วยวิธีต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
คำนำ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ วัตถุประสงค์	
- บทนำ	1
- วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกล้วยน้ำว้า	3
- คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย	4
- ประโยชน์จากกล้วย	5
- เอนไซม์	5
- กลไกการทำงานของเอนไซม์	5
- การเสื่อมสภาพของเอนไซม์	7
- ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	8
- ประเภทของเอนไซม์	13
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาไซรัปจากกล้วย	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
- วัตถุดิบ	17
- สารเคมี	17
- อุปกรณ์	17
- เครื่องมือ	17
- การวางแผนการทดลอง	18
- การเตรียมวัตถุดิบ	18
- การทำเป็นไซรัป	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

- การศึกษาการใช้เอนไซม์ Pectinase , Cellulase ,Amylase ต่อปริมาณและคุณภาพของไซรัป 20
- การศึกษาการใช้เอนไซม์ร่วมกันอย่างละ 2 ชนิดโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase , Pectinase +Amylase , Amylase + Cellulase ต่อปริมาณและคุณภาพของไซรัป 20
- การศึกษาการใช้เอนไซม์ร่วมกันอย่างละ 3 ชนิดโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase + Amylase 20
- การทดสอบทางคุณภาพของไซรัป 20

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์การทดลอง
- เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ Cellulase Pectinase,Amylase 22
- เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase+ Cellulase , Pectinase + Amylase , Amylase + Cellulase 24
- เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase + Amylase 26
- ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส 27
- สรุปผลการทดลอง 28

เอกสารอ้างอิง 29
- ภาคผนวก ก 1 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(เนื้อกล้วยบด) 31
- ภาคผนวก ก 2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด(AOAC,2000) 31
- ภาคผนวก ข การทดสอบทางประสาทสัมผัส 32
- ภาคผนวก ค รูปประกอบวิธีทำ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของกล้วยแต่ละชนิด	4
2	วัตถุประสงค์ของการใช้เอนไซม์ต่างๆ	11
3	จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเอนไซม์	14
4	การใช้เอนไซม์ในเครื่องดื่ม	14
5	เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้โดยการใช้เอนไซม์ เซลลูเลส เพคติเนส และอะไมเลส	22
6	เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase , Pectinase + Amylase , Amylase + Cellulase	24
7	เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase + Amylase	26
8	คะแนนลักษณะปรากฏทางประสาทสัมผัส	32
9	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางความหวาน	33
10	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางความข้นหนืด	33
11	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางกลิ่น	34
12	คะแนนความชอบโดยรวมการทดสอบทางประสาทสัมผัส	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขั้นตอนการเตรียมกล้วย	18
2	ขั้นตอนการทำเป็นไซรัป	19
3	การปั่นกล้วยกับน้ำ	35
4	น้ำกล้วยหลังการปั่น	35
5	เอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตไซรัป	36
6	การปิเปตเอนไซม์ลงในกล้วย	36
7	การบ่มเอนไซม์	36
8	น้ำกล้วยก่อนเข้าการหมุนเหวี่ยง	37
9	น้ำกล้วยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยงแล้ว	37
10	กากของกล้วยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	37
11	ไซรัปจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ วัตถุประสงค์

บทนำ

กล้วยน้ำว้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Musa sapientum Linn. Musaceae"Kluai Nam Wa" สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ลักษณะของกล้วย คือ จะมีเครือหนึ่งมีประมาณ 7 - 10 หวี หวีหนึ่งมี 10 - 16 ผล ก้านผลยาวเปลือกหนาสุกมีสีเหลืองเนื้อสีขาวรสหวานไส้กลางมีสีเหลือง ชมพูหรือขาวทำให้แบ่งออกเป็นกล้วยน้ำว้าเหลืองกล้วยน้ำว้าแดงและกล้วยน้ำว้าขาว(Simmonds,1966)

กล้วยน้ำว้าเป็นพืชบ้านที่ทุกคนรู้จักดี ปลูกง่ายโตเร็ว ออกดอกผล ให้แล้วก็จากไปพร้อมกับทิ้งทายาทใหม่ ขยายพันธุ์มากมาย กล้วยน้ำว้า เป็นผลไม้ เป็นผัก เป็นอาหารคาว อาหารหวาน อาหารว่าง ส่วนต่าง ๆ ของกล้วยใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น อาหารสัตว์ เป็นภาชนะ เป็นวัสดุอุปกรณ์เป็นของเล่นและเป็นส่วนสำคัญในพิธีกรรมหลายอย่าง(เบญจมาศ,2545)

ปัจจุบันประเทศไทยได้ขยายพื้นที่การปลูกกล้วยน้ำว้า ทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่มีผลผลิตจำนวนไม่น้อยที่ไม่ได้มาตรฐานในการส่งออกและถูกคัดทิ้งแม้คุณภาพของเนื้อยังดีอยู่ กล้วยมีอายุการเก็บรักษาและการวางจำหน่ายในตลาดสั้น จึงต้องรีบขายมิฉะนั้นจะสุกเกินไปและเน่าเสียในที่สุด แนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของกล้วยที่สุกเกินรับประทานสดคือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เพราะกล้วยสุกเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงจึงมีแนวคิดที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไซรัป (พัชรินทร์,2541)

ไซรัปผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำผลไม้ที่ผลิตจากผลไม้มาทำให้เข้มข้น มีลักษณะเป็นน้ำตาลเหลว ข้นหนืด มีกลิ่นรสผลไม้ สามารถเก็บรักษาได้นานเนื่องจากมีความน้ำตาลสูง ไซรัปผลไม้อาจมีลักษณะขุ่นหรือใสก็ได้ แต่ต้องมีส่วนของน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณสารละลายที่ละลายน้ำได้อย่างน้อย 65 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความเป็นกรดต่ำ ถ้ามีน้ำตาลน้อยกว่า 68 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้สารเคมีช่วยในการเก็บรักษา หากต้องการดื่มเป็นเครื่องดื่มต้องทำให้เจือจางก่อนดื่ม ซึ่งควรมีสารที่ละลายน้ำ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ และมีความเป็นกรด 0.5 - 0.6 เปอร์เซ็นต์ (ไพโรจน์,2535)

ผลไม้ที่นำมาผลิตควรเป็นผลไม้ที่สามารถสกัดเอาน้ำผลไม้ออกมาได้อย่างง่าย ซึ่งในการสกัดที่ใช้การสับชิ้นส่วนของเนื้อผลไม้ให้ละเอียด แล้วบีบเอาน้ำออกมาแล้วนั้นเราอาจจะใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัด เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) ก็คือจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้นั่นเอง (วิชัย,2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นไซรัปแล้วผลิตภัณฑ์ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน มีความข้นหนืดและมีสีสม่ำเสมอ ไม่มีเมล็ด เศษเปลือก เนื้อ และสารที่เติมไปในผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นรสที่ดี ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม ต้องไม่มีกลิ่นไหม้หรือน้ำตาลไหม้ กลิ่นรสตามธรรมชาติของผลไม้ต้องคงอยู่ไม่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต และต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำไม่ได้น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์(มณฑาทิพย์,2538)

การผลิตไซรัปประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆอยู่ 2 ขั้นตอนคือ การสกัดน้ำผลไม้และการทำให้เข้มข้น การทำไซรัปจากกล้วยนั้นสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งการใช้เอนไซม์มาช่วยก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง กล้วยนั้นเป็นผลไม้ที่มีเนื้อมากน้ำน้อยและมีปริมาณสารเพคตินอยู่สูง การสกัดโดยการบีบคั้นทำให้ได้ผลผลิตน้อยและสกัดได้ยาก(อรุณี,2536) ซึ่งการใช้เอนไซม์เข้ามาช่วยย่อยสลายเพคตินในเนื้อกล้วยเพื่อทำให้ความหนืดลดลงจึงสกัดได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังช่วยทำให้น้ำกล้วยใสโดยเอนไซม์ที่ใช้ได้แก่ เอนไซม์เพคติเนส อะไมเลส และเซลลูเลส การใช้เอนไซม์หลายๆตัวจะช่วยทำให้การย่อยผนังเซลล์พืชมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้เอนไซม์เพียงตัวเดียว (เบญจพร,2541)

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาวิธีการผลิตไซรัปกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์ทางการค้า
- เพื่อศึกษา คุณภาพ ทางกายภาพ ของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

กล้วยน้ำว้า

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกล้วยน้ำว้า

ชื่อสามัญ Pisang Awak
ชื่อพ้อง กล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยใต้ กล้วยอ่อง
ชื่อวิทยาศาสตร์ Musa (ABB group) "Kluai Nam Wa"
แหล่งที่พบ พบได้ทุกภาคของไทย

ลักษณะทั่วไป
ต้น ลำต้นสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีสีเขียวอ่อน มีประดำบ้างเล็กน้อย
ใบ ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว
ดอก ก้านช่อดอกไม่มีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างป้อม ปลายป้าน ด้านนอกสีแดงอมม่วงมีนวลหนา ด้านในมีสีแดงเข้ม
ผล เครือหนึ่งมีประมาณ 7 - 10 หวี หวีหนึ่ง มี 10 - 16 ผล ก้านผลยาว เปลือกหนา สุกมีสีเหลืองเนื้อสีขาว รสหวาน ไส้กลางมีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ทำให้แบ่งออกเป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว

การใช้ประโยชน์ ผลใช้แปรรูป และรับประทานสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางโภชนาการ

กล้วยเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปแตสเซียม แมกนีเซียม ไอโอดีน วิตามินซี และโฟเลต นอกจากนี้ยังมีแคโรทีน วิตามินบีแทบทุกตัว วิตามินอี และกรดอะมิโนทริปโทแฟน กล้วยไข่มีสารเบต้าแคโรทีนมากเป็นพิเศษเมื่อเทียบกล้วยอื่น (ดูตาราง) เนื้อกล้วยอ่อนนุ่มย่อยง่ายทั้งกับเด็กเล็กและคนชรา ให้พลังงานและวิตามินเกลือแร่สมตัว หรือมากกว่าผลไม้อื่นๆในแง่พลังงาน เพราะกล้วยมีน้ำในเนื้อต่ำ จึงเข้มข้นด้วย คาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นตัวให้พลังงาน (Alais, C. and G. Lindon,1991)

นักกีฬาหลายคนชอบกินกล้วยเป็นของว่างแทนขนมขบเคี้ยว นอกจากจะทำให้มีแรง ยังให้โปแตสเซียมเกลือแร่สำคัญที่มักจะสูญเสีย พร้อมกับเหงื่อขณะออกกำลังกาย

โปแตสเซียมสำคัญอย่างไร โปแตสเซียมจำเป็นมากในการรักษาสมดุลของน้ำในร่างกาย ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ ช่วยการสันดาปแป้งและน้ำตาลและการส่งสัญญาณประสาท โปแตสเซียมยังมีหน้าที่ควบคุมจังหวะการเต้นของหัวใจและความดัน และสำหรับผู้สูงอายุมันอาจช่วยความเสี่ยงจากอาการเส้นเลือดตีบตันในสมอง (Noor, N. and M.A. Augustin,1984)

ลองดูตารางเปรียบเทียบกล้วยชนิดต่างๆต่อน้ำหนักเนื้อกล้วย ๑ ขีด

	กล้วยไข่	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอม
พลังงาน	๑๔๐	๑๓๙	๑๒๕
ไฟเบอร์	๑.๙	๒.๓	๑.๙
เบต้าแคโรทีน	๔๙๒	๕๔	๖๖
วิตามินซี	๒	๑๑	๒๗

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางอาหารของกล้วยแต่ละชนิด

จากตารางจะเห็นว่ากล้วยแต่ละชนิดก็มีจุดเด่นของตัวเอง การกินอาหารหลากหลายจึงเป็นคำตอบที่ดีที่สุดแต่สิ่งน่าสนใจคือกล้วยทุกชนิดให้พลังงานใกล้เคียงกับทุเรียนชะนี

กล้วย ๑ ขีด ให้พลังงาน ๑๔๐ กิโลแคลอรี่

ทุเรียนชะนีให้พลังงาน ๑๓๙ กิโลแคลอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์จากกล้วย

กล้วยสุก แก้โรคท้องผูก ความดันโลหิตสูง คอเจ็บ บำรุงผิว กล้วยดิบ แก้โรคท้องเสีย หัวปลี บำรุงน้ำนม ยางจากปลีกล้วยหรือก้านกล้วย รักษาแผลสดได้ และทาแก้แมลงสัตว์กัดต่อยได้ ราก กล้วย แก้ปวดฟัน แก้ร้อนใน โลหิตจาง ปวดหัว ปัสสาวะขัด แผลไฟไหม้ ดอกกล้วย แก้ โรคเบาหวาน ประจำเดือนขัด แก้ปวดประจำเดือน แก้โรคหัวใจ เปลือกกล้วย แก้ปวดท้องเป็น ประจำ แก้ผิวหนังเป็นตุ่ม หรือคันเป็นผื่น แก้ฝ่ามือฝ่าเท้าแตก (Fernendes,1979)

เอนไซม์

เอนไซม์ คือ สารเคมีที่ถูกสร้างขึ้นมาจากหลายแหล่ง หลายที่ทำหน้าที่จำเพาะแตกต่างกันไป เช่น เอนไซม์ จากทางเดินอาหาร ตัวอย่างเช่น เอนไซม์ อะไมเลส ในน้ำลาย ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้ กลายเป็นน้ำตาลหน่วยเล็ก เพื่อให้ร่างกายสามารถเอาไปใช้เป็นแหล่งพลังงานเป็นต้น ในกรณีโรค เอดส์ ก็มีเอนไซม์ รีเวิร์ส ทรานสคริปเทส ที่ HIV ผลิตขึ้นมาเพื่อให้เกิดการรวมกันของสาย พันธุกรรมของไวรัส (RNA) กับสายพันธุกรรมของคน (DNA) ในขบวนการขยายตัว หรือ เอนไซม์ โปรตีเอส ของ HIV เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทในช่วงสุดท้าย ที่ไวรัสจะประกอบเป็นตัว ทำหน้าที่ตัด สายโปรตีนจากไวรัสให้สั้นลง เพื่อนำชิ้นส่วนเหล่านั้น ไปประกอบเป็นไวรัสตัวใหม่ได้สะดวก ยา ที่ใช้ต้านไวรัสในปัจจุบันเป็นกลุ่มยาที่ทำหน้าที่ขัดขวาง หรือยับยั้ง เอนไซม์ ทั้งสองชนิดนี้ เพื่อ วัตถุประสงค์ในการลด หรือควบคุมปริมาณของไวรัส (Rombouts,1978)

กลไกในการทำงานของเอนไซม์

ในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้น โมเลกุลที่จะเข้าสู่ปฏิกิริยาได้ ตามปกติจะต้องมีพลังงานสูงซึ่ง โมเลกุลเหล่านี้จะมีพลังงานสูงขึ้นได้ในบางครั้งโดยการชนกันของโมเลกุล นอกจากนั้นการเพิ่ม อุณหภูมิให้กับสารเคมีจะทำให้จำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงเพิ่มขึ้นมาก จึงทำให้โมเลกุลเกิดการ ชนกันมากขึ้นปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้นถ้าไม่มีอุณหภูมิสูงเข้ามา เกี่ยวข้อง เอนไซม์จะช่วยเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาให้เร็วขึ้นได้ (Gous,1978)

ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้น สารเริ่มต้นจะต้องเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการเปลี่ยนนี้จะต้องใช้ พลังงานจำนวนหนึ่งเรียกว่า Energy of Activation การเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มจำนวนโมเลกุลที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานสูงขึ้น ทำให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่เรียกว่า Transition state ซึ่งเป็นสภาพที่ chemical bond ของโมเลกุลจะแตกออกเพื่อสร้างโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ขึ้นมา ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ ส่วนเอนไซม์จะลดความต้องการ Energy of Activation ลง ซึ่งก็คือเพิ่มจำนวนโมเลกุลที่จะทำปฏิกิริยาได้ให้มากขึ้น การที่เอนไซม์ทำให้ Energy of Activation ลดลงได้นี้ยังไม่เป็นที่เข้าใจเด่นชัดนัก แต่พอจะทราบว่าเอนไซม์จะรวมตัวกับสารเริ่มต้นเกิดเป็น เอนไซม์-สารเริ่มต้น (Enzyme-Substrate Complex) ซึ่งการเกิดเอนไซม์-สารเริ่มต้น เกาะกันขึ้นมานี้ ทำให้แขนที่เกาะกันของสารเริ่มต้นหัก แล้วเกิดการจับกันใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ได้เร็วกว่าการไม่ใช้เอนไซม์ (Dekker,1994)

อัตราเร่งปฏิกิริยาทางเคมีจะเพิ่มขึ้นได้สองทาง ได้แก่ การเพิ่มอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มพลังงานให้แก่โมเลกุลของสารเริ่มต้นปฏิกิริยาให้อยู่ใน transition state ปฏิกิริยาหลายปฏิกิริยามีอัตราเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส อีกทางหนึ่งในการเพิ่มอัตราเร่งของปฏิกิริยาได้แก่ การเติมตัวเร่งหรือคะตะไลซ์ (catalyst) ตัวเร่งนี้จะรวมตัวกับสารเริ่มต้นปฏิกิริยาให้อยู่ในสภาพ transition state ซึ่งต้องการพลังงานน้อยกว่าตอนที่ไม่มีตัวเร่ง ดังนั้นตัวเร่งจะทำความต้องการพลังงานลดลง(ดวงภรณ์และปราณี,2546)

ในการเกิด เอนไซม์-สารเริ่มต้น นี้มีสมมุติฐานอธิบายอยู่ 2 ความคิดด้วยกัน คือ

1. สมมุติฐาน แม่กุญแจและลูกกุญแจ (Lock and Key) อธิบายโดย Emil Fischer ในปี ค.ศ. 1884 ว่า โครงสร้างการเกิด เอนไซม์-สารเริ่มต้นนี้ จะเป็นโครงสร้างที่ไม่ยืดหยุ่น โดยที่ เอนไซม์โมเลกุลจะมีส่วนหนึ่งที่จะรวมกับสารเริ่มต้นได้ ทำให้สารเริ่มต้นเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนนั้นเรียกว่า Active Site และส่วนนี้เป็นส่วนที่ไม่ยืดหยุ่น และมีความเฉพาะเจาะจงต่อสารเริ่มต้น จึงเป็นการยากที่จะอธิบายถึงการเกิดปฏิกิริยาผันกลับ (Reversibility) เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะไม่สามารถรวมกับ Active Site ของเอนไซม์ได้ เพราะโครงสร้างต่างจากสารเริ่มต้น

2. สมมุติฐาน Induced-fit อธิบายในปี ค.ศ. 1973 โดย D.F. Koshland ว่า Active Site ของเอนไซม์สามารถถูกเหนี่ยวนำให้เปลี่ยนรูปร่างได้ เมื่ออยู่ใกล้กับสารเริ่มต้นหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้รวมกับสารเริ่มต้นหรือผลิตภัณฑ์ก็ได้ นอกจากเอนไซม์จะเปลี่ยนรูปร่างแล้ว โครงสร้างของสารเริ่มต้นก็เปลี่ยนไปด้วย เพื่อจะได้พอดีกับ Active Site ของเอนไซม์

แม้ว่าจะมีจำนวน เอนไซม์-สารเริ่มต้น ที่ได้รับการศึกษาไม่มากนัก แต่ก็เป็นที่เข้าใจกันว่าแขนที่จะเกาะกันของเอนไซม์-สารเริ่มต้นนั้นอาจจะเป็น โควาเลนท์ (Covalent) ไอออนนิค (Ionic) ไฮโดรเจน (Hydrogen) หรือ แวน เดอ วัลส์ (Van der Waals) ก็ได้ แขนแบบโควาเลนท์และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอออนนิค เป็นแขนที่สำคัญที่สุดสำหรับการเกิดปฏิกิริยา แต่ถึงแม้ว่าแขนแบบโควาเลนท์ ซึ่งแข็งแรงจะเกิดขึ้นมา แต่ตามปกติก็จะหักอย่างรวดเร็วแล้วก็ให้ผลิตภัณฑ์ออกมา(ปราณี,2543)

การเสื่อมสภาพของเอนไซม์ (Denaturation)

เมื่อโครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนไปจนสารเริ่มต้นรวมกับเอนไซม์ที่ Active Site ไม่ได้ จะทำให้คุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์หมดไป ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างทำให้เกิดการหมดสภาพของเอนไซม์ มีหลายกรณีที่เมื่อเอนไซม์เกิดการเสื่อมสภาพไปแล้ว ไม่สามารถจะกลับคืนมาสู่สภาพที่ทำงานได้อีก เช่น กรณีที่ได้รับอุณหภูมิสูงทั้งนี้เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสร้างแขนชนิด โควาเลนท์ระหว่างลูกโซ่ โพลีเพปไทด์ (Polypeptide chain) หรือในลูกโซ่โพลีเพปไทด์เดียวกัน และแขนเหล่านี้จะมีความคงตัวมากจนไม่สามารถทำให้แตกหักได้ (พัชรา,2541)

ดังนั้น ในการสกัดเอนไซม์ออกจากพืช หรือการทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์ จึงมักต้องทำใน ที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเอนไซม์จากความร้อน ทั้ง ๆ ที่ถ้าเอนไซม์อยู่ในเซลล์อาจจะทนต่ออุณหภูมิสูงระดับหนึ่งได้ แต่เมื่อสกัดออกจากเซลล์ความทนทานต่ออุณหภูมิสูงจะลดลง ซึ่งยังไม่เข้าใจนักว่าเป็นเพราะเหตุใด แต่คาดกันว่าอาจจะเป็นเพราะในระหว่างการสกัดเอนไซม์นั้นได้กำจัดสารป้องกันเอนไซม์ออกไปหรืออาจทำให้สารดังกล่าวเจือจางลง(วิภาดา ,2537)

ออกซิเจนและสารที่เป็นสารออกซิไดซ์สามารถทำให้เอนไซม์หลายชนิดเสื่อมสภาพได้ โดยมักจะทำให้เกิดไดซัลไฟด์ บริดจ์ (Disulfide Bridges) ในลูกโซ่โพลีเพปไทด์ที่มี -SH ของกรด อะมิโน ซีสตีอีน (Cysteine) สารรีดิวซ์สามารถทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพได้ในเหตุผลตรงกันข้ามคือ จะไปทำลายไดซัลไฟด์ บริดจ์ เกิดเป็น -SH 2 กลุ่ม นอกจากนั้นโลหะหนัก เช่น Ag^{+} Hg^{+2} และ Pb^{+2} ก็สามารถทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพได้เช่นกัน (Alkorta,1998)

ในสภาพที่แห้งเอนไซม์จะมีความคงทนต่ออุณหภูมิสูงดีกว่าในสภาพที่มีน้ำมาก และด้วยเหตุนี้เมล็ดที่แห้งหรือสปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรียที่แห้ง จึงต้านทานต่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นในการฆ่าสปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรีย การใช้ความร้อนชื้นจากหม้อนึ่งอัดไอน้ำ จึงมีประสิทธิภาพดี นอกจากนั้นในสภาพที่แห้งเมล็ดและสปอร์ที่แห้งยังทนต่ออุณหภูมิต่ำในระหว่างฤดูหนาวได้ดีเช่นกัน (Dongowski, G. and S. Sembries, 2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

1. ความเข้มข้นของเอนไซม์และสารเริ่มต้น การเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ จะต้องมีการรวมตัวกันของ เอนไซม์-สารเริ่มต้น อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับจำนวนการชนกันของโมเลกุลทั้งสอง ถ้ามีสารเริ่มต้นพอเพียง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เป็นสองเท่าจะทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นไปเป็น 2 เท่าด้วย แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเอนไซม์ต่อไปเรื่อย ๆ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นแนวระนาบเพราะสารเริ่มต้นเริ่มหมดไป ทำให้เป็นตัวจำกัดการเกิดปฏิกิริยาได้ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับการชนกันของโมเลกุล ซึ่งจะชนกันมากขึ้นเมื่อปริมาณเอนไซม์หรือสารเริ่มต้นมากขึ้น

อัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้นนั้น ถ้าให้เอนไซม์เป็นตัวคงที่และเพิ่มปริมาณสารเริ่มต้นขึ้นเรื่อยๆ นั้น ปฏิกิริยาได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 อัตราเร็วของปฏิกิริยาเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อความเข้มข้นของสารเริ่มต้น

ระยะที่ 2 อัตราเร็วของปฏิกิริยาเริ่มลดลงเนื่องจากปริมาณของเอนไซม์เริ่มเป็นตัวจำกัด

ระยะที่ 3 อัตราเร็วถึงจุดอิ่มตัว

Km หรือ Michaelis-MentenConstant คือค่าความเข้มข้นของสารเริ่มต้นที่ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วสูงสุด ค่า Km สามารถบ่งบอกถึงความเร็วในการรวมตัวของเอนไซม์และสารเริ่มต้น เช่น ถ้าเปรียบเทียบสารเริ่มต้นสองชนิด ว่าชนิดใดจะรวมตัวกับเอนไซม์ได้ดีกว่านั้นสามารถดูจากค่า 1/ Km

ถ้าสารเริ่มต้นชนิดที่ 1 มีค่า km = 0.25 M

และสารเริ่มต้นชนิดที่ 2 มีค่า km = 0.4 M

พบว่าค่า 1/ Km ของสารที่ 1 = 4 และ 1/ Km ของสารที่ 2 = 2.5

แสดงว่า สารเริ่มต้นชนิดที่ 1 จะรวมตัวกับเอนไซม์ได้ดีกว่าสารเริ่มต้นชนิดที่ 2

ค่า Km ขึ้นอยู่กับชนิดของโคเอนไซม์ ความเป็นกรดด่างและอุณหภูมิ ค่า Km ของเอนไซม์ที่พบในปัจจุบันอยู่ในช่วง 10^{-3} ถึง 10^{-7} M ถ้าเอนไซม์ชนิดเดียวกันสามารถทำปฏิกิริยาได้กับสารเริ่มต้น 2 ชนิด ค่า Km ของเอนไซม์จะต่างกันตามชนิดของสารเริ่มต้นด้วย การที่ค่า Km ต่ำแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์-สารเริ่มต้น จะค่อนข้างอยู่ตัว หรือนั่นคือถ้ามีสารเริ่มต้นสองชนิดที่คล้ายกัน เอนไซม์จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารเริ่มต้นซึ่งมีค่า Km ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเป็นกรดด่าง (pH) pH ของสารละลายจะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในหลายด้านตามปกติเอนไซม์แต่ละชนิดจะมี pH ที่เหมาะสมในการทำงาน ซึ่งการทำงานของเอนไซม์จะลดลงเมื่อ pH สูงหรือต่ำกว่า pH ที่เหมาะสม pH ที่เหมาะสมของเอนไซม์ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 6-8 การที่ pH สูงมากหรือต่ำมาก จะทำให้เอนไซม์เสื่อมสภาพ

เนื่องจากเอนไซม์ประกอบด้วยกลุ่ม (อะมิโน) และ (คาร์บอกซิล) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประจุของไฮโดรเจนไอออนในสารละลาย ทำให้มีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

pH ลดลง $-NH_2$ กลายเป็น $-NH_3^+$

pH เพิ่มขึ้น - COOH กลายเป็น - COO-

pH อยู่ที่ isoelectric point

$-NH_2$ ยังคงเป็น $-NH_2$

- COOH ยังคงเป็น - COOH

นอกจาก pH จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเอนไซม์แล้ว pH ยังมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาอีก 2 ทาง คือ

2.1 กิจกรรมของเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับการปรากฏของกลุ่มอะมิโน และกลุ่ม คาร์บอกซิล ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มอาจจะมีประจุหรือไม่มีประจุก็ได้ แต่เอนไซม์จะทำงานได้ดีเพียงเมื่อกลุ่มทั้ง 2 มีประจุหรือไม่มีประจุแล้วแต่ชนิดของเอนไซม์ ถ้าเอนไซม์ทำงานได้ดีเมื่อกลุ่มอะมิโนไม่มีประจุ pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้มักจะสูง ในขณะที่ถ้าเอนไซม์ทำงานได้ดี เมื่อคาร์บอกซิลเป็นกลาง pH ที่เหมาะสมจะต่ำ

2.2 pH ควบคุมการแตกตัวของสารเริ่มต้น ซึ่งมีหลายปฏิกิริยาต้องเกิดการแตกตัวของสารเริ่มต้นก่อน ปฏิกิริยาจึงจะดำเนินต่อไปได้

3. อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นด้วย อัตราการเพิ่มความเร็วของปฏิกิริยาคำนวณได้จากค่า Q_{10} หรือ Temperature Quotient ค่า Q_{10} ของเอนไซม์มักจะมีค่ามากกว่า 1 ขึ้นไป

$$Q_{10} = \frac{\text{อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ } X^{\circ} + 10^{\circ}C}{\text{อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ } X^{\circ}C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (Reaction product) อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น สามารถวัดได้จากอัตราการหายไปของสารเริ่มต้นหรืออาจจะวัดจากการปรากฏขึ้นของผลิตภัณฑ์ หรือทำทั้ง 2 วิธีพร้อมกัน แต่ไม่ว่าจะวัดโดยวิธีใด จะพบว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เกิดช้าลงนี้ เป็นเพราะเกิดการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ นอกจากนั้นยังเกิดเพราะมีการลดลงของสารเริ่มต้น และผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์มากขึ้น จนถึงความเข้มข้นหนึ่ง อาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาผันกลับ (Reversibility) โมเลกุลของ ผลิตภัณฑ์จะรวมกับเอนไซม์แทนสารเริ่มต้นทำให้ปฏิกิริยาถูกจำกัดได้

5. สารระงับการทำงานของเอนไซม์ (Inhibitors) มีสารหลายชนิดที่สามารถระงับการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ สารเหล่านี้อาจจะเป็นสารอนินทรีย์ เช่น โลหะหนักต่าง ๆ หรืออาจจะเป็นสารอินทรีย์ เช่น สารประกอบฟีโนลิค (Phenolic) หรือโปรตีน แต่อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

5.1 Competitive Inhibitor เป็นสารชะงักการทำงานของเอนไซม์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับสารเริ่มต้นมาก และเข้าแย่งทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ ที่ Active Site ของเอนไซม์ เมื่อเกิดการรวมกันเป็นเอนไซม์-สารชะงัก (Emzyme-Inhibitor) จะทำให้ปริมาณของเอนไซม์ลดลง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง สารชะงักเหล่านี้อาจจะเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนไปก็ได้ การเพิ่มปริมาณของสารเริ่มต้นให้มากขึ้นจะลดผลของ Competitive Inhibitor ได้ ตัวอย่างของ Competitive Inhibitor คือ การที่มาโลเนท (malonate) แย่งทำปฏิกิริยากับ succinate dehydrogenase ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ปกติจะทำปฏิกิริยากับ succinate ได้ fumarate ซึ่งปรากฏในการหายใจ ซึ่งเมื่อ malonate รวมกับเอนไซม์แล้วทำให้การหายใจเกิดไม่ได้

5.2 Non competitive Inhibitor สารชะงักการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้จะเข้ารวมกับเอนไซม์แต่จะไม่รวมที่ Active Site สารพวกนี้มีลักษณะต่างจากสารเริ่มต้น การเพิ่มปริมาณของสารเริ่มต้นจะไม่สามารถลบล้างผลของสารเหล่านี้ได้ โลหะที่เป็นพิษทั้งหลาย และสารที่รวมหรือทำลาย กลุ่มซัลฟ์ไฮดริล มักจะเป็นสารในกลุ่มนี้ เช่น การที่มีออกซิเจนมาก จะทำให้ -SH ถูกออกซิไดซ์ เกิดไดซัลไฟด์ บริดจ์ขึ้นมา ซึ่งทำให้โครงสร้างของเอนไซม์เปลี่ยนไป ทำให้ Active Site รวมกับสารเริ่มต้นไม่ได้ ส่วนโลหะ เช่น Hg^{+2} และ Ag^{+} จะเข้าแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของกลุ่มซัลฟ์ไฮดริล เกิดเป็น เมอแคบไทด์ (Mercaptides) ซึ่งไม่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 Uncompetitive Inhibitor สารชะงักการทำงานของเอนไซม์ ชนิดนี้ไม่รวมกับเอนไซม์อิสระ และไม่มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ และสารเริ่มต้น แต่จะเข้ารวมกับ เอนไซม์-สารเริ่มต้น ทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ การชะงักการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสารเริ่มต้นมากขึ้น สารชะงักชนิดนี้มักจะพบในปฏิกิริยาซึ่งมีสารเริ่มต้นสองชนิด

ตารางที่ 2 วัตถุประสงค์ของการใช้เอ็นไซม์ในอุตสาหกรรมต่างๆ

เอนไซม์	ผลิตภัณฑ์ชนิด อุตสาหกรรม	วัตถุประสงค์หรือ ลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
Amylase	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	เพื่อเปลี่ยนแปลงน้ำตาลสำหรับหมัก เพื่อแยกแป้งออกจากสารละลายจะช่วยลดความขุ่น และความหนืด
	น้ำผลไม้	เพื่อแยกและทำลายแป้งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำผลไม้จากเนื้อผลไม้
Cellulase	ผงซักฟอก	เพื่อขยายเส้นใยเซลลูโลสของผ้า ทำให้เอนไซม์เข้าสู่เนื้อผ้า ทำให้สิ่งสกปรกหลุดจากเนื้อผ้า
	กาแฟ	ช่วยย่อยสลายเซลลูโลสในระหว่างการทำเมล็ดกาแฟให้แห้ง
Tannase	เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	เพื่อแยกสารประกอบพวกพอลีฟีนอล
Lactase	ไอศกรีม	เพื่อป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลแลคโตส ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อหยาบ
	นม	ช่วยทำให้โปรตีนนมมีความเสถียร
Naringinase	ผลไม้ตระกูลส้ม	เพื่อลดสารขมในน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Protease	ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	เพิ่มความนุ่มในแป้งนวด ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมปัง มีความเป็นรูพรุนสม่ำเสมอ
	อาหารสัตว์	การย่อยสลายโปรตีนจากของเหลือทิ้งให้เป็นกรดอะมิโน
	ไวน์, เบียร์	กระบวนการแยกตะกอนโปรตีน ทำให้ผลิตภัณฑ์ใส
Lipase	เนยแข็ง	ย่อยสลายไขมันในระหว่างการบ่ม ช่วยเพิ่มกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์
	น้ำมัน	เปลี่ยนลิปิดเป็นกลีเซอรอล และกรดไขมัน
	ผงซักฟอก	ลดแรงตึงผิว
Phosphatase	อาหารเด็ก	เพิ่มปริมาณฟอสเฟต
	นม	ตรวจสอบประสิทธิผลของการพาสเจอร์ไรส์
Peroxidase	การวิเคราะห์น้ำตาลกลูโคส	โดยใช้ร่วมกับกลูโคสออกซิเดส
Polyphenol oxidase	ชา กาแฟ และใบยาสูบ	เพื่อพัฒนาให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการบ่ม การหมัก และการทำให้เกิดการสุกงอม
Ascorbic acid oxidase	ผักและผลไม้	ทำลายวิตามินซี

เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวภาพที่นำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหาร เพราะประเทศไทยมีวัตถุดิบทางการเกษตรหลากหลายชนิด เช่น ธัญพืช ผัก ผลไม้ สามารถทำให้เกิดอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างต่อเนื่องและครบวงจรในปริมาณและคุณภาพสูง เช่น เอนไซม์ทำให้เกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ ดังนั้นจึงช่วยในการลดความหนืด การสกัดสำหรับกระบวนการแปรรูปในผลิตภัณฑ์อาหาร โปรตีน เอนไซม์ช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ย่อยสลายโปรตีนสำหรับ อุตสาหกรรมเนยแข็ง ลดความขุ่นในเบียร์ ไวน์ จะเห็นได้ว่า เอนไซม์ถูกนำมาใช้ 2 ลักษณะ คือ ใช้ในกระบวนการแปรรูปและใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้นมาจาก 3 แหล่ง คือ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ โดยการเลือกใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร มีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึงถึง เช่น

1. ความจำเพาะ ต้องเลือกเอนไซม์ที่มีความจำเพาะสูงสุด จึงจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปริมาณสูงสุดด้วย

2. ระดับความเป็นกรด - ด่าง การเลือกระดับ pH ที่เหมาะสมของปฏิกิริยา จะช่วยให้เอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุด

3. ระดับอุณหภูมิ เช่นเดียวกับระดับ pH อุณหภูมิที่เหมาะสมก็จะช่วยให้การทำงานของเอนไซม์ดีด้วย

4. หาได้ง่าย มีความสะดวกแก่ผู้ใช้ รวมทั้งมีคุณภาพสม่ำเสมอ และเชื่อถือได้

5. ราคา มีราคาไม่สูงมาก

ประเภทของเอนไซม์

เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหาร แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เอนไซม์ในอาหาร (endogenous enzyme) และเอนไซม์นอกอาหาร (exogenous enzyme)

1. Endogenous enzyme หมายถึง เอนไซม์ซึ่งปรากฏอยู่ในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ และมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นได้ทั้งในลักษณะที่ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นต้องการและไม่ต้องการ เช่น เกิดกลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น กลิ่นซัลเฟอร์ กลิ่นหืน

2. Exogenous enzyme หมายถึง เอนไซม์ซึ่งเติมลงไปในกระบวนการแปรรูปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ ที่ต้องการ โดยทั่วไปการนำเอนไซม์มาใช้ในอุตสาหกรรมก็จะเป็นแบบ exogenous enzyme ทั้งสิ้น ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาใช้ทั้งในรูปแบบเอนไซม์อิสระ เอนไซม์ตรึงรูป เอนไซม์ดัดแปลงทางเคมี และเอนไซม์ดัดแปลงทางพันธุกรรม

ในปัจจุบันได้มีการนำความรู้ทางพันธุ-วิศวกรรมมาดัดแปลงยีนของเซลล์จุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์ได้มากขึ้นในต้นทุน ที่ต่ำลง ดังตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเอนไซม์

เอนไซม์	แหล่งเดิม	แหล่งใหม่	สภาพการใช้
Chymosin	ลูกวัว	E.coli	เนยแข็ง
α-galactosidase	ผลฝรั่ง	S.cerevisiae	กัมดัดแปลง
Glucoisomerase	Arthrobacter sp	E.coli	น้ำเชื่อมฟรุคโตส
Glucosoxidase	Aspergillus sp	S.cerevisiae	ผลิตกรดกลูโคนิก
β-galactosidase	Kluyveromyces lactis	S.cerevisiae	การใช้ประโยชน์จากหางนม

นอกจากการใช้เอนไซม์ในอาหารแล้วก็ยังมีการใช้เอนไซม์ในเครื่องดื่มด้วย ซึ่งการใช้นั้นมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่องดื่ม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การใช้เอนไซม์ในเครื่องดื่ม

เอนไซม์	ประเภทเครื่องดื่ม	วัตถุประสงค์หรือลักษณะปฏิกิริยาการใช้เอนไซม์
Amylase	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	เพื่อเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลสำหรับหมัก เพื่อแยกแป้งออกจากสารละลาย
Cellulase	เครื่องดื่มมีแอลกอฮอล์	เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก
Naringinase	เครื่องดื่มน้ำผลไม้ตระกูลส้ม	เพื่อลดสารขม
Pectinase	น้ำผลไม้	ช่วยสกัดน้ำผลไม้จากเนื้อเยื่อให้ผลิตผลสูง

สำหรับเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม เช่น เบียร์ ไวน์ นั้นเป็นเครื่องดื่มที่ผ่านขั้นตอนการหมักด้วยจุลินทรีย์ และอาศัยบทบาทของจุลินทรีย์ในระหว่างการเจริญแล้วสร้างแอลกอฮอล์จากสารอาหารในสารละลายหมัก ได้แก่ แป้ง น้ำตาล เป็นแหล่งคาร์บอน ใช้โปรตีนหรือกรดอะมิโนเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน ดังนั้นก่อนที่จะไปถึงขั้นตอนการหมักด้วยจุลินทรีย์จะเป็นขั้นตอนของการเตรียมสารละลายที่เรียกว่า เวอร์ท (wort) ในสารละลายเวอร์ทจะประกอบด้วย สารละลายที่ผ่านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์จนอยู่ในสภาพที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและละลายได้ในปริมาณเพียงพอที่จะให้จุลินทรีย์ใช้เป็นวัตถุดิบในการเจริญและสร้างอัลกอฮอล์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือแป้งจะถูกย่อยสลายด้วย amylase จนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือคู่ โปรตีนจะถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโน เซลลูโลสจะถูกย่อยสลายด้วยเซลลูเลส จนได้เป็นสารประกอบโมเลกุลคู่ คือ เซลโลไบโอส รวมถึงสารประกอบโมเลกุลเดี่ยวคือ กลูโคส

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ (2547) ได้ทำการผลิตน้ำกล้วยเข้มข้น โดยนำน้ำกล้วยมาผ่านกระบวนการกรองใสแบบอัลตรา(Ultrafiltration) แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำระเหยแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้ได้น้ำหวานกล้วยที่เข้มข้นและยังคงประโยชน์ของสารอาหารและวิตามินไว้ โดยน้ำหวานกล้วยจะมีคุณสมบัติดังนี้ มีความใส สีเหลืองเหมือนน้ำผึ้ง มีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 70 Brix สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้สูงสุด สามารถนำไปใช้ต่อในเชิงอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นขยายและพัฒนาต่อเนื่องได้ เพื่อสร้าง/ขยายแนวของผลิตภัณฑ์ (Product Line) ในอนาคต น้ำผลไม้จากกล้วยสามารถนำไปปรับความเข้มข้น โดยการเจือจางด้วยน้ำบริสุทธิ์ให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการดื่มเป็น Banana juice (10-15% Brix) และอาจนำไปปรุงแต่งรสและกลิ่น และ/หรือนำไปผสมน้ำผลไม้หรือเครื่องดื่มอย่างอื่น ไซรัปกล้วยสามารถนำไปใช้เป็นหัวเชื้อน้ำเชื่อมในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น ผสมไอศกรีม ใช้ในเบเกอรี่ ใช้ผสมเครื่องดื่มทั้งที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์

ชิดชัย ปัญญาสวรรค์ (2546) การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยใช้เอนไซม์ ได้พัฒนากระบวนการผลิตไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยใช้เอนไซม์ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำกล้วยหอม ได้แก่เอนไซม์ เพคติเนส เซลลูเลส และอะไมเลสพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำกล้วยหอมคือใช้เอนไซม์เพคติเนส 0.06 % เอนไซม์เซลลูเลส 0.13 % ของน้ำกล้วยบดอุณหภูมิเวลาในการบ่มไซรัปกล้วยหอมที่พัฒนาได้มีสีเหลืองใสโดยมีค่า L*a*b = 78.10 6..44 84.29 ตามลำดับค่าวอเทอร์แอคทิวิตี้ 0.67 ค่าความเป็นกรดด่าง 5.05 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ 72 Brix จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดทั้งยีสต์ รา น้อยกว่า 25 และ 10 CFU/g ตามลดับผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคอยู่ที่พอใจเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุคันธรส ธาดากิตติสาร (2548) การศึกษาปัจจัยที่ไม่ได้คุณภาพของกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกในการผลิตไซรัป กล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกจากกลุ่มเกษตรกรจังหวัดชุมพรมีประมาณ 20.7% ของปริมาณกล้วยส่งออกทั้งหมด โดยแบ่งเป็นประเภทต่างๆได้แก่ กล้วยผลเล็ก เน่า กล้วยตัดลูกเป็นแผล แก่เกิน อ่อนเกิน การทำเป็นไซรัปต้องศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ กล้วยหอมทองที่ตกเกรดจะมีค่าเฉลี่ย น้ำหนัก 90.97 – 142.32 กรัม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.93 – 3-38 เซนติเมตร เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าปัจจัยที่แปรผันตามระยะสุกของกล้วยหอมทองได้แก่ PH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซ์ การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันระหว่างชุดตัวอย่างกล้วยหอมทองที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกแลกล้วยที่ได้มาตรฐานประกอบกับวิธีหาปริมาณสะดวกรวดเร็วดังนั้นจึงเลือกใช้เป็นปัจจัยในการตรวจสอบระยะสุกที่ไม่ได้มาตรฐานการส่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกร...

บทที่ 3
อุปกรณ์และสารเคมี

วัตถุดิบ

กล้วยน้ำว้าสุก (Musa sapientum Linn.)

สารเคมี

1. Enzyme Amylase
2. Enzyme Cellulase
3. Enzyme Pectinase
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) 0.1 N
5. ฟีนอล์ฟทาลีน

อุปกรณ์

1.	บีกเกอร์ 250 ml	4 อัน
2.	ช้อนตักสาร	2 อัน
3.	ชามพลาสติก	3 ใบ
4.	ปิเปต	3 อัน
5.	เครื่องปั่นเปียก	1 เครื่อง
6.	หลอด centrifuge	6 หลอด
7.	แลคใส่หลอด centrifuge	1 อัน
8.	เขียง+มีด	1 ชุด
9.	ชุดคิวเวทแก้ว	1 ชุด
10.	หลอดแก้วสำหรับ Evaporation	1 ชุด
11.	Refractrometer N1,2,3	1 ชุด
12.	บิวเรต+ที่ตั้ง	1 ชุด
13.	น้ำกลั่น	1 ขวด

เครื่องมือ

1. เครื่อง Evaporator
2. เครื่อง Centrifuge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96961

3. เครื่อง Spectrophotometer
4. Water Bath 50°C

การวางแผนการทดลอง

1.1.การเตรียมวัตถุดิบ

กล้วยที่จะใช้ในการทำจะเป็นกล้วยน้ำว้าเพื่อที่เราจะศึกษาถึงความแตกต่างของการใช้เอนไซม์แต่ละชนิด โดยกล้วยที่จะนำมาใช้จะต้องมีลักษณะที่สุกงอมเต็มที่เพื่อให้น้ำตาลในกล้วยนั้นมีปริมาณสูงที่สุด โดยเราจะนำกล้วยน้ำว้าสุกนั้นมาทำการสับหยาบๆเพื่อที่จะนำไปเข้าเครื่องปั่นเพื่อบดละเอียดและนำไปเติมเอนไซม์แต่ละชนิดลงไป ดังแผนภาพนี้

กล้วยน้ำว้าที่สุกงอมเต็มที่

↓

ปอกเปลือกและตัดส่วนที่ช้ำหรือเป็น
สีน้ำตาลออกไป

↓

นำไปสับด้วยมีดหยาบๆ

↓

นำกล้วยที่ได้เอาเข้าเครื่องปั่นเปียกรวมกับน้ำอีกอัตราส่วน 1 : 1

↓

บดด้วยเครื่องปั่นจนกระทั่งได้กล้วยปั่นที่ละเอียด

↓

แยกกล้วยเป็นตัวอย่างๆละ 1 กิโลกรัม
เพื่อนำไปเติมเอนไซม์แต่ละชนิด

↓

นำตัวอย่างแต่ละชนิดใส่เอนไซม์ลงไป โดยปริมาณเอนไซม์ที่เติมลงไป
จะมีดังนี้ (Amylase 0.1 ml , Cellulase 0.6 ml , Pectinase 1.3 ml)/กล้วย 1 กิโลกรัม

↓

นำตัวอย่างกล้วยที่เติมเอนไซม์ลงไปแล้วไปบ่มเก็บไว้ที่
Water bath อุณหภูมิ 50ํ เซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.การทำเป็นไซรัป

นำตัวอย่างกล้วยที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 มาบ่มที่ Water bath อุณหภูมิ 50ํ เซลเซียส เป็นเวลา 150 นาทีแล้วนำกล้วยที่ได้ไปหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้น้ำเดือดที่ 100ํ เซลเซียส เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์แต่ละชนิด แล้วนำมาทำให้เย็นทันที จากนั้นก็นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 RPM 4 ° เซลเซียสเป็นเวลา 25 นาทีเพื่อแยกกากออกจากน้ำกล้วย และหลังจากนั้นก็นำไปเข้าเครื่องทำระเหยเพื่อทำให้น้ำเชื่อมเข้มข้นขึ้นจนเป็นไซรัป ดังแผนภาพนี้

นำกล้วยที่บ่มที่ 50ํ เซลเซียส จนครบ 150 นาทีแล้ว

↓

นำไปให้แช่ในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100ํ เซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์

↓

พอครบ 10 นาทีแล้วนำไปแช่ในน้ำเย็นทันที

↓

นำกล้วยที่ได้มาแบ่งใส่หลอด Centrifuge หมุนเหวี่ยงที่
เครื่อง centrifuge 4 ˚C 8000 RPM 25 นาทีเพื่อแย่งกากออกจากน้ำ

↓

เมื่อถึงเวลานำน้ำที่แย่งออกมาจากกากของกล้วยนั้นนำกากมาชั่งวัดน้ำหนัก
และน้ำกล้วยที่ได้นำมาวัดปริมาตร %Brix , %Acidity , ค่าการดูดกลืนแสง
จดบันทึกผลของทุกตัวอย่างไว้

↓

นำน้ำที่ได้จากการแยกกากนั้นไปทำการระเหย โดยเครื่อง Evaporator
โดยต้องการให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ 70 %Brix

↓

เมื่อได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ต้องการแล้ว
นำไซรัปที่ได้บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

↓

นำไปเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำเป็นไซรัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. การศึกษาการใช้เอนไซม์ Pectinase , Cellulase ,Amylase ต่อปริมาณและคุณภาพของไซรัป

ศึกษาการเตรียมกล้วยน้ำว้าและการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์แต่ละชนิดหลังการหมุนเหวี่ยง โดยเริ่มจากการเลือกกล้วยน้ำว้าสุกงอม นำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นโดยรวมกับน้ำใน อัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นนำมาเติมเอนไซม์แต่ละชนิดลงไปและนำไปบ่มที่ water bath 50 ํ เซลเซียส เป็นเวลา 150 นาทีเพื่อให้เอนไซม์ทำงาน หลังจากผ่าน 150 นาทีแล้วนำไปหยุดปฏิกิริยาในน้ำเดือด แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่เครื่อง Centrifuge ด้วยความเร็วรอบ 8000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 ํ เซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที น้ำกล้วยที่ได้นั้นจะมี %Brix ประมาณ 12 – 14 และต้องนำมาวัดค่า %Acidity และค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 670 นาโนเมตร รวมทั้งวัดปริมาณของกาก กล้วย และ น้ำกล้วยที่ได้ด้วยเปรียบเทียบไซรัปจากกล้วยน้ำว้าที่เติมเอนไซม์แต่ละชนิดต่างๆหลัง นำไปทำการระเหยโดยหลังจากที่เราได้น้ำกล้วยจากการหมุนเหวี่ยงมาแล้วให้เรานำเข้าเครื่องทำการ ระเหยเพื่อทำให้น้ำกล้วยที่ได้นั้นเข้มข้นขึ้น และ เราจะต้องการปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ กล้วยนั้นประมาณ 70 %Brix เมื่อได้ตรงที่เราต้องการหรือใกล้เคียงแล้ว ต้องนำไซรัปมาเก็บไว้ใน ภาชนะที่ปิดสนิท แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ภายในตู้เย็น โดยเราจะต้องทำการจดบันทึกปริมาณของ ไซรัปแต่ละตัวอย่างและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไว้ด้วย

1.4. การศึกษาการใช้เอนไซม์ร่วมกันอย่างละ 2 ชนิดโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase , Pectinase +Amylase , Amylase + Cellulase ต่อปริมาณและคุณภาพของไซรัป

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 1.3 แต่เปลี่ยนเป็นเอนไซม์ 2 ชนิดร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase , Pectinase + Amylase , Amylase + Cellulase แทน

1.5. การศึกษาการใช้เอนไซม์ร่วมกันอย่างละ 3 ชนิดโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase + Amylase

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 1.3 แต่เปลี่ยนเป็นเอนไซม์ 3 ชนิดร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase + Amylase แทน

1.6.การทดสอบทางคุณภาพของไซรัป

1.6.1.วัด %Brix โดยใช้ตัวอย่างที่ได้จาก 1.1 นั้นมาวัดกับเครื่อง Refractrometer เพื่อหา %Brix ที่ได้

1.6.2.วัดค่า %Acidity โดยนำตัวอย่างที่ได้จาก 1.1 นั้นมา 1 มล.รวมกับน้ำกลั่นอีก 15 มล. เติมฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ 2- 3 หยด จากนั้นนำไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อหาจุดยุติเป็นสีชมพูอ่อนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.3.วัดค่าการดูดกลืนแสง โดยนำตัวอย่างที่ได้จาก 1.1 นั้นมาแบ่งใส่ในคิวเวทเพื่อนำไปใส่ในเครื่อง Spectrophotometer วัดค่าที่ความยาวแสง 670 นาโนเมตร

1.6.4.การวัดปริมาณของไซรัปที่ได้จากย่อยของเอนไซม์ โดยนำตัวอย่างที่ได้จาก 1.1 นั้นมา ทำการเทใส่บีกเกอร์หรือกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาณที่ได้

1.6.5.ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ 20 คน 3 ตัวอย่างคือเพคตินเนส อะไมเลส+เซลลูเลสและเพคตินเนส+อะไมเลส+เซลลูเลส ใช้แผนการทดสอบแบบ RCBD 5 ระดับโดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

เปรียบเทียบไซรัปจากกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆ

1. ผลของการศึกษาปริมาณและคุณภาพของไซรัปโดยใช้เอนไซม์ Pectinase , Cellulase , Amylase

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ Cellulase , Pectinase , Amylase

	หลังทำการ Centrifuge					หลังทำการ Evaporation	
	แยกกาก	แยกน้ำ	%Brix	ค่าดูดกลืนแสง	Acidity	ปริมาณ	%Brix
Cellulase	512 g	480 ml	14	0.044	0.082	80 ml	70
Pectinase	320 g	675 ml	12.5	0.025	0.106	90 ml	73
Amylase	525 g	460 ml	12	0.040	0.055	50 ml	70
Control	516 g	425 ml	12	1.083	0.071	* 55.21 g	35

* ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะรวมกันเป็นก้อน

	สีของไซรัปตามระบบ Munsell	การเกิดฟอง	ความข้นหนืด	เวลาที่ใช้ในการทำระเหย
Cellulase	2.5 YR 4/8	-	ปานกลาง	6 ชม.
Pectinase	5 YR 4/8	-	เล็กน้อย	4 ชม.
Amylase	5 YR 4/6	มีฟองมาก	มากที่สุด	4 ชม.
Control	สีเหลืองอ่อน	-	เป็นก้อน	4 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า ปริมาณการแยกกากจากน้ำของเอนไซม์ Pectinase นั้นจะแตกต่างจากเอนไซม์ตัวอื่นๆ ตรงที่สามารถแยกน้ำออกมาได้มากที่สุดจึงทำให้ปริมาณไซรัปที่ได้นั้นสูงที่สุดด้วย แต่เอนไซม์ Amylase นั้นจะแยกน้ำออกมาจากกากได้น้อยที่สุดจึงทำให้ปริมาณไซรัปที่ได้น้อยที่สุดตามไปด้วย

ส่วนค่าการดูดกลืนแสงนั้น เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดจะให้ผลที่ใกล้เคียงกันหมดต่างจากตัวอย่างที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ (control) ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่เติมซึ่งจะทำให้สีของน้ำกล้วยก่อนนำไปทำการระเหยนั้นขุ่นมาก ส่วนค่า %Acidity นั้นเอนไซม์ Pectinase จะมีค่าสูงที่สุดเอนไซม์และ Amylase จะมีค่าต่ำสุด

ไซรัปที่ได้ทั้ง 4 ตัวอย่างจะมีลักษณะต่างกันที่ชัดเจน คือ เมื่อใช้เอนไซม์ Cellulase ลักษณะที่ได้จะคล้ายน้ำผึ้ง 2.5 YR 4/8 ตามระบบสี Munsell ไม่มีฟองอากาศ และจะข้นหนืดปานกลาง เมื่อใช้เอนไซม์ Pectinase ลักษณะที่ได้นั้นจะคล้ายน้ำผึ้ง 5 YR 4/8 และไม่เกิดฟองอากาศคล้ายกับของ Cellulase แต่จะมีความข้นหนืดที่น้อยกว่า เมื่อใช้เอนไซม์ Amylase แล้วนอกจากปริมาณไซรัปที่ได้จะน้อยที่สุดแล้วแล้ว สีของไซรัปจะเข้มกว่าของเอนไซม์อีก 2 ตัวได้ 5 YR 4/6 และจะเกิดฟองอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก ไซรัปจะมีความข้นหนืดที่สูงมากที่สุดอีกด้วย โดยสีของไซรัปที่ได้ตามระบบ Munsell นั้นโดย cellulase จะออกสีน้ำผึ้งอ่อนกว่าของ pectinase ส่วนสีของ amylase นั้นจะให้สีน้ำตาลเข้มส่วนเมื่อไม่มีการเติมเอนไซม์(control) นั้นผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะไม่เกิดเป็นไซรัปเพราะจะได้ออกมามีลักษณะเป็นก้อน มีสีเหลืองอ่อนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของการศึกษาปริมาณและคุณภาพของไซรัปโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase , Pectinase + Amylase และ Amylase + Cellulase

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase , Pectinase + Amylase , Amylase + Cellulase

	หลังทำการ Centrifuge					หลังทำการ Evaporation	
	แยกกาก	แยกน้ำ	%Brix	ค่าดูดกลืนแสง	Acidity	ปริมาณ	%Brix
Pectinase + Cellulase	470 g	520 ml	13	0.032	0.093	80 ml	72
Pectinase + Amylase	497 g	508 g	15	0.028	0.096	95 ml	73
Amylase + Cellulase	422 g	480 ml	13	0.024	0.054	80 ml	75
Control	516 g	425 ml	12	1.083	0.071	* 55.21 g	35

* ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะรวมกันเป็นก้อน

	สีของไซรัปตามระบบ Munsell	การเกิดฟอง	ความข้นหนืด	เวลาที่ใช้ในการทำระเหย
Pectinase + Cellulase	2.5 YR 5/6	-	เล็กน้อย	6 ชม.
Pectinase + Amylase	5 YR 5/10	-	ปานกลาง	5 ชม.
Amylase + Cellulase	5 YR 5/8	เกิดฟองเล็กน้อย	มากที่สุด	5 ชม.
Control	สีเหลืองอ่อน	-	เป็นก้อน	4 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าหลังการทำการหมุนเหวี่ยงแล้ว Pectinase + Cellulase จะได้ปริมาณน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ Pectinase + Amylase และ Amylase + Cellulase ตามลำดับ แต่เมื่อนำไปทำการระเหยน้ำออกแล้วปรากฏว่า Pectinase + Amylase จะได้ปริมาณไซรัปที่สูงกว่า Pectinase + Cellulase เล็กน้อย ส่วน %Acidity นั้น Pectinase + Amylase จะมีค่าสูงที่สุดส่วน Amylase + Cellulase นั้นจะมีค่าต่ำสุด

ลักษณะของไซรัปนั้นเมื่อรวมกันแล้วก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันน้อยลง คือ ทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นมีสีคล้ายน้ำผึ้งทั้งหมด การเกิดฟองอากาศของเอนไซม์ Amylase นั้นเมื่อนำมารวมกับ Cellulase ซึ่งไม่มีฟองอากาศก็จะทำให้ไซรัปที่ได้เกิดเป็นฟองอากาศเพียงเล็กน้อย และความข้นหนืดนั้นเอนไซม์ Amylase นั้นจะมีมากที่สุดแต่เมื่อนำมาร่วมกับเอนไซม์ Pectinase ซึ่งมีความข้นหนืดน้อยที่สุดแล้วก็จะทำให้มีความหนืดลดลง ส่วนตัวอย่าง Pectinase + Cellulase นั้นจะมีความหนืดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และตัวอย่าง Amylase + Cellulase จะมีความหนืดมากที่สุด และ หากวัดสีตามระบบ Munsell จะได้ 2.5 YR 5/6 , 5 YR 5/10 และ 5 YR 5/8 ตามลำดับโดยสีของ Pectinase + Cellulase จะออกเป็นสีน้ำผึ้งที่อ่อนที่สุด Amylase + Cellulase จะเข้มขึ้น และของ Pectinase + Amylase จะเข้มที่สุด

จากลักษณะที่เกิดจะเห็นได้ว่าผลของการใช้เอนไซม์แต่ละชนิดจะแสดงผลรวมกันออกมาในแต่ละตัวอย่าง อย่างเช่น

-ตัวอย่างที่มีการใส่เอนไซม์ Pectinase นั้นจะมีประสิทธิภาพในการแยกน้ำออกจากกากได้ดีขึ้น แสดงว่าเอนไซม์ pectinase นั้นมีผลทำให้เกิดการย่อยสลายเพคตินในเนื้อกล้วยมากที่สุด

-ตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ Amylase นั้นจะมีความข้นหนืดสูงสุดและจะมีลักษณะของฟองอากาศเกิดขึ้นมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลของการศึกษาปริมาณและคุณภาพของไซรัปโดยใช้เอนไซม์ Pectinase + Cellulase + Amylase

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบผลและลักษณะของไซรัปที่ได้ โดยการใช้เอนไซม์ร่วมกันระหว่าง Pectinase + Cellulase + Amylase

	หลังทำการ Centrifuge					หลังทำการ Evaporation	
	แยกกาก	แยกน้ำ	%Brix	ค่าดูดกลืนแสง	Acidity	ปริมาณ	%Brix
Pectinase + Cellulase + Amylase	315 g	680 ml	14	0.005	0.073	115 ml	70
Control	516 g	425 ml	12	1.083	0.071	* 55.21 g	35

* ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะรวมกันเป็นก้อน

	สีของไซรัปตามระบบ Munsell	การเกิดฟอง	ความข้นหนืด	เวลาที่ใช้ในการทำระเหย
Pectinase + Cellulase + Amylase	5 YR 5/8	-	เล็กน้อย	5 ชม.
Control	สีเหลืองอ่อน	-	เป็นก้อน	4 ชม.

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าเมื่อใช้เอนไซม์ทั้งสามชนิดร่วมกันแล้ว จะทำให้เกิดลักษณะที่ดีขึ้น คือ สามารถแยกน้ำออกมาจากกากกล้วยได้มากที่สุด มีค่าการดูดกลืนแสงที่น้อยมากทำให้น้ำกล้วยมีความใสมากที่สุด และค่า %Acidity ก็จะอยู่ที่ 0.073 และปริมาณสุดท้ายจะได้ถึง 115 มิลลิลิตร ส่วนสีของไซรัปนั้นจะมีสีคล้ายน้ำผึ้งที่ 5 YR 5/8 ไม่มีการเกิดฟองอากาศในไซรัป และมีความหนืดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จะทำการสังเกตได้ว่า เอนไซม์ที่มีผลต่อน้ำกล้วยมากที่สุดนั้นคือเอนไซม์ Pectinase เพราะที่ตัวอย่าง Pectinase + Cellulase + Amylase นั้นจะมีผลคล้ายกับการใช้เอนไซม์ Pectinase ทั้งปริมาณการแยกเอาน้ำออกมาได้เยอะที่สุด และ การไม่เกิดฟองอากาศในไซรัป รวมทั้งลักษณะสีหรือความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ได้ทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผู้ทดสอบ ทั้งหมด 20 ราย โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBDทดสอบ ผลิตภัณฑ์ไซรัป 3 ตัวอย่าง คือ ไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากเอนไซม์เพคติเนส ไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากอะไมเลสและเซลลูเลส และไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า

ลักษณะปรากฏของ banana syrup ทั้งสามชนิดนั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ความหวานนั้น pectinase กับ all ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งสองชนิดนี้ แตกต่างกับ amylase+cellulase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนความชอบด้านความหวานเฉลี่ย amylase + cellulase มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.25

ความข้นหนืดและกลิ่น all ไม่ต่างจาก pectinase และ amylase + cellulase ก็ไม่ต่างจาก pectinase แต่ all ต่างจาก amylase+cellulase อย่างมีนัยสำคัญ โดยความหนืดนั้น amylase + cellulase มีความชอบด้านความข้นหนืดมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4 ส่วนความชอบด้านกลิ่นก็เช่นเดียวกัน คือ amylase + cellulase มีความชอบด้านกลิ่นมากที่สุด โดยคะแนนเฉลี่ยคือ 4.15

ความชอบโดยรวม pectinase กับ all ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งสองชนิดนี้ แตกต่างกับ amylase+cellulase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนความชอบด้านความหวานเฉลี่ย amylase + cellulase มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 4.35

Treatments	**ลักษณะปรากฏ**	**ความหวาน**	**ความข้นหนืด**	**กลิ่น**	**ความชอบโดยรวม**
Enzyme Pectinase	3.65	3.60	3.50	3.85	3.65
Enzyme Amylase + Cellulase	3.85	4.25	4.00	4.15	4.35
Enzyme Pectinase + Amylase + Cellulase	3.35	3.70	3.00	3.50	3.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองนั้นจะเห็นได้ว่าความแตกต่างระหว่างเอนไซม์แต่ละชนิดจะให้ผลที่แตกต่างกันเล็กน้อยถึงมาก โดยอย่างเช่นหากใช้เอนไซม์ Pectinase ในการบ่มจะให้น้ำที่แยกออกมาจากกากได้มากที่สุด ไม่มีการเกิดฟองอากาศภายในไซรัป และมีความข้นหนืดน้อยที่สุด หากใช้เอนไซม์ Cellulaseในการบ่มจะสามารถแยกน้ำออกจากกากได้มากรองจากการใช้เอนไซม์ Pectinase และจะไม่เกิดฟองอากาศเช่นเดียวกับของ Pectinase แต่ความข้นหนืดของไซรัปจะมากกว่า หากใช้เอนไซม์ Amylase ในการบ่มนั้น จะมีฟองอากาศเกิดขึ้นมาก ความข้นหนืดก็จะสูงและจะได้ปริมาณไซรัปที่น้อยที่สุดอีกด้วย

จากตารางที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่าหลังจากที่ทำการใช้เอมไซม์ร่วมกันแล้วปรากฏว่าผลต่างๆที่แสดงออกมาของเอนไซม์นั้นจะแสดงร่วมกัน เช่น การเกิดฟองอากาศภายในไซรัป ความข้นหนืด สีของไซรัป และ ปริมาณของไซรัปที่ได้ และ หากนำเอนไซม์ทุกตัวมารวมกันก็จะได้ปริมาณน้ำไซรัปที่มากที่สุด และ ไม่เกิดฟองอากาศภายใน ความข้นหนืดก็จะต่ำที่สุดด้วย

ซึ่งถ้าในระดับอุตสาหกรรมแล้ว การใช้เอนไซม์ Pectinase นั้นจะถือว่าช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตมากที่สุดเพราะไซรัปที่เอนไซม์เพคติเนสนั้นจะไปย่อยเพคตินที่มีอยู่ในกล้วยซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก 1 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้(เนื้อกล้วยบด)

นำเนื้อกล้วยบดไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 8000 รอบ/นาที ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที นำส่วนที่ใสมาหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วย Hand refractrometer

ภาคผนวก ก 2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด(AOAC,2000)

1. **สารเคมี**
   1.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N
   1.2 ฟีนอฟทาลีน ความเข้มข้น 1 %

2. **การวิเคราะห์**
   2.1 ดูดสารละลายส่วนใสจากการหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ มา 1 ml. เติมน้ำกลั่นจนครบ 10 ml.
   2.2 หยดฟีนอฟทาลีน ความเข้มข้น 1 % ปริมาณ 1-2 หยด เป็น indicater
   2.3 ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N จนถึง end point (สีชมพู)
   2.4 นำค่าปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้มาใช้คำนวณหาปริมาณกรดมาลิก

3. **การคำนวณ**

$$\text{กรดมาลิก(\%)} = \frac{\text{N NaOH} \times \text{ปริมาณ NaOH(ml.)} \times \text{meg. Wt. กรดมาลิก} \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำที่ใช้ (ml)}}$$

Meg. Wt. (milliequivalent weight) กรดมาลิก = 0.0067045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ได้ทดสอบทางประสาทสัมผัส จากผู้ทดสอบ ทั้งหมด 20 ราย โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD ทดสอบ ผลิตภัณฑ์ไซรัป 3 ตัวอย่าง คือ ไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากเอนไซม์เพคติเนส ไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากอะไมเลสและเซลลูเลส และไซรัปจากกล้วยที่ได้จากการสกัดจากเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะปรากฏของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

APPEAR

	SYRUP	N	Subset 1
Duncan[a,b]	all	20	3.35
	pectinase	20	3.65
	amylase+cellulase	20	3.85
	Sig.		.151

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.039.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

สรุปได้ว่า ผลทางด้านลักษณะปรากฏของน้ำเชื่อมทั้งสามชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำเชื่อม amylase+cellulase มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 ความหวานของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

SWEET

	SYRUP	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	pectinase	20	3.60	
	all	20	3.70	
	amylase+cellulase	20		4.25
	Sig.		.678	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .573.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ความหวาน amylase + cellulase แตกต่างจากอีก 2 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ 4.25

ตารางผนวกที่ 3 ความข้นหนืดของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

THICK

	SYRUP	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	all	20	3.00	
	pectinase	20	3.50	3.50
	amylase+cellulase	20		4.00
	Sig.		.116	.116

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .965.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

ความข้นหนืด all กับ amylase+cellulase แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งสองชนิด ไม่แตกต่างจาก pectinase โดยคะแนนเฉลี่ยของ amylase + cellulase มากที่สุด คือ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 4 กลิ่นของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

AROMA

	SYRUP	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	all	20	3.50	
	pectinase	20	3.85	3.85
	amylase+cellulase	20		4.15
	Sig.		.187	.256

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .678.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

เช่นเดียวกับกลิ่น ซึ่ all กับ amylase+cellulase แตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งสองชนิด ไม่แตกต่างจาก pectinase โดยคะแนนเฉลี่ยของ amylase + cellulase มากที่สุด คือ 4.15

ตารางผนวกที่ 5 ความชอบโดยรวมของไซรัปจากกล้วยน้ำว้า

OVERALL

	SYRUP	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	all	20	3.50	
	pectinase	20	3.65	
	amylase+cellulase	20		4.35
	Sig.		.446	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .380.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.
b. Alpha = .05.

ความชอบโดยรวมนั้น amylase+cellulase ต่างจาก 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค รูปประกอบวิธีการทำ

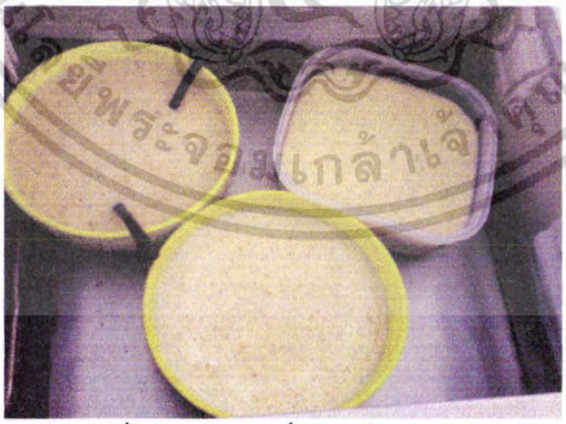
ภาพผนวกที่1 แสดงการปั่นกล้วยกับน้ำในอัตราส่วน 1:1

ภาพผนวกที่2 แสดงน้ำกล้วยหลังการปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

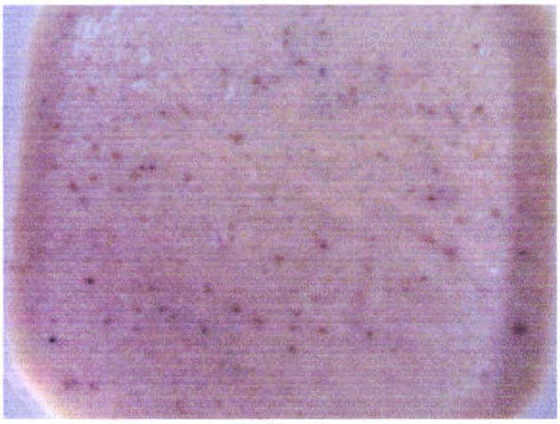
ภาพผนวกที่3 แสดงเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตไซรัป

ภาพผนวกที่4 แสดงการปิเปตเอนไซม์ลงในน้ำกล้วย



ภาพผนวกที่5 แสดงการบมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่6 แสดงน้ำกล้วยก่อน centrifuge

ภาพผนวกที่7 แสดงน้ำกล้วยหลัง centrifuge

ภาพผนวกที่8 แสดงกากหลัง centrifuge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่9 แสดงไซรัป 70 Brix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชิดชัย ปัญญาสวรรค์ .2546 การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยใช้เอนไซม์ วิทยานิพนธ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. ม.เกษตรศาสตร์

ดวงภรณ์ รัตนทัศนีย์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2546. กระบวนการแปรรูปโดยเอนไซม์และลักษณะเฉพาะของน้ำขนุนเข้มข้น. อาหาร 119-126.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เบญจพร เพ็งอัน. 2541. การผลิตและการใช้ประโยชน์พีวรีกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2543. เอนไซม์ทางอาหาร. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พัชรา วีระกะลัส. 2541. เอนไซม์. ด่านสุทธาการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ เตชะมโนกุล. 2541. ผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพของเครื่องดื่มจากกล้วย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. เครื่องดื่ม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, เจียง มิง อาย และ วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2538. ปัจจัยที่มีต่อการผลิตกล้วยหอมชนิดใส. วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย.) 29: 231-238.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2541. การใช้ประโยชน์และการแปรรูปกล้วย, น. 16-17 ใน การสัมมนาและนิทรรศการกล้วยครบวงจร วันที่ 15- 17 มกราคม 2541มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิภาดา ศุภจรรยา. 2537. การสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนโดยการใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะไมเลส ภายใต้สภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง และแบบตามลำดับ. อาหาร. 173-180.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุคันธรส ธาดากิตติสาร (2548) การศึกษาปัจจัยที่ไม่ได้คุณภาพของกล้วยหอมทองที่ไม่ได้ไม่ได้มาตรฐานการส่งออกในการผลิตไซรัป.การส่งออกอาหาร. 17-25.

อรุณี เพียรทวีรัชต์. 2536. ผลของเพคติเนส เซลลูเลส และอะไมเลส ต่อการผลิตน้ำกล้วยหอม. อาหาร. 188-196.

เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ .2547: การผลิตน้ำกล้วยเข้มข้น โดยนำน้ำกล้วยมาผ่านกรองใสแบบอัลตรา (Ultrafutration) .คณะวิทยาศาสตร์ .มหาวิยาลัยธรรมศาสตร์.

Alais, C. and G. Lindon. 1991. Food Chemistry. Ellis Horwood Series in Food science and Technology

Alkorta, I., C. Garbisu, M.J. Al-Saqer and J.L. Serra. 1998. Industrial applications of pectic enzymes: a review. Process Biochem. 21-28

Dekker, R.F.H. 1994. Enzymes in food and beverage processing ll. Food Australia. 46(4): 179-181.

Dongowski, G. and S. Sembries. 2001. Effect of commercial pectinolytic enzyme and cellulolytic enzyme preparation on the apple cell wall. J. Agr. Food Chem. 49:4236-4242.

Fernendes, K.M., V.D. Decarvalho and J. Cal-Vidal. 1979. Physical changes during ripening of silver banana. J. Food Sci. 1254-1255.

Gous, F., P.J.V. Wyk and A.E.J. McGill. 1987. The use of commercial enzymes in the processing of banana. Labensm.-Wiss. U.-Technol232-235.

Noor, N. and M.A. Augustin. 1984. Effectiveness of antioxidants on stability of banana chips. J. sci. Food Agr. 35:805.

Rombouts, F.M. and W. Pilnik. 1978. Enzymes in fruit and vegetable juice technology. Process Biochem. 13(8): 9-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้