สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลิตภัณฑ์จากน้ำระกำ

นายต่อศักดิ์ ทัศนมาลา

นายวัชรา ธิตินันทน์

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

ปว.
ว 2497ผ 2538
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....25411
วัน, เดือน, ปี.....9 ก.ค. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product from Rakham (*Salacca wallichina* Mart.) Juice

Torsak Tassanamala

Watchara Thitinun

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirment for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ ผลิตภัณฑ์จากน้ำระกำ

โดย นายต่อศักดิ์ ทัศนมาลา

นายวัชรา ธิตินันทน์

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ วันชัย สุทธินุ่น

อาจารย์ ดวงใจ โอชัยกุล

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต.

ลงชื่อ _____ หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

ลงชื่อ _____ ประธานกรรมการ

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล)

ลงชื่อ _____ กรรมการ

(อาจารย์ วันชัย สุทธินุ่น)

ลงชื่อ _____ กรรมการ

(อาจารย์ ดวงใจ โอชัยกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ ผลิตภัณฑ์จากน้ำระกำ

โดย นายต่อศักดิ์ ทัศนมาลา

นายวัชรา ธิตินันทน์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ วันชัย สุทธินุ่น

อาจารย์ ดวงใจ โอชัยกุล

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส และการผลิตระกำผงโดยใช้ตู้อบลมร้อน ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำ คือ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการบ่ม 2 ชั่วโมง ความเข้มข้นของเอนไซม์เท่ากับร้อยละ 1.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลทรายร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะได้ระกำผงที่มีความชื้นร้อยละ 1.4 มีสีขาวอมเหลือง เมื่อต้องการนำมาดื่มต้องเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วนระกำผงต่อน้ำ เท่ากับ 1: 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Product from Rakham (*Salacca wallichina* Mart.) Juice
Name	Mr. Torsak Tassanamala
	Mr. Watchara Thitinun
Special Project Advisor	Mr. Wanchai Sutthinun
	Mrs. Duangjai Ochaikul
Department	Applied biology
Academic Year	1995

Abstract

The objective of this research is to determine suitable conditions of both Rakham juice production by using enzyme pectinase and Rakham powder production by hot air oven. . The suitable temperature , contact time and concentration of enzyme are 65 ^{0}C, 2 hours and 1.4% (W/V), respectively. The suitable sugar concentration and temperature for Rakham powder production at 48 hours are 50%(W/V) and 60 ^{0}C , respectively. Moisture content of Rakham powder is 1.4%. A suitable ratio of Rakham : water for Rakham drinking is 1:4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สามารถสำเร็จเป็นรูปเล่มขึ้นมาได้ ต้องขอขอบพระคุณ ท่านคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง **ดร. ยุ่นเรือน ศิริวานิชกุล อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น และ อาจารย์ ดวงใจ โอชัยกุล** ที่กรุณาสละเวลาว่างมาทำการตรวจแก้โครงงานพิเศษ และ ให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงงานพิเศษ.

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ และ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือในการเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงงานพิเศษนี้.

และสุดท้ายนี้ ต้องขอขอบใจเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความร่วมมือ และคอยช่วยเหลือในการทดลองเป็นอย่างดียิ่ง ทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี.

คณะผู้จัดทำ

2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1. บทนำ	1
บทที่ 2. ตรวจเอกสาร	
2.1 พืชสกุลระกำ	2
2.1.1 ชนิดของพืชสกุลระกำ	2
2.1.2 ประโยชน์ของระกำ	4
2.2 ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้	5
2.2.1 คุณลักษณะของน้ำผลไม้	6
2.2.2 ประเภทของน้ำผลไม้	6
2.3 การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร	8
2.3.1 ความสำคัญของเอนไซม์	8
2.3.2 เอนไซม์เพคติเนส	9
2.3.3 แหล่งที่พบเอนไซม์เพคติเนส	10
2.3.4 ชนิดของเอนไซม์เพคติเนส	10
2.3.5 การใช้ประโยชน์จากเพคติคเอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร	16
2.4 กรรมวิธีการอบแห้ง	18
2.4.1 หลักการอบแห้ง	19
2.4.2 ลักษณะทั่วไปของการอบแห้ง	19
2.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง	20
2.4.4 ประเภทของเครื่องอบแห้ง	21
2.4.5 การเลือกวิธีการทำแห้ง	23
2.4.6 ผลของการอบแห้งต่อปัจจัยต่าง ๆ ของอาหาร	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	26
3.2 วิธีการทดลอง	27
3.2.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์	27
3.2.2 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์	27
3.2.3 การหาปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสม	28
3.2.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง	28
3.2.4.1 ศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม	28
3.2.4.2 ศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสม	29
3.2.4.3 ศึกษาอัตราการเจือจางที่เหมาะสม	29
บทที่ 4. ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์	30
4.2 ผลการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์	32
4.3 ผลการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำ	32
4.4 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง	34
4.4.1 ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม	34
4.4.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	36
4.4.3 ผลการศึกษาอัตราการเจือจางที่เหมาะสม	37
บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	39
ภาคผนวก ข.	48
เอกสารอ้างอิง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส 10

รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส 11

รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบ activity ระหว่าง endo-polymethylgalacyuronase กับ exo-polygalacturonase 12

รูปที่ 2.4 Relative rate ที่จะสร้างผลผลิตต่าง ๆ ของ endo-splitting enzyme และ exo-splitting enzyme ต่อ pectic substrate 13

รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคเตทไลเอส 15

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำระกำที่ได้กับอุณหภูมิต่าง ๆ 31

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำระกำที่ได้กับเวลาต่าง ๆ 33

รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำระกำที่ได้กับความเข้มข้นของเอนไซม์ต่าง ๆ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้โดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ	30
ตารางที่ 2 ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้เมื่อใช้เวลาต่าง ๆ	32
ตารางที่ 3 ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้เมื่อใช้เอนไซม์ความเข้มข้นต่าง ๆ	34
ตารางที่ 4 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อใช้น้ำตาลทรายที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ	36
ตารางที่ 5 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ	36
ตารางที่ 6 ลักษณะและผลการทดสอบชิมน้ำระกำเมื่อใช้อัตราการเจือจางต่าง ๆ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ ได้มีการขยายตัวออกสู่ตลาดมากขึ้น และจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้นี้เป็นเหตุให้เกิดการแข่งขันกันอย่างมากในแต่ละโรงงานผลิต. โดยแต่ละโรงงานจะมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีที่สุด ในระยะเวลาอันรวดเร็ว. การคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ นี้ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้โรงงานนั้น ๆ สามารถที่จะนำสินค้าของตนเข้าสู่ตลาดได้ก่อนคู่แข่ง. ซึ่งก็จะหมายถึงเงินจำนวนมากมายที่จะได้รับในการขายสินค้านั้น ๆ.

การใช้เอนไซม์ในการเพิ่มผลผลิตน้ำผลไม้บางชนิด ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่โรงงานอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ควรที่จะพิจารณานำมาใช้ในกระบวนการผลิต เพราะการใช้เอนไซม์จะช่วยลดต้นทุนการผลิต เมื่อเทียบราคาของเอนไซม์ที่ใช้กับปริมาณน้ำผลไม้ที่ได้ ซึ่งนับว่ามีผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ. แต่ในปัจจุบันการศึกษาและวิจัยการใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ยังไม่กว้างขวางเท่าที่ควร. ดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้จึงได้มุ่งเน้นถึงประเด็นของการทดลองนำเอนไซม์มาใช้ในการเพิ่มผลผลิตน้ำผลไม้. โดยพิจารณาถึงสภาวะที่เหมาะสมของเอนไซม์ ในการที่จะเพิ่มผลผลิตให้ได้มากที่สุดโดยที่องค์ประกอบของผลผลิตเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด. ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาและพัฒนาการนำเอนไซม์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด.

ระกำเป็นผลไม้ที่ออกผลตามฤดูกาล มีรสชาติ สี และกลิ่น ที่ดี เหมาะแก่การที่จะนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำระกำ ยกตัวอย่างเช่น การผลิตน้ำระกำบรรจุกระป๋อง และการผลิตน้ำระกำผง. เหตุผลที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะนำระกำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ระกำ คือ ผลิตภัณฑ์นี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่มีขายอย่างเป็นทางการในท้องตลาด ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีคู่แข่งขันทางด้านการค้าทำให้ผลิตภัณฑ์นี้บุกเบิกตลาดได้ง่าย. ฉะนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำระกำจึงเป็นทางออกที่สำคัญอีกลู่ทางหนึ่งของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ควรที่จะมีการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถนำออกสู่ตลาดได้ในอนาคตอันใกล้นี้.

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1.เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำออกจากเนื้อ โดยใช้เอนไซม์เพคติเนส.

2.เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำระกำผง โดยใช้ตู้อบลมร้อน พร้อมทั้งหาอัตราการเจือจางที่เหมาะสม ที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 พืชสกุลระกำ (*Salacca sp.*)

พืชสกุลระกำเป็นพืชที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย ในจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกของประเทศไทย ได้แก่ จันทบุรี ระยอง และชลบุรี เป็นต้น มีลักษณะเด่นหลายอย่างอยู่ในตัว ไม่ว่าจะเป็นลำต้นที่มีหนามแหลมโดยรอบ ผลมีหนาม และอยู่รวมกันเป็นกระปุก รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม เจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ทั้งในที่ดอน และที่ชุ่มชื้น. ในอนาคตน่าจะเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ดังนั้นชาวสวนผลไม้ในภาคตะวันออกจึงนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย และได้พัฒนาการทำสวนพืชสกุลระกำเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค.

ระกำ เป็นพืชตระกูลปาล์ม ซึ่งมีต้นหรือเหง้าเตี้ย (บางครั้งอยู่ใต้ดิน) ยอดแตกเป็นกอ ทางใบ (frond) ยาวประมาณ 2-3 เมตร. เปลือกผลมีหนาม ผลมีเนื้อ เมื่อผลยังอ่อนอยู่จะมีรสเปรี้ยว เมื่อแก่จะมีรสหวาน และกลิ่นหอม .

ระกำ หมายถึง พืชชนิดหนึ่งเป็นกอ ลำต้นมีหนามแข็ง เนื้อเบา และ มีความหมายว่า "ความลำบาก" ดังนั้น ชื่อ "ระกำ" จึงเป็นภาษาไทย และมีความหมายถึง พืชที่ทางใบมีหนาม เปลือกผลมีหนาม หนามเป็นบ่อเกิดของความลำบาก ทั้งผู้ปลูก ผู้เก็บเกี่ยว ผู้ขาย และผู้บริโภค.

พืชชนิดนี้ไม่ใช่พืชเศรษฐกิจ โดยประเทศที่ปลูกพืชชนิดนี้มากอยู่ใน กลุ่มประเทศเอเชีย-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ประเทศสาธารณรัฐอินโดนีเซีย ประเทศไทย ส่วนในมาเลเซีย สิงคโปร์ และฟิลิปปินส์นั้น ไม่พบข้อมูลว่ามีการปลูก. ไม้สกุลนี้มีความน่าสนใจทั้งทางด้านวิชาการและด้านการพัฒนาให้เป็นพืชปลูกเป็นอาชีพในอนาคต.

2.1.1 ชนิดของพืชสกุลระกำ

พืชสกุลระกำมีทั้งหมดประมาณ 18 ชนิด แต่มีเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้นที่เป็นที่คุ้นเคยและมีการปลูกกันมากในประเทศไทย และแถบประเทศอาเซียน ในปัจจุบันนี้การเรียกชื่อภาษาไทยของพืชสกุลระกำนี้เป็นที่สับสนกันอย่างมากว่าชนิดใดเรียกว่า "ระกำ" และชนิดใดเรียกว่า "สละ". ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อสับสนของการเรียกชื่อภาษาไทย จึงได้ทำการแยกชนิดของพืชสกุลระกำพร้อมลักษณะประจำ และลักษณะเด่นของพืชสกุลระกำนี้ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน และเป็นพื้นฐานในการคัดเลือกพันธุ์ และทำการพัฒนาพันธุ์ รวมทั้งการพัฒนาในสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนี้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของพืชสกุลระกำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีลักษณะน่าสนใจ ได้แก่ *Salacca wallichiana* Mart. และ *Salacca zalacca* (Gaertn) Voss ซึ่งมีชื่อเรียกภาษาไทยแตกต่างกันดังนี้.

ระกำ (*Salacca wallichiana* Mart.) จะมีลำต้น และเหง้าทอดอยู่ใต้ดิน หรือบนผิวดิน ขึ้นเป็นกอไม่แน่นัก ปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ดี เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ทั่วไปในที่ดอนและที่ชุ่มชื้น ใบกว้าง ทางใบยาว มีหนามแหลมยาว ปลายใบ และฐานใบเรียว ใบค่อนข้างลู่ลง ออกผลเป็นทะลาย ทะลายหนึ่งมีตั้งแต่ 2-5 กระปุก ผลเมื่ออ่อนอยู่จะมีเปลือกสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ แล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน และเป็นสีส้มเมื่อแก่ เปลือกผลมีหนามแหลมงุ้มไปทางท้ายผล ผลหนึ่ง ๆ มี 2-3 กลีบเป็นส่วนมาก เมื่ออ่อนอยู่จะมีรสฝาด และเปรี้ยว แต่เมื่อแก่จะมีรสหวานอมเปรี้ยว เนื้ออ่อน บาง กลิ่นหอม ฉ่ำน้ำ เนื้อติดเมล็ด.

สละ หรือ สะละ (*Salacca wallichiana* Mast.Var.) แบ่งได้เป็น สละหม้อ สละเสน และ สละเนินวง.

ก.สละหม้อ จะมีถิ่นกำเนิดอยู่แถวถนนตก กรุงเทพมหานคร จะมีทางใบเล็กกว่าระกำ ปลายใบสั้น ผลไม่ยาว ก้นผลเป็นจงอย เนื้อหนา รสชาติหวานกว่าระกำ ฉ่ำน้ำ เมล็ดสีอ่อนจางกว่าระกำ ทะลายหนึ่งมีผลประมาณ 7-8 กระปุก ผลหนึ่ง ๆ มี 2-3 กลีบ ขณะนี้มีปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์.

ข.สละเสน ปัจจุบันได้สูญพันธุ์ไปแล้ว ขึ้นเป็นกอเช่นเดียวกับระกำ แต่แตกกอมาก เจริญเติบโตเร็ว ผลสีแดงสด เนื้อบาง ในหนึ่งกระปุกมีผลจำนวนมาก.

ค.สละเนินวง มีถิ่นกำเนิดที่ ต.ทางกะจะ อ.เมือง จ.จันทบุรี มีลำต้นทอดอยู่ใต้ดิน หรือบนผิวดิน ขึ้นเป็นกอไม่แน่นนักคล้ายระกำ สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในที่ดอนและที่ต่ำ แต่ปลูกในที่ต่ำได้ผลดีกว่า ใบยาว และอ่อนลู่มากกว่าระกำ รูปร่างใบคล้ายระกำ ออกผลเป็นทะลาย ทะลายหนึ่งมีประมาณ 1-4 กระปุก ผลอ่อนจะมีสีน้ำตาลไหม้ เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลแดง ผลยาว หัวท้ายเรียวคล้ายกระสวย ส่วนมากมีกลีบเดียว (หากมีการช่วยผสมละอองเกสร ร่วมกับการจัดการที่เหมาะสม ก็อาจทำให้มี 2-3 กลีบได้) หนามผลยาว อ่อนนิ่ม ปลายหนามงอนไปทางท้ายผล เมื่ออ่อนมีรสฝาดและเปรี้ยวเช่นเดียวกับระกำ แต่เมื่อสุกรสชาติหวานชำ และเข้มข้นกว่าระกำ เนื้อแน่นและหนา กลิ่นหอม เมล็ดเล็ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะกำ (*Salacca sp.*) มีลักษณะหลายอย่างคล้ายระกำ และสละ มีลำต้นคล้ายระกำ แต่ไม่แตกกอมาก เจริญเติบโตได้ทั้งในที่ดอน และที่ลุ่ม มีใบใหญ่ ทางใบใหญ่ ต้นใหม่แตกจากต้นเดิมห่างกันเป็นอิสระ แข็งแรง ไม่มีหนาม ใบใหญ่ พบเฉพาะจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ออกผลเป็นทะลาย ๆ หนึ่งมี 3-4 กระปุก ผลอ่อนมีสีน้ำตาลไหม้เมื่อแก่สีแดงอมส้มคล้ายระกำ เปลือกผลมีหนามคล้ายระกำ ผลยาวกว่าเล็กน้อย เนื้ออ่อนเหมือนเนื้อระกำ แต่หนากว่า ฉ่ำน้ำ รสหวานอมเปรี้ยว เนื้อติดเมล็ด เมล็ดใหญ่.

สะลัก (*Salacca zalacca*) (Gaertn) Voss. เป็นสละที่มีกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งภาษาอินโดนีเซียเรียก สะลัก (Salak) ภาษาอังกฤษเรียก Snake fruit เพราะผลมีเปลือกลายมองดูคล้ายเกร็ดงู มีลำต้นขึ้นเป็นกอแน่น เจริญเติบโตได้ในที่สูง ที่มีความสูงไม่เกิน 700 เมตร กาบใบซ้อนกันแน่น แทบมองไม่เห็นลำต้น ใบเรียวแคบ ตั้งตรง ใต้ใบสีนวลขาว ทางใบยาว ลักษณะใบคล้ายใบของต้นจาก ทางใบมีหนามแข็ง สีดำ เป็นจำนวนมาก ออกผลเป็นทะลาย ๆ หนึ่งมีประมาณ 1-4 กระปุก แต่ส่วนมากมักมีเพียงกระปุกเดียว ผลอ่อนมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ เมื่อแก่เป็นสีน้ำตาลไหม้ ผลกลมป้อม มีหนามอ่อนสั้นงอไปทางท้ายผล และร่วงง่าย ผลหนึ่ง มี 2-3 กลีบ เนื้อสีขาว แต่บางพันธุ์อาจมีสีชมพูปนแดง เนื้อหนา กรอบ แห้ง และล่อนจากเมล็ด ไม่มีกลิ่นหอมมากเท่าระกำหรือสละ ผลแก่เต็มที่มีรสหวาน และหวานอมเปรี้ยว.

พืชสกุลระกำทั้ง 4 ชนิดนั้น จะมีต้นตัวผู้และต้นตัวเมียแยกกัน กระปุกดอกที่อยู่บนต้นตัวผู้จะประกอบไปด้วยดอกเล็ก ๆ มากมาย มีเฉพาะเกสรตัวผู้ ทำหน้าที่ผลิตละอองเกสร ใช้ในการผสมพันธุ์ ส่วนกระปุกดอกที่เกิดบนต้นตัวเมีย จะมีทั้งดอกสมบูรณ์เพศ คือ มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน แต่เนื่องจากดอกสมบูรณ์เพศบนต้นตัวเมียนี้ เกสรตัวผู้ไม่สามารถผลิตละอองเกสรได้ ดอกประเภทนี้จึงทำหน้าที่เป็นดอกตัวเมีย นอกจากนี้ยังมีดอกตัวผู้เกิดขึ้นภายในกระปุกดอกเดียวกันด้วย มีลักษณะคล้ายคลึงกับดอกบนต้นตัวผู้ แต่ไม่สามารถผลิตละอองเกสรได้ ดังนั้นการติดผลของพืชสกุลนี้ ดอกตัวเมียจึงจำเป็นต้องได้รับละอองเกสรจากต้นตัวผู้.

2.1.2 ประโยชน์ของระกำ

ระกำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ดังต่อไปนี้.

ก.ใบ สามารถนำมาใช้ในการมุงหลังคา ทำฝาเรือน และใช้ประกอบเป็นโครงสร้างชั่วคราวในงานพิธีต่าง ๆ เช่น งานศพ และงานบวช เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.ก้านใบ สามารถนำมาใช้เป็นเบ็ดตกปลา และส่วนของเนื้อเยื่อภายในก้านใบ สามารถนำมาใช้เป็นจุกขวด และใช้เป็นทุ่นตกปลา

ค.ต้นขณะยังเล็ก สามารถนำมาใช้ประดับอาคาร

ง. ผล สามารถใช้รับประทานเป็นผลไม้สด เช่น ระกำหวาน และสละ ใช้ในการผลิตน้ำระกำ ใช้ระกำเปรี้ยวในการประกอบอาหารแทนมะนาว จะได้ทั้งเนื้อ น้ำ รส และกลิ่น และนำมาสกัดเป็นน้ำมันระกำ

แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงประโยชน์ของผลระกำในด้านที่นำมาผลิตเป็นน้ำระกำ

ประโยชน์ทางตรง คือ ใช้เป็นเครื่องดื่มแก้กระหาย ทำให้รู้สึกสดชื่น และ ในผลระกำจะมีวิตามินอยู่มาก โดยเฉพาะวิตามินซี จึงทำให้เป็นเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ

ประโยชน์ทางอ้อม คือ ทำให้เกษตรกรหันมานิยมการปลูกต้นระกำกันมากขึ้น และเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

2.2 ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้

ปัจจุบันนี้ในประเทศแถบตะวันตกได้นิยมบริโภคน้ำผลไม้ เหมือนกับการบริโภคน้ำนมกันมากขึ้น เพื่อรับคุณค่าทางอาหารที่ได้จากน้ำผลไม้นั้น. แต่ในประเทศแถบเอเชียยังไม่คุ้นเคยกับการบริโภคน้ำผลไม้มากนัก แต่จะหันไปบริโภคเครื่องดื่มที่มีสีสันสวยงาม หรือน้ำอัดลมแทน.

ปัจจุบันนี้ตลาดเครื่องดื่มมีผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผลไม้หลายรูปแบบเกิดขึ้น เช่น เครื่องดื่มที่บรรจุในกล่องกระดาษ และในกระป๋องอลูมิเนียม โดยส่วนใหญ่จะระบุในฉลาก โดยใช้ชื่อว่า " น้ำผลไม้ " ซึ่งส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของน้ำผลไม้ประมาณ ร้อยละ 5-25. ในทางวิชาการนั้นจะไม่จัดว่าเป็นน้ำผลไม้ เนื่องจากจะประกอบด้วยส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีในเครื่องดื่ม เช่น น้ำ สารปรุงแต่งสี กลิ่น และรส ซึ่งจะมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายน้อยมาก.

สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้นั้น ทาง สมอ. ได้ทำการจัดร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ ไว้ 4 ประเภทด้วยกัน คือ น้ำมะเขือเทศ น้ำสับปะรด น้ำส้ม และน้ำองุ่น โดยการอ้างอิงจากเอกสารตามมาตรฐานของ FAO./WHO. เป็นหลัก และเป็นไปตามความเหมาะสมของวัตถุดิบ หรือ ผลไม้เฉพาะอย่างนั้น ๆ .

ในมาตรฐานน้ำผลไม้ของไทยทั้ง 4 ฉบับนี้ ได้มีนิยามอยู่ในมาตรฐานน้ำผลไม้ทุกฉบับ มีข้อความว่า "น้ำผลไม้ หมายถึง ของเหลวซึ่งสกัดจากผลไม้ในส่วนที่บริโภคได้โดยวิธีบีบ คั้น หรือ กรรมวิธีเชิงกลอื่น ๆ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คุณลักษณะของน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่ดีนั้นควรจะต้องมี สี กลิ่น และรส ตามปกติธรรมชาติของผลไม้นั้น ๆ ไม่มีสารปนเปื้อน และวัตถุเจือปน (เป็นวัตถุที่ตามปกติไม่ได้ใช้เป็นอาหาร เช่น สารกันเสีย) ยกเว้น ตามความจำเป็นของกรรมวิธีการผลิต สารที่ใช้นั้นจะต้องมีกำหนดภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จึงจะนำมาใช้ได้ และมีการกำหนดกรรมวิธีผลิตว่าจะต้องเป็นไปตามกรรมวิธีผลิตที่ดี.

สำหรับการจัดทำมาตรฐานระดับนานาชาติของน้ำผลไม้ ได้มีการกำหนดคุณสมบัติของน้ำผลไม้ทั่ว ๆ ไปไว้ดังนี้. น้ำผลไม้ที่ได้จะต้องแปรรูปด้วยกรรมวิธีเชิงกล หรือได้จากน้ำผลไม้เข้มข้นนำมาเติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสม. ถนอมด้วยวิธีทางกายภาพ และผลิตเพื่อการบริโภคโดยตรง ทำจากผลไม้ที่สุกและสด เป็นน้ำผลไม้ที่จะต้องมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (organoleptic properties) และส่วนประกอบทางเคมี ให้เหมือนกับที่มีอยู่ในผลไม้นั้น ๆ แต่จะมีลักษณะขุ่นหรือใสก็ได้ สามารถเติมน้ำตาลได้มากกว่า 1 ชนิดแต่ไม่เกิน 100 กรัมต่อกิโลกรัม ถ้าในผลไม้มีความเป็นกรดสูงสามารถเติมน้ำตาลได้ไม่เกิน 200 กรัมต่อกิโลกรัม และสำหรับน้ำผลไม้ที่มีการปรับความหวานแล้ว จะไม่อนุญาตให้มีการปรับความเป็นกรดได้อีก. สำหรับผลไม้ที่มีกรดสูงและกลิ่นแรง ส่วนที่เป็นเนื้อผลไม้ (fruit ingredient) จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของผลไม้ที่สุก โดยสามารถเติมน้ำตาล และน้ำผึ้งได้ และจะต้องผ่านกรรมวิธีการถนอมอาหาร โดยมี สี กลิ่น รส และ คุณลักษณะของน้ำผลไม้ตามธรรมชาติ.

น้ำผลไม้แท้จะต้องทำจากผลไม้จริง ๆ มีสี กลิ่น รส ตามธรรมชาติของผลไม้ และผ่านกรรมวิธีการถนอมอาหาร จึงนับว่าเป็นน้ำผลไม้ที่มีถูกลักษณะที่ดีผลิตโดยวิธีที่ถูกต้องโดยไม่มีการเจือสี กลิ่นและรส หรือเจือน้ำมากเกินไป.

2.2.2 ประเภทของน้ำผลไม้

น้ำผลไม้ที่มีวางขายตามท้องตลาดสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

ก. **น้ำผลไม้แท้** คือ ของเหลวที่คั้นออกจากผลไม้ตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมน้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป

ข. **น้ำผลไม้แท้ชนิดเข้มข้น** คือ ของเหลวที่คั้นจากผลไม้ตามธรรมชาติ ไม่มีการเจือปนน้ำ น้ำตาล หรือสิ่งอื่นใดลงไป แต่ผ่านกระบวนการระเหยเพื่อเอาน้ำออก เวลาจะใช้ดื่มจะนำไปผสมกับน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนด ก็จะได้น้ำผลไม้ตามเดิม เช่น น้ำองุ่นเข้มข้น น้ำส้มเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. น้ำผลไม้กึ่งแท้ คือ น้ำผลไม้ที่มีการเติมน้ำลงไป (ในเนื้อผลไม้บางชนิดจะมีน้ำน้อยหรือคั้นน้ำออกยาก) หรือผ่านการหมักโดยใช้เอนไซม์แล้วจึงผ่านการบด การต้ม หรือการคั้น อาจมีการเติมน้ำตาล กรดอินทรีย์ที่รับประทานได้ (นิยมใช้กรดซิตริก) และสีผสมอาหาร น้ำผลไม้ประเภทนี้ที่พบมักเป็นชนิดเข้มข้น เช่น น้ำส้มสควอสช์ น้ำมะนาวคอร์เดล เป็นต้น

ง. น้ำผลไม้เทียม คือ ของเหลวที่ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดได้จากผลไม้โดยตรง แต่ได้จากการผสมน้ำ น้ำมัน กลิ่นหอมจากผลไม้ หรือส่วนอื่นของพืช กรดอินทรีย์ น้ำตาล และสีผสมอาหาร น้ำผลไม้เทียมที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีทั้งชนิดอัดแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไม่อัดแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ และอาจเป็นชนิดเจือจางดื่มได้ทันที หรือชนิดเข้มข้นก็ได้ เช่น น้ำเขียว น้ำแดง น้ำส้ม น้ำอัดลมชนิดต่าง ๆ.

ตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ 62 พ.ศ.2524 ซึ่งมีการกำหนดคุณภาพและมาตรฐานของน้ำผลไม้และน้ำผลไม้ผงไว้ดังนี้

น้ำผลไม้

น้ำส้ม ที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งที่ละลายน้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 10 บริกซ์ (Brix)

น้ำมะเขือเทศ ที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งที่ละลายน้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 4.5 บริกซ์

น้ำองุ่น ที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งที่ละลายน้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 15 บริกซ์

น้ำสับปะรด ที่ 20 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งที่ละลายน้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 15 บริกซ์

น้ำผลไม้ผง

กลิ่นรส ที่ได้จะต้องมีการทดสอบการให้คะแนนความชอบ จะต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน

ความสามารถในการละลายในน้ำเดือด ต้องสามารถละลายได้หมดก่อน 30 วินาที และมีส่วนที่ไม่ละลายเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.1

ค่าความชื้น ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 1.5

เถ้าต้องไม่มากกว่า 0.5 ส่วนในล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร

เอนไซม์เป็นกลุ่มของโปรตีนที่มีหน้าที่พิเศษแตกต่างจากโปรตีน และโมเลกุลขนาดใหญ่ทั่วไป โดยมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวเร่งชนิดอื่น ๆ โดยใช้ปริมาณเอนไซม์เพียงเล็กน้อย นอกจากนี้เอนไซม์ยังสามารถทำงานได้ในสภาวะที่ไม่รุนแรง ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้กับเซลล์สิ่งมีชีวิต เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสับสเตรทสูงมาก และเร่งปฏิกิริยาโดยไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อื่น ๆ รวมทั้งเอนไซม์สามารถเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาได้ โดยเอนไซม์มีความสามารถในการกระตุ้นทำให้พลังงานกระตุ้นลดลง.

2.3.1 ความสำคัญของเอนไซม์

ก. ด้านโภชนาการ

เอนไซม์มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการย่อยอาหาร ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางเคมี ที่ทำงานต่อเนื่องกันอย่างมีระเบียบเพื่อสลายโมเลกุลของสารอาหารให้ได้เป็นสารโมเลกุลเล็ก และจะมีการนำพลังงานจากสารอาหารนั้นไปสร้างเป็นพลังงานภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตควบคู่ไปกับการนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เพื่อการเจริญเติบโต.

ข.ด้านสุขภาพและโรคภัย

ความรู้ทางด้านเอนไซม์ได้ถูกนำไปใช้ทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย มีโรคหลายชนิดซึ่งเกิดในมนุษย์ ประมาณ 60-70 ชนิดเป็นโรคที่เกิดเนื่องจากความผิดปกติของการถ่ายทอดกรรมพันธุ์ (genetic disorders) ทำให้เนื้อเยื่อบางประเภทขาดเอนไซม์ที่จำเป็นไป เช่น โรคขาดเอนไซม์ phenylketohydroxylase และไม่สามารถเมตาโบไลซ์ ฟีนิลอะลานีนได้ ดังนั้นผู้ป่วยพวกนี้จะต้องรับประทานอาหารที่ฟีนิลอะลานีนน้อย และโรคไม่ย่อยแลคโตส (lactose intolerance) ซึ่งเกิดจากการที่บุคคลนั้นมีเอนไซม์แลคเตสน้อยหรือไม่มีเลย ดังนั้นจึงไม่สามารถบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลแลคโตสได้ เช่น นมและผลิตภัณฑ์นม.

วิธีการรักษาโรคที่เกิดเนื่องมาจากการขาดเอนไซม์ คือ ทำการเติมเอนไซม์ที่ผู้ป่วยขาดโดยให้ผู้ป่วยรับประทานเอนไซม์ชนิดนั้น ๆ เข้าไป เช่น โรคขาดเอนไซม์ phenylketohydroxylase ทำการรักษาโดยให้ผู้ป่วยรับประทานเอนไซม์ชนิดนี้เข้าไป และโรคไม่ย่อยแลคโตสก็ให้ผู้ป่วยรับประทานเอนไซม์แลคเตส เป็นต้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.ด้านการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อโดยใช้วิธีทางเคมีนั้นไม่ค่อยนิยม เนื่องจากการวิเคราะห์ไม่แม่นยำ วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีนั้นเป็นการวัดกำลังการรีดิวซ์ของน้ำตาล ซึ่งพบว่าในเลือดและปัสสาวะมักจะมีสิ่งรบกวนปฏิกิริยา จึงนิยมใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส ซึ่งมีข้อดี คือมีความจำเพาะสูง ปฏิกิริยาเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่รุนแรง ปฏิกิริยาเป็นดังนี้.

$$\text{glucose} + O_2 \xrightarrow{\text{glucose oxidase}} \text{gluconic acid} + H_2O_2$$

การนำเอนไซม์ไปใช้ประโยชน์มิได้จำกัดอยู่เพียงเท่านี้ แต่ยังนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทางด้านอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมอาหาร และทางการเกษตร โดยการนำเอนไซม์ไปในการเปลี่ยนวัตถุดิบให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ และใช้ในการเร่งการเจริญเติบโตของพืช เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์จะมีการใช้เอนไซม์จากเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* กับ *S. carlsbergenisis* โดยใช้ข้าวมอลท์เป็นวัตถุดิบในการผลิต

2.3.2 เอนไซม์เพคติเนส (Pectinases)

สับสเตรทของเพคติเนส คือ สารประกอบประเภทเพคติน และอนุพันธ์ของโพลิเมอร์ของ α-1,4-D-galacturopyranose units มีหลายประเภทต่อไปนี้.

ก.สารประเภทเพคติน (Pectic substances) เป็น colloidal carbohydrates ของพืช ประกอบด้วย anhydrogalacturonic acid units และอนุพันธ์

ข.โปรโตเพคติน (Protopectin) เป็น water-insoluble parent pectic substances ในพืช

ค.เพคติน (Pectin) เป็นเทอมทั่วไปสำหรับเรียกสารประเภทเพคติน ที่มีหมู่คาร์บอกซิล ประมาณร้อยละ 75 ถูกทำให้เป็นเอสเธอร์ด้วยเมทานอล เพคตินเป็นสารพวกคอลลอยด์ที่ทำให้เกิดเจลระหว่างน้ำตาลและกรดได้ดี นำไปใช้ในการทำแยมและเยลลี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.กรดเพคติค (Pectic acid) เป็นโพลิเมอร์ของ anhydrogalacturonic acid และมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ

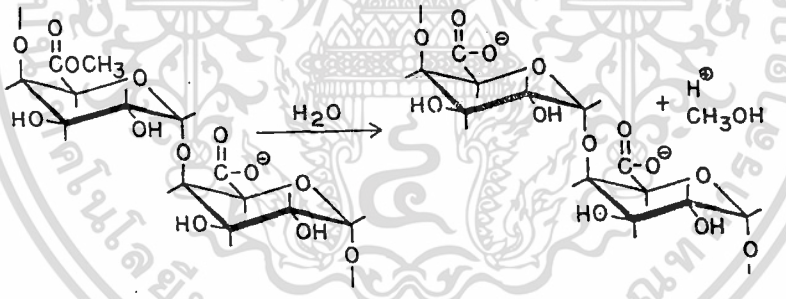
จ.กรดเพคตินิค (Pectinic acid) เป็นเพคตินซึ่งมีหมู่เมธิลเอสเธอร์เล็กน้อย

2.3.3 แหล่งที่พบเอนไซม์เพคติเนส

พบทั่วไปในพืชชั้นสูงเหมือนสารประกอบเพคติน แต่อยู่คนละชั้นของเซลล์ แต่เมื่อเซลล์พืชฉีกขาด หรือ ได้รับการกระทบกระเทือน เอนไซม์เพคติเนส และ สารประกอบเพคตินจะเคลื่อนที่เข้าหากันทำให้เกิดการย่อยสลาย ทำให้ลักษณะความคงตัวของเนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้เสียไป ผักและผลไม้จะนิ่มลง สำหรับในสัตว์จะไม่พบเอนไซม์เพคติเนส ยกเว้น ทาก. ปัจจุบันได้มีการผลิตเอนไซม์เพคติเนสเพื่อการค้า โดยทำการผลิตจากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ.

2.3.4 ชนิดของเอนไซม์เพคติเนส

2.3.4.1 เอนไซม์เพคตินเอสเธอเรส (Pectinesterase)



รูปที่ 2.1 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเธอเรส

ลักษณะของปฏิกิริยาดังรูป เอนไซม์จะเร่งปฏิกิริยาการดึงหมู่เมธิลจากสารประกอบเพคติน แต่จะไม่ย่อยสลายพันธะไกลโคซิล และยังคงจัดอยู่ในกลุ่มย่อยของไฮโดรเลสที่ย่อยสลายพันธะเอสเธอร์ เช่นเดียวกับไขมัน ดังนั้นชื่อสามัญจึงเป็นไปได้หลายชื่อ ล้วนแต่มีความสัมพันธ์กับลักษณะปฏิกิริยาทั้งสิ้น คือ pectolipase pectin methylesterse pectin demethoxylase pectin methoxylase และ pectase เอนไซม์ชนิดนี้มีชื่อตามระบบว่า Pectin pectylhydrolase, EC 3.1.1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคตินเอสเธอเรสมีลักษณะสำคัญดังนี้

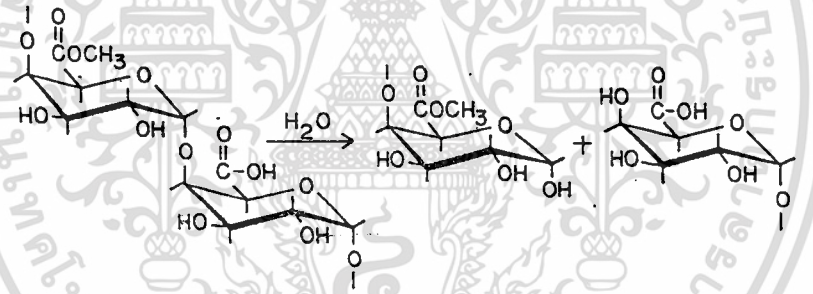
ก. มีความจำเพาะต่อพันธะเอสเธอร์ ที่อยู่สลับที่กับหมู่คาร์บอกซิลของ anhydro-galacturonic unit

ข. มีความจำเพาะต่อส่วนของเอสเธอร์ที่มาจากแอลกอฮอล์ (alcohol moiety) ที่เป็นเมธานอล ยกเว้น เอธานอล ทำให้ความเร็วปฏิกิริยาลดลงเหลือร้อยละ 3 - 13

ค. เอนไซม์ไม่สามารถไฮโดรไลซ์เอสเธอร์ที่มาจากกลุ่มไกลคอล กลีเซอรอล และบิวธานอลได้.

ง. ผลผลิตจากปฏิกิริยาจะได้ กรดเพคติค กรดเพคตินิค และเมธานอล ดังนั้นการติดตามแอคติวิตีของเอนไซม์จึงใช้วิธีวัดปริมาณสารดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมธานอล

2.3.4.2 เอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส (Polygalacturonase)



รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส

เอนไซม์นี้ทำหน้าที่ไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิลในสารประกอบเพคติน มีชื่อตามระบบว่า Poly-α-1,4 galacturonide glyconohydrolase , EC 3.2.1.15 มีชื่อสามัญว่า polygalacturonases แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ตามชนิดของสับสเตรท คือ polymethyl galacturonase และ polygalacturonase และแบ่งย่อยลงไปตามลักษณะการย่อยสลาย คือ endo-splitting และ exo-splitting ดังนั้นการแบ่งกลุ่มย่อยเป็นดังนี้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งกลุ่มย่อยของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส

1.Random mechanism of hydrolysis

1.1 Endo-polymethylgalacturonases

จะไฮโดรไลซ์สับสเตรทที่เป็นเพคตินได้ดีกว่ากรดเพคติค และมีลักษณะการย่อยแบบไม่เป็นระเบียบ (endo-splitting) ในสายโพลิเมอร์

1.2 Endo-polygalacturonase

จะไฮโดรไลซ์สับสเตรทที่เป็นกรดเพคติคได้ดีกว่าเพคติน

2. Terminal mechanism of hydrolysis

2.1 Exo-polymethylgalacturonases

จะไฮโดรไลซ์สับสเตรทที่เป็นเพคตินได้ดีกว่ากรดเพคติค และมีลักษณะการย่อยแบบเป็นระเบียบจากปลายสายโพลีเมอร์ (exo-splitting)

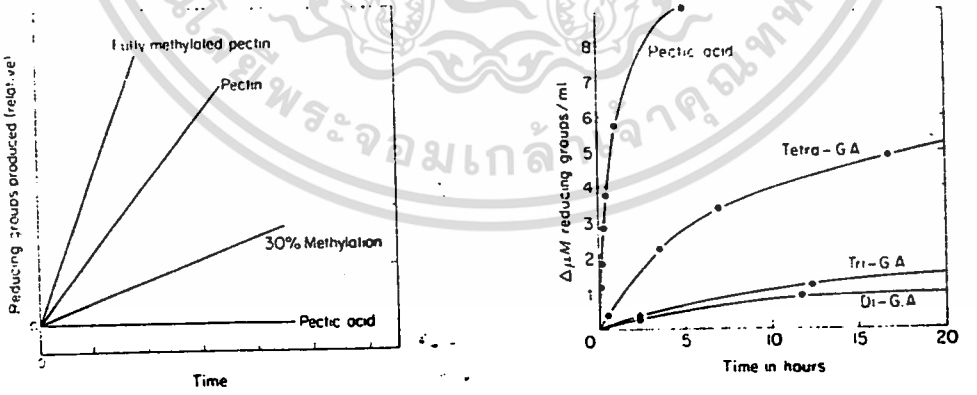
2.2 Exo-polygalacturonases

จะไฮโดรไลซ์สับสเตรทที่เป็นกรดเพคติคได้ดีกว่าเพคติน

สมบัติของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส

1. พีเอช ที่เหมาะสมของเอนไซม์ทั้งสองกลุ่มคือ 4.5 - 6.0

2. กลุ่ม endo-splitting ทั้ง 2 ชนิด จะไฮโดรไลซ์สับสเตรทที่เป็นสายโพลีเมอร์ยาวได้ด้วยอัตราเร็วสูงดังแสดงในรูป



a) Endo-polymethygalacturonase b) Endopolygalacturonase (pH 4.5)

รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบระหว่าง actvity ของ endo-polymethylgalacturonase กับ endo-polygalacturonase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

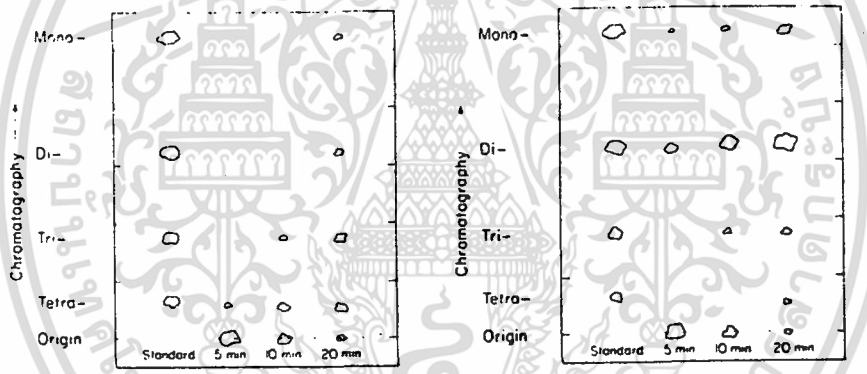
ตามรูปพวก endo-polymethylgalacturonase จะมีอัตราเร็วปฏิกิริยาการย่อยสลายต่อสับสเตรทได้สูงสุดเมื่อสับสเตรทเป็นเพคติน และไม่แสดงแอคติวิตีต่อสับสเตรทที่เป็นกรดเพคติก

3. การแยกความแตกต่างของ endo-polygalacturonases และ exo-polygalacturonases ทำได้ดังนี้

3.1 ใช้ paper chromatography, column chromatography, gel filtration ดูความแตกต่างของคุณสมบัติของเอนไซม์และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการไฮโดรไลซ์สับสเตรท

3.2 กลุ่ม endo-splitting จะไฮโดรไลซ์ สับสเตรทได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมวลโมเลกุลสูงในช่วงแรกของปฏิกิริยา

3.3 กลุ่ม exo-splitting จะไฮโดรไลซ์สับสเตรท ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำในช่วงแรกของปฏิกิริยา ดังแสดงในรูป



a) Endo-splitting enzyme b) Exo-splitting enzyme

รูปที่ 2.4 Relative rate ที่จะสร้างผลผลิตต่าง ๆ ของ endo-splittingenzyme และ exo-splitting enzyme ต่อ pectic substrate

ตามรูปกลุ่ม endo-splitting จะย่อยสลายกรดเพคติคอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยในช่วงต้นปฏิกิริยาจะมีผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเตตราเมอร์ซึ่งมีโมเลกุลใหญ่ และในช่วงเวลาสุดท้ายจึงปรากฏโมเลกุลเล็ก ๆ ของโมโนเมอร์ ไดเมอร์ และไตรเมอร์เกิดขึ้น ส่วนกลุ่ม exo-splitting จะย่อยสลายกรดเพคติคอย่างเป็นระเบียบจากปลายสาย ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบไดเมอร์ และโมโนเมอร์ ในช่วงต้นปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนส

4.1 วัดความหนืดที่ลดลงของสับสเตรท

4.2 วัดอัตราการเกิดหมู่รีดิวซ์

4.3 วัดค่า optical rotation ที่ลดลง

4.4 วัดตะกอนที่ลดลงจากการตกตะกอนด้วยเกลือแคลเซียม หรือสารอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว

5. จากการเปรียบเทียบค่าความหนืดที่ลดลง กับอัตราการเกิดหมู่รีดิวซ์ โดยเอนไซม์พวก endo-splitting และ exo-splitting พบว่า endo-splitting สามารถลบความหนืดได้ร้อยละ 50 เมื่อไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิลร้อยละ 3 - 5. ขณะที่ exo-splitting จะไฮโดรไลซ์พันธะไกลโคซิลร้อยละ 10 - 15 และความหนืดของสับสเตรทลดลงร้อยละ 50 เท่ากัน

6. ข้อควรสังเกตมีดังนี้

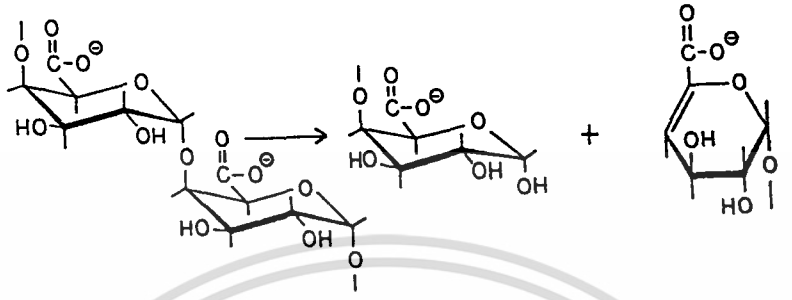
6.1 ต้องเตรียมเอนไซม์ polygalacturonase ให้บริสุทธิ์ปราศจากเอนไซม์ pectinesterase เมื่อใช้เพค-ตินเป็นสับสเตรท และถ้าใช้กรดเพคติคเป็นสับสเตรทก็ไม่มีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์นี้

6.2 ต้องไม่มีเอนไซม์ pectate lyase ซึ่งจะกล่าวต่อไปปนอยู่กับ polygalacturonase เนื่องจากใช้สับสเตรทเดียวกัน และมีปฏิกิริยาการย่อยสลายที่พันธะไกลโคซิลเช่นเดียวกัน แต่กลไกต่างกัน

2.3.4.3 เพคเตทไลเอส (Pectate lyases)

เอนไซม์เพคเตทไลเอสเริ่มรู้จักตั้งแต่ปี 1960 มีชื่อสามัญว่า pectate lyases และมีชื่อตามระบบว่า poly-α-1,4-D-galacturonide lyase (EC 4.2.99.3) เอนไซม์นี้มี Ca^{+2} เป็นตัวกระตุ้น และพบทั่วไปในจุลินทรีย์ ไม่พบในพืชชั้นสูงเหมือนเพคตินเนสชนิดอื่น เป็นเอนไซม์เพคตินเนสที่อยู่ในกลุ่มไลเอส มีลักษณะปฏิกิริยาของการย่อยสลายพันธะไกลโคซิลในเพคตินหรือกรดเพคติค แล้วได้สารโพลีเมอร์สายสั้นโดยที่สายโพลีเมอร์สายหนึ่งมีปลายรีดิวซ์และอีกสายหนึ่งมีพันธะคู่ ดังปฏิกิริยา :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์เพคเตทไลเอส

2.3.4.3.1 การแบ่งกลุ่มของเอนไซม์เพคเตทไลเอส

แบ่งด้วยหลักเกณฑ์เช่นเดียวกับเอนไซม์ polygalacturonases คือ ตามชนิดสับสเตรท และลักษณะการตัดสายโพลีเมอร์

ก. Random mechanism of trans-eliminative degradation

- Endo-pectin methyl-trans-eliminases (Endo-PMTE)

สับสเตรท เป็นเพคติน,การย่อยสลายแบบ endo-splitting

- Endo-polygalacturonate-trans-eliminase (Endo-PGTE)

สับสเตรทเป็นเพคติน,การย่อยสลายแบบ endo-splitting

ข. Terminal mechanism of trans-eliminative degradation

- Exo-pectin methyl-trans-eliminase (Exo-PMTE)

สับสเตรทเป็นเพคติน และการย่อยสลายแบบ exo-splitting

- Exo-polygalacturonate-trans-eliminase (Exo-PGTE)

สับสเตรทเป็น กรดเพคติค และการย่อยสลายแบบ exo-splitting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การใช้ประโยชน์จากเพคติคเอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร

2.3.5.1 เอนไซม์เพคติเนสที่ใช้ในทางการค้า

เพคติเนสที่ใช้กันส่วนใหญ่ในทางการค้ามักจะผลิตจากเชื้อ *Aspergillus niger* และมักประกอบด้วย Pectinesterases (PE) ,Polygalacturonases (PG) และ Pectate lyases (PL) ดังนั้นจึงสามารถย่อยสลายสาร pectin ได้. โดย PE จะทำหน้าที่ deesterify และ PG จะทำหน้าที่ไฮโดรไลส์ให้ เพคตินมีโมเลกุลสั้นลง หรืออาจสลายพันธะไกลโคซิดิค โดยตรงด้วยวิธี elimination ก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเอนไซม์เพคติเนสที่ใช้ในทางการค้ามักประกอบด้วยเอนไซม์ชนิดอื่นด้วย เช่น cellulase , xylanases , arabanases , galactanases , proteases , esterase และ oxido-reductase เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์ ผู้ผลิตบางรายอาจเติม amylases เพื่อไปย่อยสลายโมเลกุลแป้งในผลไม้บางชนิดก็ได้.

ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ นิยมใช้เอนไซม์เพคติเนส และในการผลิตสามารถทดสอบการย่อยสลายเพคตินในเนื้อผลไม้ โดยการเติมแอลกอฮอร์ลงในน้ำผลไม้ ถ้าไม่มีตะกอนแสดงว่าเพคตินถูกย่อยสลายไปหมดแล้ว.

2.3.5.2 การประยุกต์ใช้เพคติคเอนไซม์

ก. การสกัดน้ำผลไม้

น้ำผลไม้โดยทั่วไปจะถูกสกัดออกด้วยการใช้แรงกด แต่วิธีนี้ไม่ใช่วิธีที่ง่าย สำหรับผลไม้ที่มีลักษณะนิ่มอย่าง แบลคเบอร์รี สตรอเบอร์รี และราสเบอร์รี การทำลายเพคตินของเนื้อผลไม้โดยใช้เอนไซม์ จะทำให้การสกัดน้ำผลไม้โดยใช้แรงกดทำได้ง่ายขึ้น อีกทั้งจะให้ผลผลิตและ สารให้สี (anthocyanin) ที่มีปริมาณสูง ซึ่งจะพบได้ในการสกัดน้ำองุ่นแดง ในประเทศฝรั่งเศสมีการใช้ความร้อน 55 - 77 องศาเซลเซียส ในการสกัดน้ำองุ่นแดงซึ่งจะทำให้สารให้สีละลายออกมาอย่างรวดเร็ว กระบวนการสกัดน้ำผลไม้โดยใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัดนี้ เริ่มต้นด้วยการผสมเอนไซม์กับเนื้อผลไม้ ทำการใส่เอนไซม์แล้วนำมาคั้นโดยใช้แรงกด และหมักน้ำผลไม้ใสที่ได้.

น้ำผลไม้ที่ได้จากการสกัดด้วยเอนไซม์นี้ อาจจะมีปริมาณแมธานอลสูงกว่าในน้ำผลไม้ที่ได้จากการสกัดด้วยแรงกดทางกล แต่เมธานอลอาจจะสูญหายไปกับไอน้ำได้ระหว่างการทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ได้มีผู้ทดลองใช้เพคติคเอนไซม์ที่มีชื่อทางการค้าว่า Ultrazym 100 ปริมาณ 0.05 กรัม ต่อเนื้อมะม่วงบด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ที่สภาวะนี้สามารถลดความหนืดของมะม่วงบดได้ร้อยละ 82 และเมื่อใช้เอนไซม์ชนิดนี้สกัดน้ำมะม่วงจากเนื้อมะม่วงจะได้น้ำมะม่วงออกมา 21 กิโลกรัม จากเนื้อมะม่วง 30 กิโลกรัม ซึ่งโดยปกติถ้าไม่ใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัด จะไม่สามารถสกัดน้ำออกจากเนื้อมะม่วงบดได้เลย. นอกจากนี้มีรายงานการทดลองโดย ใช้ pectinolytic enzyme เข้มข้น (PEC) ที่สกัดจากเชื้อ *Aspergillus niger* ในการช่วยสกัดน้ำผลไม้จากผลไม้ที่คั้นน้ำออกยาก ซึ่งจากการวิจัยพบว่าเมื่อใช้ PEC ช่วยในการสกัดน้ำจาก กล้วย องุ่น แอปเปิ้ล มะม่วง มะละกอ และขนุน จะได้น้ำออกมาร้อยละ 60-87 , 85-91, 80 92 , 85 และ 78 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักของเนื้อผลไม้บด ตามลำดับ.

ข.การทำให้น้ำผลไม้ใส

เอนไซม์เพคติเนส ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางด้านนี้มานาน และกว้างขวางที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับ น้ำแอปเปิ้ล น้ำลูกแพร์ และน้ำองุ่น น้ำผลไม้ที่ได้จากการสกัดมาใหม่ๆจะขุ่น และหนืดพอสมควร การเติมเพคติเนสลงไป จะไปลดความหนืดอย่างรวดเร็ว และกำจัดความขุ่นโดยทำให้อนุภาคต่าง ๆ รวมกันแล้วตกตะกอนลงมา ซึ่งต่อไปอาจทำให้น้ำผลไม้ใสได้โดยการกรอง หรือการเหวี่ยงปั่น ในกรณีของน้ำแอปเปิ้ล การที่ความหนืดลดลงอาจเกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส และ เอนไซม์เอนโดโพลีกาแลคทูโรเนส บนเพคตินที่ถูก esterify แล้วในสารละลาย. นอกจากนั้นการทำให้น้ำแอปเปิลใสอาจใช้เอนไซม์เพคตินไลเอสก็ได้ แต่เอนไซม์นี้จะทำให้น้ำองุ่นใสได้น้อยกว่า. เนื่องจากในน้ำองุ่นมีเพคตินที่มีระดับของการ esterify อยู่เพียงร้อยละ 45-60 เท่านั้น. การกำจัดเพคตินและการทำให้น้ำผลไม้ใสนี้จะต้องทำก่อนที่จะนำน้ำผลไม้นั้นไปทำให้เข้มข้น. การใช้เอนไซม์ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส จะทำให้ประหยัดเอนไซม์และเวลา และหลีกเลี่ยงปัญหาในการติดเชื้อและการหมักที่ไม่ต้องการ.

ค. การทำให้เนื้อผลไม้นิ่ม และการทำให้เป็นของเหลว

ในการทำให้เนื้อผลไม้นิ่มลงโดยใช้เอนไซม์ เซลล์ที่อยู่กันอย่างหลวม ๆ จะถูกสกัดออกมาจากเนื้อเยื่อของผักผลไม้กลายเป็นอนุภาคแขวนลอย ซึ่งกระบวนการนี้อาจนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเนคตา (น้ำผลไม้ที่มีเนื้อผลไม้บดละเอียดอยู่ด้วย) เครื่องดื่มชนิดนี้สามารถเตรียมได้จากผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล ลูกแพร์ ลูกพีช แอปริคอท เบอร์รี่ ทับทิม มะละกอ เสาวรส โดยการบดผลไม้ เติมน้ำ เติมกรด และน้ำตาล แล้วปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน และให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25411

ร้อนพาสเจอร์ไรซ์ การทำให้ผลิตภัณฑ์คงความขุ่นอยู่ได้นั้นอาจใช้เอนไซม์เพคติเนสแล้วทำให้เกิดการติดกันของอนุภาคโดยกระบวนการที่ทำให้เกิดการกระจายทางกลก็ได้ เช่น กระบวนการโฮโมจีไนเซชัน จากคุณสมบัติของเอนไซม์นี้ที่สามารถลดความหนืดของผลิตภัณฑ์ได้ จึงทำให้สามารถนำไปใช้ในการผลิตเนคตาเข้มข้นได้ นอกจากนั้นกระบวนการนี้ยังอาจใช้ในการทำให้เกิดการกระจายของส่วนผสมที่ละเอียดของอาหารสำหรับเด็กอ่อนที่ทำมาจากแครอทและผักชนิดอื่น.

การทำให้เนื้อผลไม้นิ่มลงนั้นสามารถทำได้โดยใช้เพคติเนส ที่มีเอนไซม์เอนโดโพลีกาแลคทูโรเนสอยู่มากเมื่อเทียบกับเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส และเอนไซม์เพคตินไลเอส ซึ่งแทบจะไม่มีอยู่เลย. วิธีนี้จะไปสลายเพคติน ที่เนื้อเยื่อชั้นกลาง (middle lamella) ซึ่งมีระดับของการ esterify ต่ำ อย่างไรก็ตามการทำให้เนื้อผลไม้นิ่มอาจได้มาจากการใช้เอนไซม์เพคตินไลเอสที่บริสุทธิ์.

2.4 กรรมวิธีการอบแห้ง

ในการทำให้อาหารแห้งนับเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย และเป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดวิธีหนึ่งที่มนุษย์ได้เรียนรู้มาจากธรรมชาติ โดยเริ่มจากแถบภูมิภาคที่มีอากาศร้อนแห้ง เช่น แถบทะเลทราย. นอกจากนั้นในบางภูมิประเทศจะมีผลผลิตทางการเกษตร เช่น ผักและผลไม้มากในบางฤดู จึงหาวิธีที่จะเก็บรักษาผลผลิตเหล่านั้นไว้ให้สามารถนำมาบริโภคได้ตลอดปี จึงได้มีการนำผลผลิตที่มีมากเกินพอเหล่านี้มาทำการตากแห้งโดยการผึ่งแดด ความร้อนจากแสงแดดจะทำให้น้ำระเหยออกไป จนได้ผลผลิตที่แห้งสามารถเก็บไว้ได้นานโดยควรจะเหลือความชื้นในอาหารนั้นต่ำกว่าร้อยละ 10.

การทำให้อาหารแห้งนั้นมีวิธีการทำได้หลายวิธี โดยความหมายแล้ว “การทำให้แห้ง” หมายถึง การถ่ายเทของเหลว เช่น น้ำ ออกจากของแข็งหรือวัสดุชื้น ไปยังก๊าซที่ไม่อิ่มตัว ตัวอย่าง เช่น การตากแห้งอาหารกลางแดด ความร้อนจากแสงแดดจะทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปในอากาศ ลมจะช่วยพัดไอน้ำที่ระเหยออกมาไปจากผิวหน้าของอาหาร ทำให้อาหารแห้งเร็วขึ้น เป็นต้น แต่การดึงน้ำออกจากก๊าซหรือของเหลวก็จัดว่าเป็นการอบแห้งเช่นเดียวกันแต่มักจะเรียกชื่อเป็นอย่างอื่น เช่น Dehumidification. เป็นต้น

ในกระบวนการผลิตอาหารแห้งนั้น องค์ประกอบหลักที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ น้ำ ทั้งนี้น้ำเป็นตัวที่ต้องกำจัดออกจากอาหาร เพื่อให้อาหารแห้ง ซึ่งอาหารแห้ง คือ อาหารใด ๆ ก็ตามที่มีปริมาณน้ำเหลืออยู่ในตัวของมันต่ำ ๆ โดยทั่วไปควรจะมีปริมาณน้ำหรือ ความชื้นอยู่น้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งจะทำให้อาหารแห้งนั้นเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น และมีน้ำหนักเบาด้วย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 หลักการอบแห้ง

การอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป อาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์และจากปฏิกริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ทั้งนี้หลักการของการอบแห้งจะเกี่ยวเนื่องกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ซึ่งในการอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป จะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ.

ก. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

ข. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพของสด จะกินเนื้อที่และการดูแลรักษาลำบาก โดยเฉพาะพวกนมสด ถ้าทำเป็นนมผงจะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การบรรจุขนส่งก็สะดวกและประหยัด ในการอบแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป พบว่าอาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดไปมากในปริมาณที่ใกล้เคียงกับความชื้นที่ลดลงไปหลังจากทำแห้งแล้ว

การที่กล่าวว่า อาหารที่ปริมาณน้ำต่ำ ๆ จะเก็บรักษาได้นานกว่านั้น จะสัมพันธ์อยู่กับลักษณะการเกิดการเน่าเสียของอาหาร อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากพวกจุลินทรีย์เป็นสำคัญ เนื่องจากจุลินทรีย์มีอยู่ทั่ว ๆ ไป ทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่ อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นรา แบคทีเรีย และยีสต์ ก็ตามจะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ถ้าปริมาณน้ำในอาหารน้อยเกินไป จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญอยู่ได้ ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นในอาหารลงให้พอเหมาะกับอาหารแต่ละชนิดก็สามารถจะถนอมรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น.

2.4.2 ลักษณะทั่วไปของการอบแห้ง

โดยทั่วไปการดึงน้ำออกจากวัตถุใดนั้น จะมีอยู่ 2 ลักษณะ ตามคุณสมบัติในการอุ้มน้ำไว้ในตัวของวัตถุนั้น ๆ กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. การดึงน้ำออกจากวัตถุที่ไม่ดูดซับน้ำหรือไม่อุ้มน้ำไว้ในตัว(Non-hygroscopic material) เช่น พวกทราย หิน โลหะต่าง ๆ ลักษณะการไหลออกของน้ำจากวัตถุประเภทนี้จะเป็นไปแบบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลา กล่าวคือ เมื่อเวลาที่ใช้ทำให้แห้งนานขึ้น ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในวัตถุจะลดลงตามลำดับ จะเห็นได้ว่าลักษณะการอบแห้งแบบนี้จะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง.

ข. การดึงน้ำออกจากวัตถุที่ดูดซับน้ำหรืออุ้มน้ำไว้ในตัว (Hygroscopic material) เช่น พวกอาหารทั่ว ๆ ไป ซึ่งสามารถอุ้มน้ำไว้ในตัวของมันทำให้มีความชื้นภายในสูงกว่าความชื้นของอากาศ ดังนั้นการไหลของน้ำจากวัตถุประเภทนี้จึงมีขั้นตอนการไหลที่ซับซ้อนขึ้น โดยพบว่าในช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลงจะมีอยู่หลายช่วงแล้วแต่ประเภทของอาหาร แต่ช่วงอัตราอบแห้งคงที่มักจะไม่ค่อยพบ ปกติในช่วงแรกที่อาหารชุ่มไปด้วยน้ำ การดึงน้ำออกจากอาหารในช่วงนั้นควรจะเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ แต่มีช่วงระยะเวลาสั้นมากจึงไม่ค่อยพบ .

2.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

ในการทำแห้งอาหารทั่ว ๆ ไป มีปัจจัยหลายประการที่จะทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้าซึ่งพอสรุปได้ดังนี้.

ก. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมาก ๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว นอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งกล่าวคือ อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก ๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็วขึ้น.

ข. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ส่วนใหญ่จะทำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหาร เนื่องจากอัตราการอบแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารหนามาก การอบแห้งจะเกิดได้ช้าลง.

ค. ปริมาณอาหาร อาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปเข้าในเครื่องอบแห้ง จะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลาง ๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี ความร้อนเข้าไปไม่ค่อยถึงยิ่งถ้าจัดเรียงตัวกันไม่ดีแล้ว ก็จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก.

ง. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นกับความชื้นของอากาศและความเร็วของลม นอกจากนั้นอุณหภูมิที่ใช้อบก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่ความดันต่ำ ๆ น้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

2.4.4 ประเภทของเครื่องอบแห้ง

ในวิธีการทำให้อาหารแห้ง สามารถแบ่งเครื่องอบแห้งตามลักษณะการถ่ายเทความร้อน ได้ดังนี้

ก.เครื่องอบแห้งแบบตู้หรือแบบห้องอบ (Carbinat drier)

เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้ลมพัดผ่านอาหารที่ลักษณะชั้น ซึ่งวางเรียงหรือแขวนอยู่ในห้องอบ โดยจะทำงานเป็นแบบกะ อาศัยการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน มีชื่อเรียกตามลักษณะการทำงาน เช่น Carbinet dryer ,Tray dryer ,Pan dryer และ Bin dryer เป็นต้น ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ แหล่งให้ความร้อน (Heater) พัดลม ตัวกรองอากาศ (Filter) แผงกั้นอากาศ (Baffle) ห้องอบ (Chamber)

ข.เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel drier)

ลักษณะเป็นห้องยาว ๆ มีการทำงานแบบต่อเนื่องทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น มีอาหารวางเรียงบนรถเข็นหรือสายพาน ผ่านเข้าไปในอุโมงค์ที่มีลมร้อนไหลสวนทางมาหรือไหลขนานกัน. แบ่งออกเป็น single-stage Tunnel , Two-stage Tunnel และ multi-stage Tunnel ยกตัวอย่างเช่น Conveyor dryer , belt drier เป็นต้น

ค.เครื่องอบแห้งแบบโรตารี่ (Rotary drier)

เป็นห้องหรือตู้อบที่หมุนได้ทำให้อาหารมีการพลิกหน้าพื้นที่ผิวหน้าของอากาศสัมผัสกับอากาศร้อนมากขึ้น อัตราการอบแห้งสูงขึ้น วิธีนี้ต้องมีการถ่ายเทอากาศดี ๆ .

ง.เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed drier)

ลักษณะเป็นห้องอบแห้งทรงกระบอก หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นเครื่องอบแห้งที่มีอัตราการอบแห้งสูงมาก โดยอนุภาคของของแข็งจะถูกทำให้ลอยตัวอยู่ในอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งตลอดเวลา ทำให้พื้นผิวทั้งหมดของอนุภาคได้สัมผัสกับอากาศร้อน ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้รวดเร็วมาก อัตราการอบแห้งจึงสูงและสามารถทำแบบต่อเนื่องได้ อุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบนี้ คือ หอทดลอง (Column) ส่วนป้อนวัตถุดิบ (Feeder) แผงให้ความร้อน เครื่องเป่าอากาศ ตัวกระจายความร้อน (Distributer)

วิธีนี้จะมีข้อจำกัดที่ใช้ได้กับอนุภาคที่มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป และควรมีลักษณะใกล้เคียงทรงกลม เช่น พวกเมล็ดพืช และเม็ดพลาสติก เป็นต้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum drier)

เป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้ได้ดีกับพวกวัตถุดิบที่เป็นของเหลวที่มีความหนืดและไหลได้พอสมควร โดยเฉพาะพวกที่มีส่วนประกอบของแป้งสูง ๆ ลักษณะเป็นลูกกลิ้งทรงกระบอก ให้ความร้อนโดยไอน้ำหรือไฟฟ้าจากภายในลูกกลิ้ง ความร้อนจะถ่ายเทแบบนำความร้อนไปยังผิวลูกกลิ้งซึ่งหมุน และมีอาหารเหลวเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ติดอยู่ให้อาหารเหลวแห้งได้เร็วมาก มีอัตราการอบแห้งสูงพอสมควร มีหลายแบบ เช่น Single-Drum ,Double-Drum ,Twin-Drum และ Vacuum-Drum drier เป็นต้น.

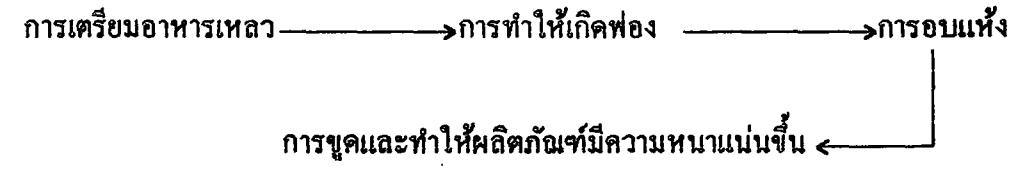
ฉ.เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier)

เป็นเครื่องอบแห้งที่นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น นมผง กาแฟผง โดยอาศัยหลักการของการพ่นอาหารเหลวให้แตกเป็นละอองเล็ก ๆ ภายในห้องทดลองที่มีอากาศร้อนไหลสวนทางหรือไหลขนาน ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงมาก เนื่องจากอาหารเหลวแตกเป็นละอองเล็ก ๆ เมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจึงทำให้น้ำระเหยไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นผงออกมา ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบแห้งแบบนี้ คือ ห้องอบแห้ง หัวฉีด (Atomizer or Nozzle) แหล่งกำเนิดความร้อน ส่วนแยกเก็บผลิตภัณฑ์ผง (Seperator or Cyclone)

ประสิทธิภาพของการอบแห้งระบบนี้ขึ้นกับความสามารถในการพ่นละอองของหัวฉีดเป็นสำคัญ หัวฉีดจะต้องสามารถพ่นให้ได้ละอองของเหลวขนาดเล็กที่สุดและมีขนาดเท่า ๆ กัน หัวฉีดที่ใช้มีหลายประเภท เช่น Single-Fluid Nozzle ,Two-Fluid Nozzle ,Spinning-Disk Atomizer และ Centrifugal Atomizer เป็นต้น.

ช.เครื่องอบแห้งแบบการเกิดฟอง (Foam-mat drier)

นิยมใช้ในการทำน้ำผลไม้ เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ และน้ำองุ่น เป็นต้น โดยอาศัยหลักการของการทำให้น้ำผลไม้เกิดฟองเล็กๆ โดยการใช้สารที่ช่วยให้เกิดฟองแล้วนำฟองของน้ำผลไม้นั้นไปตามสายพานหรือตามตัวกลางที่มีความร้อน น้ำจะระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมาก อาจเหลือเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น เครื่องมือที่ใช้มี 2 แบบ คือ Belt drier operation และ Tray drier operation โดยมีขั้นตอนการทำงานคร่าว ๆ ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ.เครื่องอบแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze drier)

เป็นการอบแห้งที่จะให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผงดีที่สุด เมื่อนำกลับไปละลายน้ำจะใกล้เคียงของเดิมมากที่สุด เนื่องจากไม่ได้ใช้ความร้อนช่วยในการทำแห้งแต่อาศัยหลักการระเหิด โดยการทำให้น้ำในอาหารเกิดเป็นน้ำแข็ง และระเหิดเป็นไอภายใต้ความดันที่อุณหภูมิต่ำ ๆ เครื่องมือจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนแช่แข็ง ส่วนควบคุมและลดความดันมีขั้นตอนการทำงานคร่าว ๆ ดังนี้

การแช่แข็งอาหาร ⟶ การระเหิดภายใต้ความดัน ⟶ การทำลายสุญญากาศ

2.4.5 การเลือกวิธีการทำแห้ง

ก.ชนิดและคุณสมบัติของอาหาร

เป็นปัจจัยแรกที่จะต้องคำนึงถึง ควรจะทราบว่าอาหารที่ต้องการทำแห้งมีองค์ประกอบที่สำคัญอย่างไร มีปริมาณความชื้นมากน้อยแค่ไหน มีความต้านทานต่อความร้อนได้ดีเพียงไร และมีขนาดและลักษณะรูปร่างอย่างไร.

ข.ลักษณะของผลิตภัณฑ์แห้งที่ต้องการ

ต้องทราบว่าต้องการอาหารแห้งแบบไหน เป็นชิ้น เป็นตัว หรือเป็นผง นอกจากนี้ความชื้นสุดท้ายของอาหารแห้งหรือความแห้งที่ต้องการก็ต้องคำนึงถึง เนื่องจากบางวิธีไม่สามารถทำให้อาหารแห้งได้ดีพอ ในขณะที่บางวิธีอาจทำให้อาหารแห้งเกินไปก็ได้.

ค.ความสามารถในการทำแห้งของเครื่องมือ

จะต้องศึกษาหารายละเอียดของเครื่องมือแต่ละชนิดว่ามีความสามารถในการทำแห้งแค่ไหน มีความเหมาะสมกับอาหารที่จะนำมาทำแห้งในรูปแบบไหน

นอกจากนี้ปัจจัยปลีกย่อยอื่น ๆ อีกมากมายซึ่งอาจจะพบในขณะทำแห้งซึ่งก็ต้องใช้ความชำนาญหรือประสบการณ์มาแก้ปัญหานั้น ๆ ต่อไป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 ผลของการอบแห้งต่อปัจจัยต่าง ๆ ของอาหาร

อิทธิพลของการทำแห้งต่อคุณค่าอาหาร

ในขบวนการทำแห้งโดยทั่ว ๆ ไป น้ำในอาหารจะระเหยออกไปหรือความชื้นในอาหารลดลง ดังนั้นปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในอาหารแห้งเมื่อเทียบต่อน้ำหนักแล้วพบว่า อาหารแห้งจะมีความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้น เช่น โปรตีน แป้ง และไขมัน

ก. อิทธิพลของการทำแห้งต่อโปรตีน โดยลักษณะธรรมชาติของโปรตีนแล้ว ถ้าได้รับความร้อนสูงนาน ๆ จะทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติไป ดังนั้นคุณค่าทางอาหารของโปรตีนจะเหลืออยู่มากหรือน้อยแค่ไหนก็ขึ้นกับวิธีการทำให้แห้ง กล่าวคือการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอบแห้งแต่ละประเภท จะช่วยให้คุณค่าของโปรตีนคงอยู่มากขึ้น ถ้าใช้วิธีที่ต้องให้ความร้อนสูงและนานจะทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์น้อยลง

ข. อิทธิพลของการทำแห้งต่อไขมัน ไขมันที่มีในอาหารทั่ว ๆ ไปจะเป็นตัวทำให้อาหารนั้นเหม็นหืน ยิ่งมีไขมันสูงและอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการทำแห้งจึงต้องคำนึงถึงการเหม็นหืนของอาหารแห้งที่ได้ยิ่งถ้าเป็นอาหารที่มีไขมันสูง ควรหลีกเลี่ยงวิธีการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อาจจะใช้สารเคมีบางอย่างป้องกันปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นโดยการใช้สารป้องกันการอ๊อกซิไดซ์ เช่น BHT (Butylatod Hydroxy Toluene) เป็นต้น

ค. อิทธิพลของการทำแห้งต่อคาร์โบไฮเดรท แป้ง และน้ำตาลในอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเมื่อได้รับความร้อนสูงในช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยเฉพาะในพวกผลไม้จะเกิดการเปลี่ยนสีในขณะทำให้แห้ง จากปฏิกิริยา ซึ่งจะเกิดจากปฏิกิริยาของพวกกับพวกกรดอินทรีย์ทำให้สีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นในอาหารที่มีความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 1-30.

อิทธิพลของการทำแห้งต่อเชื้อจุลินทรีย์

ความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้นการเก็บอาหารในสภาพสดหรือแห้งไม่พอจึงมีโอกาสที่จะเน่าเสียเนื่องจากพวกเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย อย่างไรก็ตามเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ จะเจริญได้ต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมโดยเฉพาะความชื้น ดังเช่น พวกแบคทีเรียและยีสต์ จะเจริญเติบโตได้ที่ความชื้นสูง ๆ คือมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไป แต่เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ที่ที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 12 ดังนั้นอาหารแห้งที่ทำการลดความชื้นจนเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน ถ้าบรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่ดี และเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของการทำแห้งต่อเอ็นไซม์

ในการทำอาหารแห้งจะมีเอ็นไซม์มีหลายชนิดที่จะมีผลต่ออาหารแห้งที่ได้ โดยเฉพาะในแง่ของการเก็บรักษาและคุณภาพของอาหารแห้งที่ได้ มีเอ็นไซม์ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ Catalase และ Peroxidase ซึ่งเป็นตัวที่ทนความร้อนได้สูง ดังนั้นในการทำแห้งอาหารจึงใช้เอ็นไซม์ 2 ชนิดนี้เป็นตัวบ่งชี้ สำหรับการทดสอบว่ายังมีความสามารถในการทำงานของเอ็นไซม์ (enzyme activity) เหลืออยู่ในอาหารแห้งหรือไม่ ลักษณะการทำงานของเอ็นไซม์ทั่ว ๆ ไป ขึ้นอยู่กับความชื้นเมื่อเกิดความชื้นของอาหารลดลง ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ก็ลดลงด้วย โดยทั่วไปเอนไซม์จะหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง ถ้าให้ความร้อนใกล้จุดเดือดของน้ำ แต่มีเอนไซม์บางชนิดสามารถทนทานได้ แต่ถ้าใช้ความร้อนชื้น 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที พบว่าเอนไซม์จะหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง นอกจากนั้นในอาหารแห้งที่ทำให้ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 1 พบว่าความสามารถในการทำงานของเอนไซม์จะไม่มีเหลืออยู่เลย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ระกำเปรี้ยว
2. เอนไซม์เพคติเนส
3. น้ำตาลทราย
4. เครื่องปั่น (Blender)
5. เครื่องชั่ง (Balance) ชนิด 4 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง
6. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
7. รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer)
8. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
9. โถดูดความชื้น (Desiccator)
10. แผ่นให้ความร้อน (Hot plate)
11. ครกบด (Mortar)
12. ตะแกรงร่อน
13. แผ่นอลูมิเนียม (Aluminium foil)
14. เครื่องแก้วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์

สามารถทำได้โดยการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และเวลาในการบ่ม 2 ชั่วโมง

1. นำผลระกำมาปอกเปลือก แล้วฝานให้เป็นชิ้นบาง ๆ

2. ปั่นในเครื่องปั่น โดยใช้เนื้อระกำ 300 กรัมต่อครั้ง ทำการปั่นเป็นเวลา 1 นาที

3. แบ่งระกำที่ทำการปั่นแล้วใส่ในฟลาสก์ ฟลาสก์ละ 100 กรัม จำนวน 54 ฟลาสก์ แล้วทำการเติมเอนไซม์เพคติเนสฟลาสก์ละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. บ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ ที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส โดยใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. นำระกำมาใส่ในถุงผ้า ทำการคั้นโดยใช้มือคั้นด้วยแรงเท่า ๆ กัน นำส่วนที่เป็นของเหลวมาทำการวัดปริมาตรด้วยกระบอกวัดปริมาตร

6. ใช้อุณหภูมิที่ให้ปริมาณน้ำระกำสูงที่สุดไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.2 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์

สามารถทำได้โดยการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และอุณหภูมิที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.1

1. ชั่งเนื้อระกำที่ปั่นละเอียด 100 กรัม ใส่ในฟลาสก์ จำนวน 30 ฟลาสก์

2. เติมเอนไซม์เพคติเนสฟลาสก์ละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. บ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิที่ให้ปริมาณน้ำระกำสูงสุด(ผลการทดลองจากข้อ 3.2.1) โดยใช้เวลาในการบ่ม 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง

4. ทำการคั้นโดยใช้ถุงผ้า แล้วนำน้ำระกำที่ได้มาวัดปริมาตร

5. ใช้เวลาที่ให้ปริมาณน้ำระกำสูงที่สุดในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การหาปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำ

สามารถทำได้โดยการใช้อุณหภูมิและเวลาในการบ่มที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 ตามลำดับ

1. ชั่งเนื้อระกำที่ปั่นละเอียดแล้ว 100 กรัม ใส่ในฟลาสก์ จำนวน 39 ฟลาสก์

2. เติมเอนไซม์ที่มีความเข้มข้นที่ต่างๆกัน ดังนี้ คือ ความเข้มข้นร้อยยละ 0 , 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 , ... , 2.4

3. บ่มในตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม (จากผลการทดลองที่ 1 และ 2)

4. คั้นแล้ววัดปริมาตรของน้ำระกำที่ได้

3.2.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง โดยใช้ตู้อบลมร้อน

3.2.4.1 ศึกษาหาความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม

1. นำน้ำระกำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 12 บีกเกอร์

2. นำมาต้มบนแผ่นให้ความร้อน ต้มจนให้มีปริมาตรของน้ำระกำเหลือ 10 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3. ใส่น้ำตาลทรายลงไปในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 30 40 50 และ 60 กรัม ตามลำดับ ทำการละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเทใส่กระทงแผ่นอลูมิเนียม

4. บ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

5. บดให้เป็นผงละเอียด โดยใช้ครกบด

6. ร่อนผ่านตะแกรง เพื่อให้ขนาดของอนุภาคระกำผงสม่ำเสมอ

7. บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้น

8. หาปริมาณความชื้น พร้อมทั้งสังเกตลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ แล้วเลือกความเข้มข้นของน้ำตาลทรายที่เหมาะสม ไปใช้ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.2 ศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสม

1. ขั้นตอนการทดลองเหมือนข้อ 1 และ 2 ในหัวข้อ 4.1

2. ใส่น้ำตาลทรายลงไปในปริมาณที่เหมาะสม ในหัวข้อ 4.1

3. บ่มในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

4. นำระกำที่แห้งแล้วไปบดให้ละเอียด

5. นำมาผ่านตะแกรงร่อน เพื่อให้ได้ผงละเอียด

6. บรรจุใส่ถุงพลาสติก แล้วเก็บในโถดูดความชื้น

7. หาปริมาณความชื้น กลิ่นและสังเกตลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละอุณหภูมิ แล้วเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด

3.2.4.3 การศึกษาอัตราการเจือจางที่เหมาะสม

1. นำระกำผงที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.4.1 และ 3.2.4.2 มาทำการละลายในน้ำร้อน ในอัตราส่วนระหว่าง ระกำผง ต่อ น้ำร้อน ดังนี้ คือ 1ต่อ1 1ต่อ2 1ต่อ3 1ต่อ4 และ 1ต่อ5

2. ทำการทดสอบชิมโดยใช้ ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน (เนื่องจากระกำผงมีน้อย) โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic scale (ดังแสดงในภาคผนวก ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์

จากการที่ได้นำเนื้อระกำสะเอียดมาทำการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำมาบ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆกัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อบ่มครบตามกำหนด นำระกำมาคั้นแล้ววัดปริมาตรของของเหลวที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1. และรูปที่ 4.1

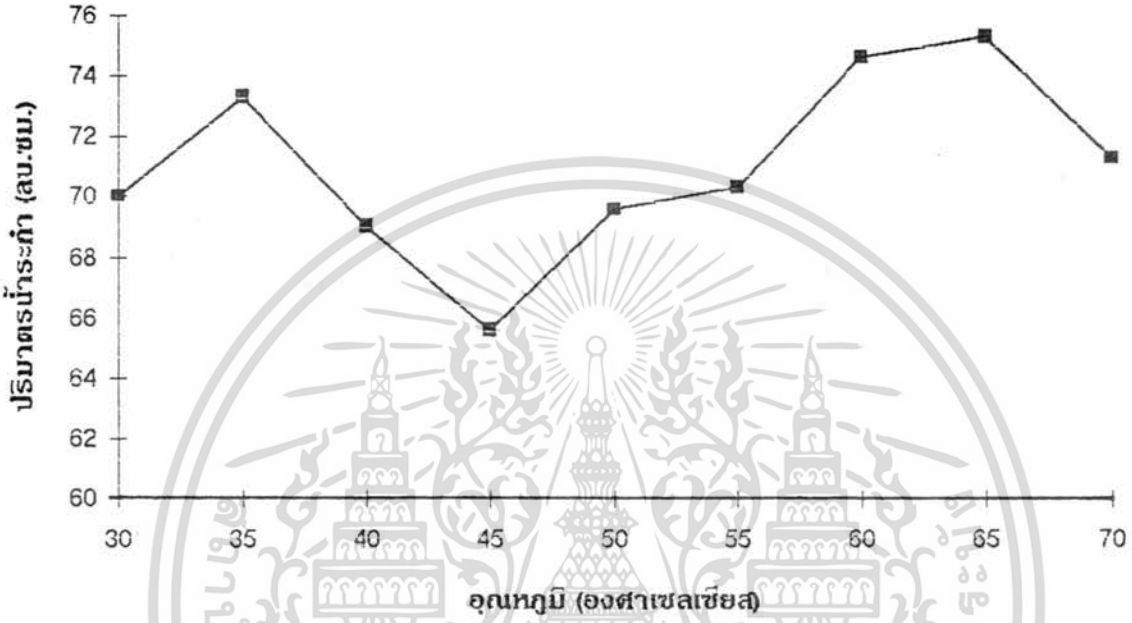
ตารางที่ 1. ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้โดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาตรของน้ำระกำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) *	
	ไม่ใส่เอนไซม์	ใส่เอนไซม์
30	63.0	70.0
35	68.0	73.3
40	61.3	69.0
45	60.3	65.6
50	62.0	69.6
55	67.0	70.3
60	62.6	74.6
65	68.0	75.3
70	66.0	71.3

* ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางดังกล่าว จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิต่างกัน จะให้ปริมาณน้ำระกำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จะให้ผลผลิตน้ำระกำในปริมาณสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของน้ำระกำที่ได้กับอุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์

จากการที่ได้นำเนื้อระกำละเอียดมาทำการเติมเอนไซม์เพคติเนสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำมาบ่มในตู้อบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม จากการทดลองที่ 1 คือ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการบ่มแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อครบเวลาตามกำหนด นำระกำมาคั้นและวัดปริมาตรของของเหลวที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2. และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 2. ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้เมื่อใช้เวลาต่าง ๆกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำระกำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)*	
	ไม่ใส่เอนไซม์	ใส่เอนไซม์
1	61.5	68.4
2	61.2	72.5
3	62.8	66.5
4	62.6	67.5
5	62.5	62.5

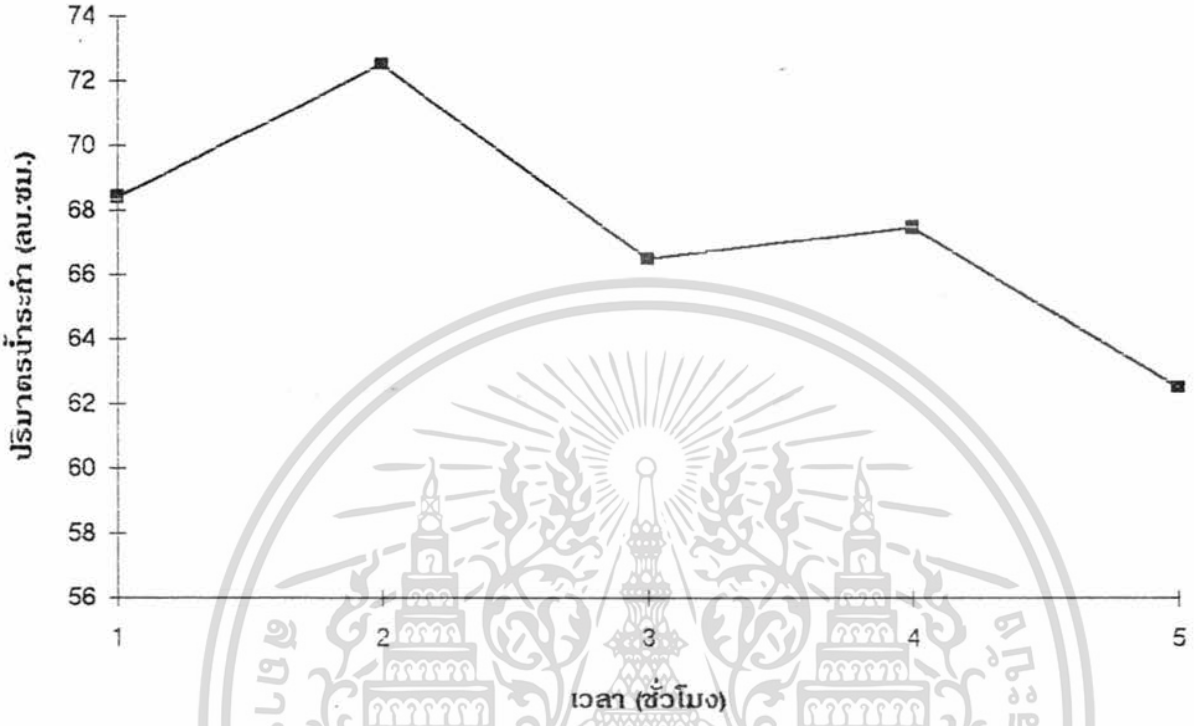
* ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ที่เวลาต่าง ๆ กัน จะให้ปริมาณน้ำระกำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่า ที่เวลา 2 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำระกำสูงที่สุด (72.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

4.3 ผลการหาความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมในการสกัดน้ำระกำ

จากการที่ได้นำเนื้อระกำละเอียดมาทำการบ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ คือ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (จากการทดลองที่ 1) และใช้ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ คือ ที่ เวลา 2 ชั่วโมง (จากผลการทดลองที่ 2) โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อครบเวลากำหนด แล้วนำมาคั้นและวัดปริมาตรของของเหลวที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 3. และรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของน้ำระกำที่ได้กับเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3. ปริมาตรของน้ำระกำที่สกัดได้เมื่อใช้เอนไซม์ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (ร้อยละ โดย น้ำหนัก/ปริมาตร)	ปริมาตรเฉลี่ย * (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ปริมาตรสุทธิ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
0.0	68.0	68.0
0.2	73.0	72.8
0.4	74.6	74.2
0.6	75.0	74.4
0.8	75.3	74.5
1.0	76.0	75.0
1.2	76.0	75.4
1.4	77.0	75.6
1.6	77.6	76.0
1.8	78.3	76.5
2.0	78.0	76.0
2.2	78.4	76.4
2.4	78.6	76.2

*ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ

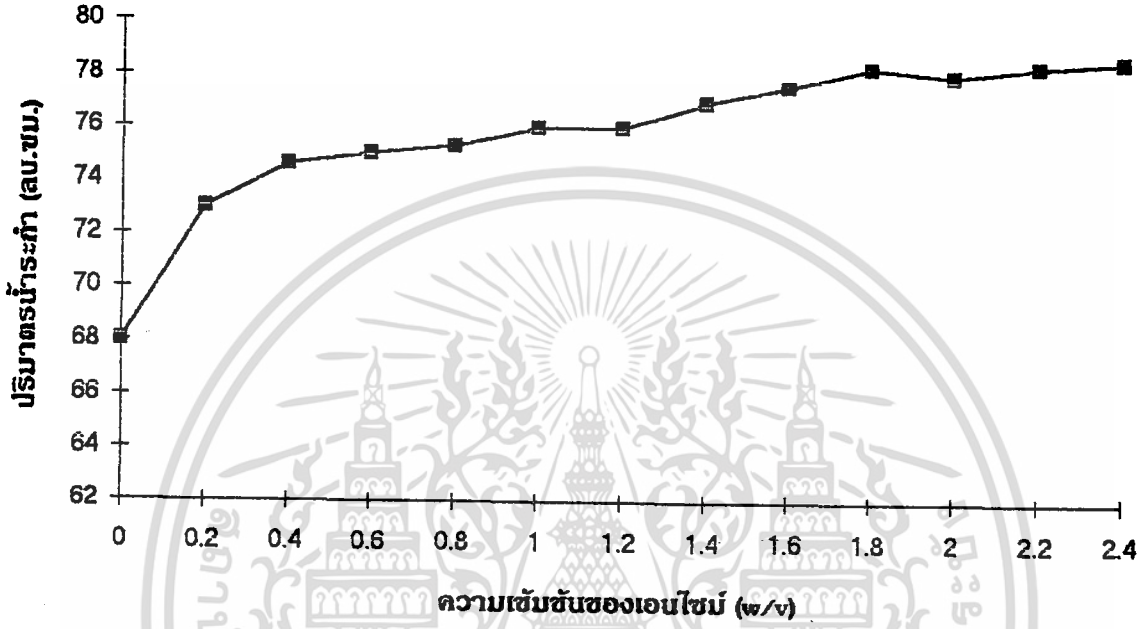
จากตารางผลการทดลอง พบเห็นได้ว่า ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ต่างกัน จะให้ปริมาณน้ำระกำที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และพบว่าที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ ร้อยละ 1.4 ให้ปริมาณน้ำระกำสูงที่สุด

4.4 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง โดยใช้ตู้อบลมร้อน

4.4.1 ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม

จากการที่นำน้ำระกำมาทำให้เข้มข้นโดยการระเหยเอาน้ำออกให้เหลือ 1/5 ของทั้งหมด โดยใช้วิธีการให้ความร้อน แล้วทำการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้คือ ร้อยละ30 , 40 , 50 และ 60 แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ซึ่งเมื่อครบเวลาที่กำหนด นำระกำที่แห้งมาบดให้เป็นผง แล้วทำการร่อนด้วยตะแกรง จะได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของน้ำระกำที่ได้กับความเข้มข้นต่าง ๆ ของเอนไซม์เพคติเนส

จากรูปที่ 3. จะพบว่า เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ให้สูงขึ้น ปริมาตรของน้ำระกำก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จนกระทั่งถึงจุดที่ activity ของเอนไซม์คงที่ คือ ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนส เท่ากับ 1.5 แม้ว่าจะทำการเติมเอนไซม์เพิ่มลงไปอีก ปริมาตรของน้ำระกำก็ไม่เพิ่มขึ้น หรือเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย เนื่องจากช่วงนี้เป็นช่วงที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่มี activity สูงสุด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4. ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อใช้น้ำตาลทรายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของน้ำตาลทราย (ร้อยละ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่สังเกตได้
30	มีความชื้นมาก ไม่สามารถบดเป็นผงได้
40	มีความชื้นเล็กน้อย บดเป็นผงได้ไม่ดี ผงจะติดกันเป็นก้อน
50	ลักษณะแห้ง สามารถบดเป็นผงได้ดี
60	ลักษณะแห้ง สามารถบดเป็นผงได้ดี

จากตารางจะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 50 และ 60 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเหมือนกันมากไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ดังนั้นความเข้มข้นที่เราควรเลือกใช้ในการทดลองต่อไป คือที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เพราะใช้ปริมาณน้อยกว่า เป็นการลดต้นทุนการผลิต.

4.4.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

จากการที่นำน้ำระกำมาทำการระเหยเอาน้ำออกให้เหลือ 1/5 ของปริมาณทั้งหมด โดยต้มเอาน้ำออก นำมาเติมน้ำตาลด้วยความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 (จากผลการทดลองที่ 4) นำมาอบที่อุณหภูมิ ดังต่อไปนี้ คือ 50 , 60 , 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ซึ่งเมื่อครบเวลากำหนด นำระกำที่ได้มาบดให้เป็นผง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่สังเกตได้
50	มีความชื้น เมื่อบดเป็นผงแล้วผลิตภัณฑ์จะติดกันเป็นก้อน
60	ลักษณะแห้ง บดเป็นผงได้ดี มีกลิ่นของระกำอยู่เล็กน้อย
70	ลักษณะแห้ง มีกลิ่นไหม้เล็กน้อย ไม่มีกลิ่นของระกำ บดเป็นผงได้ดี
80	ลักษณะแห้ง มีกลิ่นไหม้พอสมควร ไม่มีกลิ่นระกำ บดเป็นผงได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพราะที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์บดเป็นผงได้ดี แต่มีกลิ่นไหม้ และสูญเสียกลิ่นของระกำไป ส่วนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีลักษณะชื้น บดเป็นผงได้ไม่ดี

4.4.3 ผลการศึกษาอัตราการเจือจางที่เหมาะสม

เมื่อผลิตระกำผงที่ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 50 อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบการละลาย ปรากฏว่า ระกำผงละลายได้ดีในน้ำร้อน. โดยใช้อัตราการเจือจางต่าง ๆกัน แล้วทำการทดสอบชิมโดยนักศึกษาภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 5 คน (สาเหตุที่ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนน้อย เนื่องจากระกำผงที่ได้จากการทดลองมีปริมาณน้อย จากการเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ ทำให้ไม่สามารถหาระกำมาใช้ทดลองในปริมาณที่เหมาะสมได้)ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. ลักษณะและผลการทดสอบชิมน้ำระกำเมื่อใช้อัตราการเจือจางต่าง ๆกัน

อัตราส่วน ระกำผง : น้ำ	ของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	รสชาติ
1:1	53	หวานมากเกินไป
1:2	33	หวานมากเกินไป
1:3	28	หวานพอสมควรแต่ไม่เป็นที่ยอมรับ
1:4	18	หวานกำลังดี มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย เป็นที่ยอมรับ
1:5	10	หวานเล็กน้อย

จากตารางพบว่า ที่อัตราส่วนระกำผง ต่อ น้ำ เป็น 1:4 มีรสชาติดีที่สุด เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับกลิ่นของระกำพบว่าทุกอัตราส่วน ไม่มีกลิ่นของระกำหลงเหลืออยู่ จึงจำเป็นต้องมีการปรุงแต่งกลิ่นบ้างเล็กน้อย หรือ เปลี่ยนกรรมวิธีในการผลิตใหม่ โดยอาจใช้เครื่องพ่นฝอย เนื่องจากเวลาที่ความร้อนสัมผัสหยดละอองของน้ำระกำสั้นมาก ทำให้คุณค่าทางอาหาร กลิ่น และรสชาติคงอยู่มากกว่าการใช้ตู้อบลมร้อนในการทำแห้ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เพคติเนสในการสกัดน้ำระกำ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำระกำมากที่สุด ปรากฏว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน คือ ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1.4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผงโดยใช้ตู้อบลมร้อน คือ ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และเมื่อนำผงระกำมาละลายน้ำร้อน ในอัตราส่วน น้ำ : ระกำผง เท่ากับ 4:1 พบว่ามีความหวานพอเหมาะ และมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย สำหรับกลิ่นของระกำนั้นแทบจะไม่มีหลงเหลืออยู่.

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. น่าจะศึกษาถึงต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำระกำควบคู่ไปด้วย เพื่อดูความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงพาณิชย์

5.2.2. ควรทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากเครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน และนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกัน

5.2.3. ควรศึกษาคุณค่าทางอาหารจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ควบคู่ไปด้วย

5.2.4. ควรหาอุปกรณ์ในการคั้นน้ำระกำที่ให้ค่าที่เชื่อถือได้กว่าการใช้มือคั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ CRD ของปริมาณน้ำระกำในแต่ละอุณหภูมิ

ตารางข้อมูล

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	X1	X2	X3	sum	mean
30	70	70	70	210	70
35	71	72	77	220	73.3
40	68	70	69	207	69
45	66	67	64	197	65.7
50	69	70	70	209	69.7
55	73	74	77	224	74.7
60	73	74	77	224	74.7
65	76	75	75	226	75.3
70	72	70	72	214	71.3
				1931	643.7

วิธีการคำนวณ

$$CF = 1931^2/27 = 138102.26$$

$$TSS = 210^2/3 + 220^2/3 + \ldots + 214^2/3 - CF$$

$$= 138354.33 - 138102.26$$

$$= 252.07$$

$$TTSS = 70^2 + 70^2 + 70^2 + \ldots + 72^2 - CF$$

$$= 138403 - 138102.26$$

$$= 300.74$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

SV	df	SS	MS	F_{cal}
treatment	8	252.07	31.51	11.65**
error	18	48.67	2.70	
total	26	300.74		

** มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ CRD ของปริมาณน้ำระกำที่เวลาต่างๆกัน

ตารางข้อมูล

เวลา (ชั่วโมง)	X_1	X_2	sum	mean
1	68	69	137	68.5
2	72	73	145	72.5
3	65	68	133	66.5
4	66	69	135	67.5
5	64	61	125	62.5
			675	337.5

วิธีการคำนวณ

$$CF = 675^2/10 = 45562.5$$

$$TSS = 137^2/2 + 145^2/2 + 133^2/2 + 125^2/2 - CF$$

$$= 45666.5 - 45562.5$$

$$= 104$$

$$TTSS = 68^2 + 69^2 + 72^2 + \ldots + 61^2 - CF$$

$$= 45681 - 45562.5 = 118.5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

SV	df	SS	MS	F_{cal}
treatmen t	4	104	26	8.97**
error	5	14.5	2.9	
total	9	118.5		

** มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ CRD ของปริมาณน้ำระกำที่ได้กับความเข้มข้นของเอนไซม์

ตารางข้อมูล

เอนไซม์	X_1	X_2	X_3	sum	mean
control	66.0	68.0	70.0	204.0	68.00
0.2	71.8	71.8	74.8	218.4	72.80
0.4	74.6	69.6	78.6	222.8	74.27
0.6	77.4	71.4	74.4	223.2	74.40
0.8	75.2	74.2	74.2	223.6	74.53
1.0	73.0	78.0	74.0	225.0	75.00
1.2	72.8	76.8	76.8	226.4	75.47
1.4	75.6	74.6	76.6	226.8	75.60
1.6	75.4	76.4	76.4	228.2	76.07
1.8	77.2	78.2	74.2	229.6	76.53
2.0	76.0	75.0	77.0	228.0	76.00
2.2	76.8	74.8	77.8	229.4	76.47
2.4	76.6	75.6	76.6	228.8	76.23
				2914.2	971.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

SV	df	SS	MS	Fcal
treatment	12	188.28	15.69	3.50**
error	26	116.67	4.49	
total	38	304.95		

** มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ DMRT

ข้อมูล (เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย)

ความเข้มข้นของเอนไซม์ (%)	**ปริมาตรของน้ำระกำ (cm^3)**	
1.8	76.5	a
2.2	76.2	a
2.4	76.2	a
1.6	76.0	a
2.0	76.0	a
1.4	75.6	a
1.2	75.4	ab
1.0	75.0	ab
0.8	74.5	ab
0.6	74.4	ab
0.4	74.2	ab
0.2	72.8	b
0 (control)	68.0	b

* ตัวยักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการวิเคราะห์ DMRT สามารถสรุปได้ว่า ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 1.4 เหมาะที่จะใช้ในการย่อยระกำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ DMRT

เรียงข้อมูลจากมากไปน้อย

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาตรน้ำระกำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	
65	75.3	a
60	74.6	ab
35	73.3	b
70	71.3	c
55	70.3	cd
30	70.0	cd
50	69.6	cd
40	69.0	d
45	65.6	e

* ตัวยักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการวิเคราะห์ตามตารางสรุปได้ว่า ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์แบบ DMRT

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตรน้ำระกำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	
2	72.5	a
1	68.5	b
4	67.5	b
3	66.5	b
5	62.5	c

* ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการวิเคราะห์ตามตารางสรุปได้ว่า ที่เวลา 2 ชั่วโมง มีความเหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบการชิมแบบ HEDONIC SCALE

หมายเลขผู้ทดสอบ _____

วันที่ _____

ตัวอย่าง น้ำระกำ (ระกำผง+น้ำ).

HEDONIC SCALE

กรุณาประเมินตัวอย่างน้ำระกำต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา โดยการเขียนหมายเลขของตัวอย่างน้ำระกำแต่ละแก้วลงบนช่องที่กำหนดให้ ตามลำดับความชอบ หรือไม่ชอบ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามที่ท่านตรวจพบ.

หมายเลขตัวอย่าง _____ _____ _____ _____

หมายเลขตัวอย่างน้ำระกำ		หมายเลขตัวอย่างน้ำระกำ	
_____	ชอบมากที่สุด	_____	ไม่ชอบเล็กน้อย
_____	ชอบมาก	_____	ไม่ชอบปานกลาง
_____	ชอบปานกลาง	_____	ไม่ชอบมาก
_____	ชอบเล็กน้อย	_____	ไม่ชอบมากที่สุด
_____	รู้สึกเฉย ๆ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ ตำสีนิล และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การผลิตน้ำแตงไทย โดยเอนไซม์ตรึงรูป. อาหาร 24(4) : 251-258.

นันทวรรณ เจียมเจริญ และ อุดมลักษณ์ ศิริกายน. 2536.การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำระกำกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี , ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ , คณะวิทยาศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิลวรรณ ลีอังกูรเสถียร. 2533. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวไม้สกุลระกำ. กสิกร 63(1) : 60-62.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2534. การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร. อาหาร 21(4) : 245- 252.

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2526. ระกำ สะลัก สละ สะกำ และส้มหลุมพี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 16(2) : 132-136.

วิภาดา ศุภจรรยา และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2537. การสกัดหัวน้ำเชื้อทุเรียนโดยใช้เอนไซม์เพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลส ภายใต้ภาวะปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง และแบบตามลำดับ. อาหาร 24(3) : 173-180.

สมชาย ประภาวัต. 2534. น้ำผลไม้. อาหาร 2 : 79-86.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีการอบแห้ง. กรรมวิธีการอบแห้ง : 39-55.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมสุข สลักเพชร และ ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2533. ดอกของไม้สกุลระกำ. กสิกร 63(1) : 56-59.

เสริมสุข สลักเพชร และ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก. 2534. พืชสกุลระกำ. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี : 1-19.

อรุณี เพียรทวีรัชน์ และ ปราณี อ่านเปรื่อง. 2536. ผลของเพคติเนส เซลลูเลส และอะมัยเลสต่อการผลิตน้ำกล้วยหอม. อาหาร 23(3) : 74-87.

Attaway. 1978. Anyone for citrus milk. Food Engineering INT'L : 20-21.

Dekker, R..F.H 1994. Enzyme in food and beverage processing 2. Food Austrlia. 46(4) : 179-180.

Gous, F., Van Wyk, P.J., and McGill, A.E.J. 1987. The use of commercial enzymes in the processing of banana. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 20 : 229-232.

Whitaker, J.R. 1984. Pectic substance, pectic enzyme and haze formation in fruit juices. Enzyme Microb.Technol. 6 : 341-349.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้