



เอชไอเอ็ม

และการประยุกต์ใช้
ในอุตสาหกรรมอาหาร

ทิววรรณ กองสุข



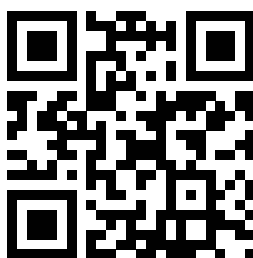
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th



สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนครปฐม

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว



สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนครปฐม

✉ nuph@nu.ac.th

📘 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนครปฐม

☎ 0 5596 8833-8836

🐦 [nu_publishing](https://www.facebook.com/nu_publishing)



NUPH
online store

www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

ทิพวรรณ ทองสุข.

เอนไซม์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.--พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563.

240 หน้า.

1. เอนไซม์ -- การใช้ในอุตสาหกรรม. I. ชื่อเรื่อง.

660.63

ISBN 978-616-426-188-4

ISBN (e-book) 978-616-426-189-1

สพ. 77

ราคา 290 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563



สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามการลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่ 1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขา ศาลาพระแก้ว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000-3

สยามสแควร์ อาคารวิทยุทิศ กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-9881, 0-2255-4433

มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 044-216131-2

มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (ร.ร.จปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 037-393-023, 037-393-036

จัตุรัสจามจุรี กรุงเทพฯ โทร. 0-2160-5301

มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0-5446-6799, 0-5446-6800

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทร. 044-922662-3

สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จุฬาฯ โทร. 0-2218-3979

สาขาหัวหมาก โทร. 02-374-1378

2. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-0113

3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารเนกประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์
แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2613-3899, 0-2623-6493

สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4990-1

ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0-7428-2980, 0-7428-2981

ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา โทร. 0-7329-9980

4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา
จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5596-8833 ถึง 8836

กองบรรณาธิการ

ออกแบบปก

ออกแบบรูปเล่ม

พิมพ์

กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

สรญา แสงเย็นพันธ์

สรญา แสงเย็นพันธ์

ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ดี.ดี.คอล จำกัด 194/15 ถนนพญาลีโท ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5525-8101



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย

<http://www.thaibooksociety.com>



พิมพ์บน
กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงาคุณภาพ
กระดาษระบบสายพานการผลิต

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

✉ nuph@nu.ac.th

☎ 0 5596 8833-8836

📍 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

📱 [nu_publishing](https://www.facebook.com/nu_publishing)



LINE @nu_publishing



Facebook @nu_publishing

คำนำ

บทบาทของอาหารในปัจจุบันไม่ใช่เพื่อบริโภคให้อิ่มท้อง และดำรงชีวิตอยู่ได้เท่านั้น แต่การเลือกบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ มีส่วนในการส่งเสริมการมีสุขภาพที่ดี นอกจากนี้ผู้บริโภคมีแนวโน้มที่จะเลือกบริโภคอาหารที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติไม่ใช่สารเคมี อุตสาหกรรมอาหารจึงพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวของผู้บริโภค หนังสือเล่มนี้นำเสนอตัวอย่างการใช้เอนไซม์ในอีกแง่มุมหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อบทบาทในการเพิ่มคุณค่าอาหาร และเพิ่มมูลค่าผลผลิตอุตสาหกรรมเกษตรในการผลิตอาหารหรือสารหน้าที่เฉพาะ (functional foods หรือ functional ingredients) พร้อมทั้งเป็นเทคโนโลยีที่เลียนแบบธรรมชาติปราศจากสารเคมี และสภาวะที่รุนแรง

ในบทที่ 1 กล่าวถึงบทบาทของเอนไซม์กับการผลิตอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์เป็นเทคโนโลยีที่เลียนแบบธรรมชาติปราศจากสารเคมีเกี่ยวข้องในการผลิตอาหารมนุษย์ที่ปลอดภัย เป็นที่ยอมรับมาแต่โบราณ บทที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อปูพื้นฐานผู้อ่านเกี่ยวกับหลักการทำงานของเอนไซม์ เพื่อความเข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ที่เหมาะสม บทที่ 3 กล่าวถึงการใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีธรรมชาติ บทที่ 4 กล่าวถึงบทบาทของเอนไซม์ในการเพิ่มผลผลิตและคุณค่าน้ำผลไม้ บทที่ 5 ช่วยให้เข้าใจบทบาท และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเอนไซม์ที่ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีกาบาสูง และในบทที่ 6 และ 7 กล่าวถึงบทบาทเอนไซม์ในการผลิตพรีไบโอติก ซึ่งเป็นส่วนผสมอาหารฟังก์ชันจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมเกษตร

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะช่วยผู้อ่านที่มีความสนใจในการประยุกต์ใช้เอนไซม์เพื่อช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือเป็นแนวทางการพัฒนาอาหารที่มีคุณค่า และมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้น

สารบัญ

บทที่ 1 เอนไซม์กับอุตสาหกรรมอาหาร	1
วิวัฒนาการของเอนไซม์	2
ความสำคัญของเอนไซม์	5
เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร	7
ข้อกำหนดทางกฎหมายเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร	14
บทสรุป	18
เอกสารอ้างอิง	20
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเอนไซม์	21
ระบบการตั้งชื่อเอนไซม์	23
ความจำเพาะของเอนไซม์	25
กลไกการเร่งปฏิกิริยา	27
จลนพลศาสตร์ของเอนไซม์	30
ปัจจัยที่มีต่อแอกติวิตีเอนไซม์	33
บทสรุป	39
เอกสารอ้างอิง	40
บทที่ 3 เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน	41
หลักการใช้เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมัน	43
การเลือกเอนไซม์ในการสกัดน้ำมัน	44
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดโดยใช้เอนไซม์	49
การแยกน้ำมันอิสระออกจากอิมัลชัน	53
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกน้ำมันอิสระออกจากอิมัลชัน โดยการใชเอนไซม์	54

การใช้เอนไซม์ช่วยสกัดกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์	56
คุณลักษณะของน้ำมัน	61
ความเป็นไปได้ในการใช้เอนไซม์ซ้ำในกระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์	63
การสกัดน้ำมันโดยการใช้เอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลาย	63
การสกัดน้ำมันโดยการใช้เอนไซม์ร่วมกับการบีบเย็น	64
เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันรำข้าว	68
เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สกัดเย็น	73
เปรียบเทียบการใช้เอนไซม์	76
บทสรุป	77
เอกสารอ้างอิง	78
บทที่ 4 เอนไซม์กับการผลิตน้ำมัน	85
โครงสร้างและส่วนประกอบของผลไม้ และบทบาทของเอนไซม์ในการสกัดน้ำมัน ..	86
เพกทิน	88
เพกทินกับการเพิ่มผลผลิตน้ำมัน	89
อิทธิพลของเอนไซม์กับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมัน	94
เอนไซม์กับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำมัน	97
อิทธิพลของเอนไซม์กับรูปแบบแอนโทไซยานินในน้ำมัน	99
อิทธิพลของกระบวนการผลิตต่อสารประกอบฟีนอลในน้ำมัน	107
บทสรุป	109
เอกสารอ้างอิง	110
บทที่ 5 เอนไซม์กับการผลิตอาหารที่มีกาบา	113
กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา	114
เอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส	116
เอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสกับการผลิตกาบา	117
ข้าวกล้องงอก	119



เทคนิคที่ใช้เพิ่มปริมาณกาบาในข้าวกล้องงอก.....	125
บทสรุป.....	134
เอกสารอ้างอิง.....	135
 บทที่ 6 การผลิตฟรีไบโอติกจากวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรที่ไม่ใช่ใยอาหาร.....	141
ฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์.....	144
กาแล็กโทโอลิโกแซ็กคาไรด์.....	156
แล็กทูโลส	168
ไอโซมอลโตโอลิโกแซ็กคาไรด์.....	176
บทสรุป.....	183
เอกสารอ้างอิง.....	185
 บทที่ 7 การผลิตฟรีไบโอติกจากวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรประเภทใยอาหาร	193
แมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์.....	195
ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์.....	208
บทสรุป.....	221
เอกสารอ้างอิง.....	223
 ดัชนี.....	229

เอนไซม์กับ อุตสาหกรรมอาหาร



ตาราง 1.1 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ และเอนไซม์ในกระบวนการผลิตอาหาร

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการไฮโดรไลซ์สตาร์ช			
α -amylase หรือ diastase	มอลต์ ซึ่งได้จากการนำข้าวบาร์เลย์มาเพาะให้งอก <i>Aspergillus oryzae</i> , var. <i>Bacillus stearo- thermophilus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus licheni- formis</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> <i>Rhizopus oryzae</i> , var.	ไฮโดรไลซ์สตาร์ชเป็น โอลิโกแซ็กคาไรด์	- ใช้เป็นสารช่วยในการปรับปรุง คุณภาพแป้ง - ใช้เป็นสารช่วยในการผลิตเพื่อย่อย พอลิแซ็กคาไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งวัตถุดิบมี พอลิแซ็กคาไรด์ หรือ สตาร์ชเป็นองค์ประกอบ เช่น ใช้ใน อุตสาหกรรมน้ำเชื่อมและไซรัป - ใช้ช่วยผลิตน้ำตาลสำหรับ กระบวนการหมักยีสต์ (การผลิต เบียร์) - ใช้ช่วยให้โดนัม เพิ่มปริมาณ ขนมปัง
β -amylase	มอลต์ซึ่งได้จากการนำข้าวบาร์เลย์มาเพาะให้งอก	ไฮโดรไลซ์สตาร์ชหรือ โอลิโกแซ็กคาไรด์เป็น มอลโทส	ใช้ช่วยผลิตไซรัปมอลโทส
Amyloglucosi- dase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Rhizopus oryzae</i> , var.	ไฮโดรไลซ์เดกซ์ทริน จากสตาร์ชเป็นกลูโคส ในกระบวนการ แซ็กคาริฟิเคชัน	- ใช้ผลิตน้ำเชื่อมฟรุคโตสสูง (high fructose syrup; HFS) - ใช้ผลิตเบียร์ชนิด “lite”
α -glucosidase	<i>Aspergillus niger</i>	ไฮโดรไลซ์พอลิแซ็กคาไรด์ (สตาร์ช) เป็นกลูโคส	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อย พอลิแซ็กคาไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งวัตถุดิบมีพอลิแซ็กคาไรด์เป็น องค์ประกอบ เช่น น้ำตาล น้ำเชื่อม รวมถึงโอลิโกแซ็กคาไรด์และสาร ให้ความหวาน

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
Pullulanase	<i>Bacillus</i> spp. <i>Klebsiella</i> spp.	ไฮโดรไลซ์พันธะ 1-6 ที่ กิ่งแขนงของโครงสร้าง สตาร์ช	ใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการแปรรูปฟิเคชัน (อุตสาหกรรมน้ำเชื่อมและไซรัป)
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสตาร์ช/กลูโคส			
Glucose oxidase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	ออกซิเดชันกลูโคสไป เป็นกลูโคนิกแอซิด และไฮโดรเจนเพอร์ ออกไซด์	- ใช้ช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่และขนมอบ (เช่น ช่วยให้เกิด ขนมปังคงตัว) - ใช้ช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีนม และไข่ เช่น เอากลูโคสออกจาก ไข่ขาวเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล
Cyclodextrin glucanotrans ferase	<i>Bacillus</i> spp.	สังเคราะห์ไซโคล เดกซ์ทรินจากสตาร์ช เหลว	ใช้ช่วยการไมโครเอนแคปซูเลชัน (microencapsulation) เพื่อห่อหุ้ม สารสี สารให้กลิ่นรส และวิตามิน
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการไฮโดรไลซ์น้ำตาลในนม			
β -galactosidase (lactase)	<i>Kluyveromyces lactis</i>	ไฮโดรไลซ์น้ำตาลในนม เป็นกลูโคสกับ กาแล็กโทส	- ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยน้ำตาล แล็กโทส (Lactose) ในผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีนมเป็นวัตถุดิบ - ทำให้นมและเวย์หวาน - ผลิตน้ำนมสำหรับคนที่มีอาการแพ้ น้ำตาลแล็กโทส (lactose intolerance) - ลดการเกิดตกผลึกของไอศกรีม ที่มีเวย์ - ปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของ เวย์โปรตีนเข้มข้น - ใช้ในการผลิตแล็กทูโลส

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการไฮโดรไลซ์โปรตีน			
Rennet	สารสกัดจากน้ำย่อย ที่ได้จากกระเพาะที่สี่ ของลูกโค ลูกแพะ หรือลูกแกะ สารสกัดจากน้ำย่อย ที่ได้จากกระเพาะที่สี่ ของโค แพะหรือแกะ Rhizomucor species	ไฮโดรไลซ์โปรตีนในนม	ใช้ช่วยในการผลิตชีส
Chymosin หรือ Rennin	<i>Escherichia coli</i> K-12) ที่มี Prochy- mosin A Gene ผลิต Chymosin A <i>Aspergillus niger</i> var. <i>awamori</i>) ที่มี Prochymosin B Gene ผลิต Chymosin B	ไฮโดรไลซ์เคปทา-เคซีน (K-casein)	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยโปรตีน เคซีน(casein) ในน้ำนมให้โมเลกุล เล็กลงในกระบวนการผลิตชีส
Papain	ผลมะละกอ	เร่งปฏิกิริยาการย่อย สลายโปรตีน	- ใช้เพิ่มรสชาติ
Bromelain	น้ำและแกนสับปะรด	ไฮโดรไลซ์โปรตีน polypeptides, amides, esters, leucine หรือ glycine ให้เป็นเพปไทด์ ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก	- ใช้ช่วยในการผลิตอาหารหรือ เครื่องดื่ม เช่น เบียร์ ผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชซึ่งพร้อมรับ ประทาน รวมทั้งผลิตภัณฑ์โปรตีน ไฮโดรไลเซต (protein hydroly- sates) เป็นต้น รวมถึงเบียร์ - ใช้ช่วยทำให้เนื้อนุ่ม (meat tenderization) - ป้องกันการเกิดตะกอนความขุ่น ในเบียร์ (chill haze)

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
Ficin	น้ำยางของพืชในสกุล มะเดื่อ	คล้าย Bromelain/ Papain แต่ไม่นิยมใช้ เนื่องจากราคาสูง	ใช้ช่วยในการผลิต เพื่อย่อยพอลิเพป ไทด์ในการผลิตอาหารที่วัตถุดิบมี โปรตีนเป็นส่วนประกอบ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เครื่องดื่ม รวมทั้งผลิตภัณฑ์เบเกอรี่
Trypsin	สารสกัดจากตับอ่อน ของสุกร หรือโค <i>Fusarium venena- tum</i> ที่มีหน่วย พันธุกรรมจาก <i>Fusarium oxyspo- rum</i>	ไฮโดรไลซ์โปรตีน ในอาหาร	- ใช้ช่วยในการผลิตขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ รวมทั้งการผลิต โปรตีนไฮโดรไลเสต - ใช้ช่วยผลิตไฮโดรไลเสต เพื่อใช้เป็น สารให้กลิ่นรสในอาหาร แต่ใน ปัจจุบันถูกแทนที่โดยโปรตีนไฮโดรไล เซตจากจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่
Pepsin (Pepsin A , B, C)	กระเพาะอาหาร ของสุกร	คล้าย chymosin แต่ไฮโดรไลซ์เคซีน ชนิดอื่นด้วย พบใน rennet ร่วมกับ chymosin	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยสลาย polypeptides รวมถึงพันธะที่ติด กับ aromatic หรือ L-leucine residues ให้เป็นเพปไทด์ที่มีมวล โมเลกุลเล็กลง ในการผลิตอาหาร ที่วัตถุดิบมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ชีส ผลิตภัณฑ์จากเนื้อมะเขือ หรือโปรตีน ไฮโดรไลเสต
Thermolysin Protease	<i>Geobacillus stearothermophi- lus</i>	ไฮโดรไลซ์พันธะ เพปไทด์ของโปรตีน ให้เป็นกรดอะมิโน ขนาดเล็ก	สารช่วยในการผลิตยีสต์สกัด หรือ โปรตีนสกัด เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่ง รสชาติในอาหาร เช่น เครื่องปรุงรส ซุปร่วมบริโภค หรือซอสถั่วเหลือง
Glutaminase	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	ไฮโดรไลซ์ L-gluta- mine เป็น L-glutamic acid	ใช้ช่วยในกระบวนการผลิตสาร ปรุงแต่งรสชาติ หรือผลิตภัณฑ์ ปรุงรส เป็นต้น

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
Aminopeptidase	<i>Aspergillus oryzae</i> , var.	ปลดปล่อยกรดอะมิโน จากด้านปลายด้าน อะมิโน (N-terminus) ของสายโปรตีนและ เพปไทด์ (ลดความขมของโปรตีน ไฮโดรไลเสตที่สะสม ระหว่างการบ่มชีส)	- ใช้เป็นสารเพิ่มรสชาติ - ใช้เป็นสารปรับปรุงคุณภาพแป้ง - ใช้เป็นสารทำให้คงตัว - ใช้เป็นสารช่วยในการผลิตอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และเนื้อปลา เครื่องดื่ม น้ำแกงและซูป หรือ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีนมเป็นวัตถุดิบ
Serine endo- peptidases	<i>Aspergillus oryzae</i> , var.	เอนไซม์กลุ่ม serine protease ที่เร่ง ปฏิกิริยาย่อยสลาย โปรตีนด้านในสาย	
Aspartic endopeptidases	<i>Aspergillus oryzae</i> , var.	เอนไซม์กลุ่ม aspartic protease ที่เร่ง ปฏิกิริยาย่อยสลาย โปรตีนด้านในสาย	
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการไฮโดรไลซ์คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่สตาร์ช			
Cellulase	<i>Penicillium funiculosum</i>	ไฮโดรไลซ์เซลลูโลส ประกอบด้วย endo-1,4-beta-glucanase β -glucanase หรือ Endo-1,3(4)-beta-glucanase Endo-1,4-beta-xy-lanase	ใช้ช่วยในการผลิตอาหารหรือ เครื่องดื่มซึ่งวัตถุดิบมีพอลิแซ็ก คาไรด์จำพวกเซลลูโลสเป็น องค์ประกอบ เช่น เครื่องดื่มน้ำผลไม้ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ไวน์ เบียร์ น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์มอลต์สกัด จากข้าวบาเลย์ หรือผลิตภัณฑ์ จากข้าวสาลี เป็นต้น ขั้นตอน ลิโคแพคชันในการผลิตน้ำผลไม้
	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Exo-1,4- β -D-glucosi- dase)	
	<i>Trichoderma reesei</i>	Exo-cellobiohydro- lase	

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
β -Glucanase	<i>Aspergillus niger</i> , var. <i>Trichoderma harzianum</i>	ไฮโดรไลซ์ปีตาไกลแคนให้เป็นน้ำตาลกลูโคสในชั้น mash ในการผลิตเบียร์ ประกอบด้วย β -glucanase ชนิด endo-1,3-beta-glucanase และ exo-1,3-beta-glucanase	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยกลูแคน (Glucan) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ของน้ำตาลกลูโคสในการผลิตอาหารหรือเครื่องดื่ม เช่น เครื่องดื่ม น้ำผลไม้ ไวน์ เบียร์ หรือน้ำมันพืช เป็นต้น ช่วยการกรอง ช่วยป้องกันการเกิดตะกอนความขุ่นในเบียร์ (chill haze)
Hemicellulase	<i>Aspergillus niger</i> , var.	ไฮโดรไลซ์เฮมิเซลลูโลส (พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำในน้ำ) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์พืช ประกอบด้วย endo-1,4-beta-xylanase; xylan 1,4-beta-xylosidase; alpha-L-arabinofuranosidase; galactomannanase	- ใช้ช่วยในการผลิตอาหาร เช่น กาแฟสำเร็จรูป ขนมปัง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ขนมอบ - ปรับปรุงคุณภาพขนมปังโดยการปรับปรุงโครงสร้างเนื้อขนมปัง
Polygalacturonase	<i>Aspergillus niger</i> , var.	เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายเพกทิน (ชนิดไม่มีหมู่เมทอกซิล) ให้เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์	- ช่วยในการผลิตอาหารหรือเครื่องดื่มที่วัตถุดิบมีเพกทินเป็นองค์ประกอบ เช่น เครื่องดื่มน้ำผลไม้หรือไวน์ เป็นต้น
Pectin lyase หรือ pectin depolymerase	<i>Aspergillus niger</i> , var.	เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายเพกทิน (ชนิดมีหมู่เมทอกซิล) ให้เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์	- ทำให้น้ำผลไม้ใสโดยการย่อยสลายเพกทิน (depectinization)
Pectinesterase หรือ pectin methylesterase (PME)	<i>Aspergillus niger</i> , var.	เอาหมู่เมทิลออกจากหน่วยกลีโคไซด์ในเพกทิน (ชนิดมีหมู่เมทอกซิล)	ใช้ PME ร่วมกับ polygalacturonase ในการย่อยสลายเพกทิน

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
Pentosanase	<i>Humicola insolens</i> <i>Trichoderma reesei</i>	ไฮโดรไลซ์เพนโทแซน (พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่ สตาร์ชที่ละลายน้ำได้ ในแป้งสาลี)	เป็นส่วนหนึ่งในเทคโนโลยีที่ใช้ ปรับปรุงโดขนมปัง
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการออกซิเดชันไขมัน			
Lipoxygenase	ถั่วเหลือง	ออกซิเดชันกรดไขมัน ไม่อิ่มตัว	ปรับปรุงโดขนมปัง

ที่มา: Poulsen & Buchholz (2003)

ข้อกำหนดทางกฎหมายเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร

เอนไซม์เป็นโปรตีนที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่มีการประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ ด้าน และมีความสำคัญในเชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้น อันตรรกะจากการใช้เอนไซม์ในการผลิตอาหารอาจเกิดขึ้นได้จากการที่เอนไซม์คือโปรตีนจากภายนอก เมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจมีผลในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ประการที่สอง คือ เมื่อร่างกายสัมผัสเอนไซม์ที่ยังคงทำงานได้ เช่น โปรติเอส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน อาจระคายเคืองผิวหนัง เยื่อบุจมูก ลำคอ และปอด อย่างไรก็ตาม ปริมาณเอนไซม์ตกค้างในอาหารหรือหลงเหลือในอาหารที่ผ่านการแปรรูปมีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากเอนไซม์ถูกใช้ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับมวลของอาหารทั้งหมด และเอนไซม์เป็นโปรตีนที่ถูกย่อยได้ด้วยกรดในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตอาหารยังมีขั้นตอนการยับยั้งการทำงานหรือการลดปริมาณเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังนั้นจึงเป็นไปได้ยากที่การใช้เอนไซม์ในการผลิตอาหารจะก่อให้เกิดอาการแพ้ และยังไม่เคยมีรายงานอาการแพ้หรือปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ที่เกิดจากเอนไซม์ที่ตกค้างในอาหาร หรือการใช้เอนไซม์ในการแปรรูปอาหาร อีกความกังวลหนึ่งคือ เอนไซม์สามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่น ๆ ในอาหารจนเกิดสารพิษได้หรือไม่ ประเด็นนี้ก็เป็นไปได้ยากเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์มีความจำเพาะต่อปฏิกิริยาที่เร่ง และจำเพาะต่อซับสเตรต จึงเป็นไปได้ยากที่จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่ไม่ใช่ซับสเตรตและสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ (ดูบทที่ 2 ซึ่งกล่าวถึงหลักการทำงานของเอนไซม์)

ความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับเอนไซม์



เอนไซม์ (enzyme) เป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในเซลล์เพื่อการย่อยสลายอาหารเพื่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ในบทนี้นำเสนอความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเข้าใจการทำงานของเอนไซม์สำหรับผู้ที่ไม่มีประสบการณ์การใช้เอนไซม์เพื่อประโยชน์ในการประยุกต์ใช้เอนไซม์เทคโนโลยีในการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม เนื้อหาในบทนี้เรียบเรียงจากบทความและเอกสารทางวิชาการ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2558; Taylor, & Leach, 1995; Smith, 2002; Whitaker et al., 2001)

เอนไซม์เป็นโปรตีนกลอบูลาร์ (globular protein) ที่มีหน้าที่ช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้นเรียกว่าทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา (catalysis) โมเลกุลโปรตีนประกอบด้วย กรดอะมิโนมาเรียงต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์เป็นสายยาว เอนไซม์มีขนาดกรดอะมิโนระหว่าง 60 ถึงมากกว่า 2,500 ตัว มีน้ำหนักโมเลกุล 6,000 ถึง 250,000 โดยน้ำหนักโมเลกุลได้จากผลรวมของน้ำหนักอะตอมแต่ละตัวในโมเลกุลโปรตีน การที่จะเข้าใจถึงการทำงานของเอนไซม์ต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของโปรตีนมาช่วยอธิบาย เนื่องจากโครงสร้างสามมิติของเอนไซม์เป็นตัวกำหนดแอกติวิตี จะเห็นว่าสายพอลิเพปไทด์ (polypeptide chain) ของเอนไซม์ไม่ได้อยู่ในรูปเส้นตรงแต่จะอยู่ในรูปที่ม้วนพับ (folding) จนเป็นก้อน มีผลทำให้หมู่แขนงข้าง R (side chain หรือ R group) ของกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา หรือเรียกว่าหมู่เร่ง (catalytic group) ซึ่งอาจอยู่ห่างกันมาก แต่ถ้าสายพอลิเพปไทด์เกิดการม้วนพับจนเป็นก้อน ทำให้กรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเข้ามาอยู่ใกล้กันเกิดเป็นบริเวณแอกทีฟ (active site) บริเวณแอกทีฟของเอนไซม์เป็นบริเวณหนึ่งบนผิวเอนไซม์ที่จับกับซับสเตรต มักเป็นแอ่งหรือร่องที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สามารถจับส่วนต่าง ๆ ของซับสเตรตด้วยแรง เช่น ไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) แรงดึงดูดระหว่างประจุหรือแรงดึงดูดระหว่างขั้ว (charge-charge interaction) เป็นบริเวณที่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นตรงส่วนใดส่วนหนึ่งของซับสเตรต มีกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่สลายพันธะหรือสร้างพันธะใหม่

เอนไซม์มีขนาดใหญ่กว่าซับสเตรตของมันมาก ดังนั้นบริเวณเล็ก ๆ บนโครงสร้างของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเรียกว่าบริเวณแอกทีฟ บริเวณนี้มักมีกรดอะมิโนเกี่ยวข้องหมู่อะมิโน 3-4 ตัว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาโดยตรง ซับสเตรตจับกับเอนไซม์บริเวณใกล้หรือในบริเวณแอกทีฟ ในปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์โมเลกุลที่ปรากฏในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาเรียกว่าซับสเตรต (substrate) เอนไซม์เปลี่ยนซับสเตรตเป็นโมเลกุลอื่นเรียกว่าผลิตภัณฑ์ (product) ปฏิกิริยาที่เกิดในธรรมชาติต้องใช้เอนไซม์เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ในอัตรา

เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมัน จากพืชน้ำมัน



น้ำมันและไขมันนอกจากจะเป็นแหล่งของสารอาหารที่ให้พลังงานสูงแล้ว ยังเป็นตัวกลางสำคัญในการส่งผ่านวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เมล็ดพืชน้ำมันเป็นแหล่งอาหารสำคัญของมนุษย์ โดยเฉพาะในการผลิตน้ำมันบริโภค นอกจากนี้ยังใช้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ประยุกต์ใช้ทางเภสัชกรรม ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง เป็นต้น องค์ประกอบของน้ำมันพืชยังประกอบด้วยสารตามธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น กรดไขมัน ไฟโตสเตอรอล (phytosterols) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) สารต้านอนุมูลอิสระ และวิตามินอี หรือโทโคฟีรอล (tocopherol)

วิธีการทั่วไปที่ใช้ผลิตน้ำมันบริโภคจากพืชน้ำมัน คือการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ หรือใช้วิธีการทางกล หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน วิธีการทางกลที่ใช้ในการสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมันเป็นกระบวนการแยกเฟสของเหลวออกจากของแข็ง ซึ่งต้องอาศัยความดันจากระบบไฮดรอลิก (hydraulic press) หรือเครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) การบีบน้ำมันออกจากเมล็ดโดยวิธีการทางกลมีข้อดี คือมีการลงทุนด้านเครื่องจักรน้อย อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ให้ผลผลิตน้ำมันค่อนข้างต่ำ และโปรตีนในวัตถุดิบเสื่อมสภาพเนื่องจากแรงดัน

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นวิธีการสกัดน้ำมัน ไขมัน น้ำมันหอมระเหย โดยใช้ตัวทำละลาย ในวิธีการนี้ เมล็ดพืชน้ำมันที่ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น เป็นแผ่นบาง หรือเป็นชิ้นเล็ก (flake) หรืออบเป็นผง จะผ่านไปในตัวทำละลาย จากนั้นน้ำมันที่ถูกชะออกมากับตัวทำละลายจะถูกแยกออกจากตัวทำละลายโดยวิธีการระเหยและการกลั่น ตัวทำละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือเฮกเซน เนื่องจากแยกออกจากน้ำมันได้ง่าย มีจุดเดือดในช่วงแคบ (63-69 องศาเซลเซียส) และมีความสามารถในการละลายสูง วิธีการสกัดน้ำมันพืชด้วยเฮกเซนสามารถสกัดน้ำมันได้มากถึง 100% จึงถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชจากพืช น้ำมันทั่วไป อย่างไรก็ตามเฮกเซนเป็นสารไวไฟสูง การสัมผัสหรือการสูดดมแบบเฉียบพลันในปริมาณสูงส่งผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง และการรับเฮกเซนโดยการบริโภคเฮกเซนที่ตกค้างในกากเมล็ดพืชน้ำมันหลังสกัดน้ำมัน (meal) เป็นพิษต่อหนูทดลอง ประเด็นเหล่านี้ส่งผลต่อทัศนคติของผู้บริโภคบางกลุ่มต่อวิธีการสกัดโดยตัวทำละลายเคมี ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงยังคงแสวงหาวิธีการใหม่ในการสกัดน้ำมันที่ปราศจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ให้ผลผลิตน้ำมันเทียบเท่าวิธีการดั้งเดิม โดยมีข้อกังวลด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การใช้เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ วิธีการนี้ใช้ตัวกลางที่เป็นน้ำซึ่งปลอดภัยและประหยัด

เอนไซม์กับการผลิต น้ำผลไม้



น้ำผลไม้คือน้ำซึ่งมาจากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ น้ำผลไม้คั้นสดเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย น้ำผลไม้จึงเป็นเครื่องดื่มที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาช้านาน การผลิตน้ำผลไม้มีขั้นตอนง่าย ๆ ประกอบด้วยขั้นตอน 1) การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ การล้างและหั่นเป็นชิ้น 2) การสกัดน้ำ 3) การกรองแยกกาก อย่างไรก็ตาม ในการผลิตน้ำผลไม้ในระดับอุตสาหกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ย่อมมีความซับซ้อนขึ้น เนื่องจากเกี่ยวข้องกับผลไม้ปริมาณมากนอกจากนี้ การผลิตยังต้องคำนึงถึงปริมาณผลผลิตที่ต้องสูงและอายุการเก็บรักษาความใสของน้ำผลไม้ก็จำเป็นสำหรับน้ำผลไม้บางชนิด การผลิตน้ำผลไม้ในระดับอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพคุ้มค่าต่อการลงทุนต้องใช้เอนไซม์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการผลิตน้ำผลไม้ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง ดังนั้นจึงมีเอนไซม์ทางการค้ามากมายหลายชนิดที่ผลิตขึ้นเฉพาะเพื่ออุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ผลไม้ไม่นอกจากเป็นแหล่งสำคัญของวิตามินและแร่ธาตุแล้ว ยังเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคมะเร็ง การใช้เอนไซม์นอกจากจะมีความสำคัญต่อทั้งปริมาณผลผลิตและคุณภาพ ของน้ำผลไม้ ยังมีบทบาทในการเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำผลไม้ ในบทนี้มุ่งให้ผู้อ่านเข้าใจบทบาทของเอนไซม์ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ และบทบาทของเอนไซม์ในการเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำผลไม้ เพื่อใช้พัฒนาคุณภาพน้ำผลไม้ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด

โครงสร้างและส่วนประกอบของผลไม้ และบทบาทของเอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้

ผลไม้ คือ ส่วนของพืชที่เจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงมาจากรังไข่ โครงสร้างของผลไม้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลักคือ เพอริคาร์พ (pericarp) ที่เจริญเปลี่ยนแปลงจากผนังรังไข่เป็นส่วนต่าง ๆ ของผลไม้ เช่น เนื้อที่บริโภคเป็นอาหาร เปลือก เมล็ด และเนื้อในเมล็ด ส่วนย่อยที่เล็กที่สุดของโครงสร้างผลไม้คือเซลล์ เซลล์ในผลไม้ประกอบกันเป็นเนื้อเยื่อพืชหลายชนิด เนื้อเยื่อพืชที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของส่วนที่บริโภคได้ในผลไม้คือเนื้อเยื่อสะสมอาหาร ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประเภทยาเรนไคมา (parenchyma cell) ซึ่งประกอบไปด้วยผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืช ผนังเซลล์ของพืชประกอบขึ้นจากพอลิเมอร์หลายชนิดรวมตัวกัน ประกอบด้วย เส้นใยต่อเชื่อมกันของเซลลูโลส (cellulose) ที่ฝังตัวในเมทริกซ์ที่ซับซ้อนของเพกทิน (pectin) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โปรตีนและสารประกอบฟีนอล (phenolics)

บทที่ ๕

เอนไซม์กับการผลิต
อาหารที่มีกาบา



กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (γ -Aminobutyric acid, GABA) หรือเรียกสั้น ๆ ว่ากาบา มีบทบาทสำคัญต่อการสะสมไนโตรเจน การเจริญของพืช เกี่ยวข้องกับระบบปกป้องพืชจากแมลงกินพืช ในสัตว์กาบามีหน้าที่เป็นตัวยับยั้งสารสื่อประสาท (inhibitory neurotransmitter) ตัวหลักในระบบประสาทส่วนกลาง อย่างไรก็ตาม การบริโภคโดยตรงไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกาบาในสมอง อาจเป็นไปได้ว่าสารตัวนี้ไม่สามารถผ่านตัวกลางกั้นหลอดเลือดกับสมอง (blood-brain barrier) และไม่สามารถเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาทางคลินิกพบว่า การบริโภคกาบาหรือสารที่คล้ายกัน (analogues) มีผลดีหลายประการต่อสุขภาพ ได้แก่ ช่วยในการลดความดันโลหิตในสัตว์ทดลองและมนุษย์ที่มีความดันสูงปานกลาง ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ มีผลในการยับยั้งการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง กระตุ้นการตายของเซลล์มะเร็ง (apoptosis) อาหารที่มีกาบาปริมาณสูงใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและ/หรือนิวตราซูติคอล (dietary supplement and/or nutraceutical) ช่วยอาการนอนไม่หลับ (sleeplessness) ควบคุมความเครียดและอาการซึมเศร้า (depression and autonomic disorders) ช่วยการฟื้นตัวจากอาการติดแอลกอฮอล์เรื้อรัง (chronic alcohol-related symptoms) และช่วยกระตุ้นเซลล์ระบบภูมิคุ้มกัน (immune cells) บรรเทาอาการปวดและเหนื่อยล้า มีการศึกษาพบว่า ชาเขียวที่มีปริมาณกาบาสูงที่เตรียมที่สภาวะไม่มีอากาศ (anaerobic treatment) เช่น ชา Gabaron ของประเทศญี่ปุ่น สามารถรักษาความดันของหนูที่มีสภาวะความดันโลหิตสูงให้เป็นปกติ กาบาจึงจัดเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ประโยชน์ของกาบาทำให้มีการพัฒนาอาหารฟังก์ชันที่มีปริมาณกาบาสูงอย่างต่อเนื่อง

จากประโยชน์ต่อร่างกายทั้งหลายที่มีรายงานออกมา ทำให้อุตสาหกรรมอาหารพัฒนาอาหารฟังก์ชันที่มีกาบาสูง ผลิตภัณฑ์ทั้งจากพืชและธัญชาติเชิงการค้า เช่น ใบชาเขียวที่ผ่านสภาวะไม่มีอากาศ ข้าวแดงหรืออังคัก (ang-kak, red fermented rice, red mold rice) ด้วยเชื้อสายพันธุ์ *Monascus* spp. ถั่วเหลืองหมักคล้ายเทมเป้ ผลิตภัณฑ์นมหมัก และที่เป็นที่รู้จักมากที่สุด คือ ข้าวกล้อง ข้าวสาลี ถั่วที่ผ่านการเพาะงอก

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา

กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา (γ -Aminobutyric acid, GABA) เป็นกรดอะมิโนที่ไม่อยู่ในโครงสร้างโปรตีน มีคาร์บอน 4 ตัว พบได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ สังเคราะห์โดยปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) หรือปฏิกิริยาการกำจัดหมู่ $-CO_2$ ออกจาก



บทที่ 6

การผลิตฟรีไบโอติกจาก
วัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตร
ที่ไม่ใช่ใยอาหาร

บทบาทดั้งเดิมของอาหารคือให้คุณค่าทางโภชนาการ ในขณะที่อาหารฟังก์ชันให้ประโยชน์เฉพาะในด้านสุขภาพ พรีไบโอติกและโพรไบโอติก วิตามิน และเกลือแร่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน เช่น นมหมักและโยเกิร์ต เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา อาหารเด็ก ขนมและหมากฝรั่งปลอดน้ำตาล พรีไบโอติกเติบโตอย่างรวดเร็วในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์นมหมักและโยเกิร์ตที่เสริมโพรไบโอติกและพรีไบโอติกในส่วนผสมมีส่วนที่สูงที่สุดในตลาดอาหารฟังก์ชัน (functional foods) นอกจากนี้โพรไบโอติกและพรีไบโอติกใช้หลัก ๆ ในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ บาร์โภชนาการ อาหารเข้าธัญพืช เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก อาหารฉลากเขียว หรือกรีนฟู้ด (Green Food) อาหารสำหรับทารกและอาหารสัตว์เลี้ยงจากปัจจัยการเพิ่มขึ้นของโรคอ้วนและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทางเดินอาหาร กระดูกและข้อต่อ ผลักดันให้ผู้บริโภคจำนวนมากมุ่งเน้นการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำที่มีความสมดุลและดีต่อสุขภาพ จึงเป็นแรงขับเคลื่อนให้ผลิตภัณฑ์พรีไบโอติกเติบโตอย่างต่อเนื่อง

พรีไบโอติกเป็นอาหารที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ (non-digestible) และไม่ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียบริเวณลำไส้ใหญ่ ส่งผลต่อการช่วยกระตุ้นการทำงาน และส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) เช่น แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก (lactic acid bacteria) ได้แก่ แล็กโทบาซิลลัส (lactobacillus) และไบฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

พรีไบโอติกที่ระบุไว้โดย International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) ต้องมีลักษณะต่อไปนี้ 1) สามารถต้านทานการย่อยสลายด้วยกรดและเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร 2) สามารถหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร 3) สามารถกระตุ้นการเจริญหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร ในขณะที่จุลินทรีย์โพรไบโอติกคือ จุลินทรีย์ที่ใช้หรือหมักพรีไบโอติก สิ่งที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารที่มีอิทธิพลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ การบริโภคพรีไบโอติกมีผลจำเพาะกับไมโครไบโอม (Microbiota) หรือจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในร่างกายซึ่งส่งอิทธิพลต่อไปสู่สุขภาพของมนุษย์ ดังนั้น พรีไบโอติกที่บริโภคต้องผ่านระบบทางเดินอาหารโดยมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ก่อนที่จะสามารถกระตุ้นการเจริญอย่างจำเพาะของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ จุลินทรีย์ในทางเดินอาหารมีความสำคัญในการต้านทานการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (antipathogenic effects) เช่น ยับยั้งการเกาะติดเยื่อเมือกของระบบทางเดินอาหาร (gut mucosa) ของจุลินทรีย์ก่อโรค มีผลช่วยปรับปรุง

บทที่ 7

การผลิตฟรีไบโอติกจาก
วัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตร
ประเภทใยอาหาร



การผลิตพรีไบโอติกจากวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรประเภทใยอาหาร อาศัยเอนไซม์ กลุ่มไกลโคซิเดสซึ่งเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสวัตถุดิบประเภทใยอาหารซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ พรีไบโอติกหลายชนิดผลิตโดยวิธีการนี้ เช่น ไคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (chitooligosaccharides, COS) ผลิตจากไคติน เพกติกโอลิโกแซ็กคาไรด์ (pectic oligosaccharide) ผลิตจากเพกทิน แมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์ (manno oligosaccharide, MOS) ผลิตจากแมนแนนซึ่งได้จากวัตถุดิบ เช่น กากมะพร้าว ไซโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xyloligosaccharide, XOS) ผลิตจากไซแลนซึ่งได้จากวัตถุดิบ เช่น ชังข้าวโพด รำข้าว

คุณสมบัติที่เหมือนกันของใยอาหารและพรีไบโอติกคือไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ ในร่างกายมนุษย์ แต่สมบัติที่ทำให้ทั้งสองแตกต่างกันคือพรีไบโอติกถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ในลำไส้ ซึ่งส่งผลที่ดีต่อสุขภาพผู้บริโภค อย่างไรก็ตามใยอาหาร เช่น อินูลิน มีสมบัติเป็น พรีไบโอติก แต่ใยอาหารหลายชนิด เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกทิน ลิกนิน ไม่ใช่พรีไบโอติก

การลดขนาดโมเลกุลใยอาหารโดยการใช้เอนไซม์ทำให้ได้โมเลกุลที่มีสมบัติเป็น พรีไบโอติก พรีไบโอติกที่มีชื่อเสียงมีจำหน่ายทางการค้าคือ partially hydrolyzed guar gum หรือเรียกย่อว่า PHGG ซึ่งผลิตโดยการไฮโดรไลซ์ (ลดขนาดโครงสร้าง) กวักัมโดยใช้เอนไซม์ กวักัมสกัดได้จากเนื้อในเมล็ด (endosperm) ของเมล็ดกวัก (Cyamopsis tetragonolobus) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดกาแล็กโตแมนแนน ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสต่อกันด้วยพันธะ ชนิดปีตา-1,4 และมีบางหน่วยแมนโนสต่อกับน้ำตาลกาแล็กโทสด้วยพันธะชนิดแอลฟา-1,6 เอนไซม์ แมนนาเนสเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะที่เชื่อมน้ำตาลแมนโนส ทำให้ได้ PHGG กวักัมมีความหนืดสูง ใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickening agent) และให้ความคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์ เช่น ไอศกรีม ซอส น้ำสลัด PHGG มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่ากวักัมทำให้หนืดน้อย ละลายน้ำได้ดี ที่พีเอชเป็นกลาง ทนทานต่อความร้อน กรด เกลือ เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ไม่ให้ลักษณะ ข้นหนืด ทำให้สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายขึ้น ที่สำคัญคือถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ในระบบทางเดินอาหาร PHGG ส่งเสริมการเจริญของแลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) และบิฟิโดแบคทีเรีย (Bifidobacteria) และการผลิตกรดไขมันสายสั้นในการศึกษาในหลอดทดลอง (in vitro) (Li, & Hu, 2018) นอกจากนี้จากการศึกษาผลการบริโภคบิสกิตที่มีพรีไบโอติก FOS และ PHGG พบว่าช่วยเพิ่มจำนวนบิฟิโดแบคทีเรียในอาสาสมัครเมื่อเทียบกับก่อนการบริโภค และพบว่าจำนวนและบิฟิโดแบคทีเรียลดลงภายใน 7 วัน ดังนั้นการบริโภคพรีไบโอติกอย่างสม่ำเสมอจึงมีผลดีต่อสุขภาพ (Tuohy et al., 2001)



แมลงที่เป็นประโยชน์

ผู้แต่ง: รศ. ดร.อุดมพร แพนงคร

520
บาท

ปัจจุบันโลกมีแมลงประมาณมากกว่าล้านชนิด แมลงที่ให้โทษหรือเป็นศัตรูกับมนุษย์นั้นมีเพียง 0.1% ของแมลงที่มีในโลกทั้งหมด อีก 99.9% จัดเป็นแมลงที่มีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ หลากหลายประเภทได้แก่ แมลงที่ช่วยผสมเกสร เช่น ผึ้ง แมลงให้ผลผลิตชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำผึ้ง ชันครั่ง เส้นไหม เป็นต้น ตัวห้ำ ตัวเบียนช่วยทำลายแมลงศัตรูพืช เช่น ตั๊กแตนตำข้าว แมลงปอ ต่อเบียน แตนเบียน นำมาใช้ประโยชน์ในทางการศึกษา เช่น แมลงหวี่ ช่วยเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น มดกินซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายซากเหล่านั้น แมลงยังใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วย นอกจากนี้แมลงบางชนิดสามารถผลิตสารเคมีบางชนิดที่มีคุณสมบัติที่อาจนำมาใช้พัฒนาเป็นยารักษาโรค เช่น การนำสารเคมีจากพิษเหล็กในของผึ้งมารักษาโรคอัมพฤกษ์และอัมพาต ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ต่าง ๆ แก่มนุษย์ในอนาคต หนังสือเล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านได้รู้จักกับแมลงที่เป็นประโยชน์ชนิดต่าง ๆ และทราบว่าแมลงให้ประโยชน์อะไรแก่เราได้บ้างและสามารถทราบวิธีการเลี้ยงและอนุรักษ์แมลงเหล่านั้น



ชีวเภสัชภัณฑ์:

การออกแบบและพัฒนา

ผู้แต่ง: รศ. ดร.ภก.พัฒนา ศรีพลากิจ

ในปัจจุบันมีชีวเภสัชภัณฑ์หลายชนิดได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในการทางการแพทย์ ซึ่งบางส่วนได้รับการขึ้นทะเบียนยาแล้ว และอีกจำนวนมากยังอยู่ระหว่างขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ในอนาคตอันใกล้ คาดว่าสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของจำนวนชีวเภสัชภัณฑ์ใหม่จะมีมากกว่ายาที่ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งกลุ่มชีวเภสัชภัณฑ์ที่อยู่ในความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ ไซโตไคน์ โกรทแฟคเตอร์ ไมโนโคลนอลแอนติบอดี เปปไทด์ฮอร์โมน โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด และเอนไซม์เพื่อการรักษา



พันธุศาสตร์โมเลกุล พื้นฐาน จำเป็นสำหรับงานวิจัยด้านพืช

ผู้แต่ง: รศ. ดร.คำรพ รัตนสุต

390
บาท

หนังสือเล่มนี้ให้ความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับกรดนิวคลีอิกจีโนมยีน กลไกการทำงานของยีน หลักการและแนวทางการปฏิบัติที่ดี สำหรับเทคนิคระดับโมเลกุลพื้นฐานที่จำเป็น ในการทำงานวิจัยด้านพืช ได้แก่ การสกัดแยก กรดนิวคลีอิกของพืช พีซีอาร์ ดีเอ็นเอโคลนนิ่ง พันธุวิศวกรรมพืช และการตรวจสอบการแสดงออกของยีน ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาวิจัยทางด้านชีววิทยาระดับโมเลกุลของพืช รวมทั้งผู้ที่ประสบปัญหาจากการทดลองที่ใช้เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ แม้ว่าเทคโนโลยีทางชีววิทยาระดับโมเลกุลของพืชจะมีความก้าวหน้าอย่างมาก เทคนิคพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลพื้นฐานยังคงจำเป็นสำหรับทุกห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การเข้าใจในหลักการของแต่ละเทคนิคเป็นอย่างดีจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถประยุกต์ และดัดแปลงวิธีการ รวมทั้งออกแบบการทดลองได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้งานวิจัยมีโอกาสรประสบความสำเร็จสูง



NUPH
online store



www.nupress.grad.nu.ac.th



0 5596 8833-8836



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร



nuph@nu.ac.th

หนังสือแนะนำ



เทคนิคการสรุปความ

ผู้แต่ง: ศ.ดร.วราวิชต์ มหามนตรี

หนังสือเทคนิคการสรุปความเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมวิธีการสรุปความงานเขียนประเภทต่าง ๆ ที่พบเห็นได้จากสื่อในชีวิตประจำวัน อาทิ สารคดี บันทึคดี บทวิเคราะห์ บทวิจารณ์ บทสัมภาษณ์ โดยนำวิธีการจดบันทึกแบบ Cornell Notes ของ Dr. Walter Pauk มาประยุกต์ใช้ในการเขียนเรียบเรียงเนื้อความสรุป อีกทั้งยังมีการสรุปความในการเขียนผลงานวิจัยเพื่อให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนผลงานวิจัยบางองค์ประกอบ และเพื่อป้องกันการลักลอกและละเมิดลิขสิทธิ์ผลงานวรรณกรรมพร้อมตัวอย่างประกอบอย่างชัดเจนในแต่ละบท เพื่อให้ผู้อ่านสามารถศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จึงเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน นักศึกษา ครู อาจารย์ นักวิชาการ และผู้สนใจในทุกสาขาอาชีพ



พรมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ ข้อมูลวิชาการและการใช้ประโยชน์

ผู้แต่ง: รศ. ดร. ญ.กรรณก อิงคินันท์

พรมมิเป็นสมุนไพรที่มีการใช้มานาน ทั้งในการแพทย์อายุรเวทและการแพทย์แผนไทย โดยมีสรรพคุณเด่นคือการบำรุงสมองและบำรุงความจำหนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับพรมมิในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ด้านการใช้พรมมิทางการแพทย์พื้นบ้าน องค์ประกอบทางเคมีในพรมมิการควบคุมคุณภาพ การเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและพิษวิทยาการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของพรมมิในมนุษย์ รวมถึงขั้นตอนการวิจัยพัฒนาพรมมิให้อยู่ในรูปแบบที่ทันสมัยและสะดวกในการนำไปใช้ นอกจากนี้ในท้ายเล่มยังมีโมโนกราฟีอันแสดงการกำหนดมาตรฐานของวัตถุดิบพรมมิในประเทศไทยรวมอยู่ด้วย



ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ : จากแนวคิดทฤษฎีสู่การปฏิบัติ

ผู้แต่ง: ผศ. ดร.ชำนาญ ปานาวงษ์

“งานวิจัยมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีขั้นตอน กระบวนการและการให้คำตอบที่แตกต่างกัน งานวิจัยที่เป็นเชิงคุณภาพ ก็เป็นประเภทหนึ่ง ที่มีขั้นตอน กระบวนการ และการให้คำตอบที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปแบบของการอธิบาย ให้รู้ถึงภูมิหลังที่มา สภาพปัจจุบัน และอนาคตได้เป็นอย่างดี หนังสือเล่มนี้ได้กล่าวถึง ขั้นตอน กระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบของงานวิจัย เชิงคุณภาพอย่างละเอียด ตามประสบการณ์ที่ผู้เขียนได้รวบรวมมา”