



เอชไซม์

และการประยุกต์ใช้
ในอุตสาหกรรมอาหาร

ทิพวรรณ กองสุข



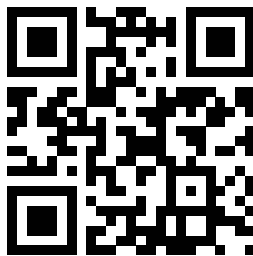
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th



สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว



สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

✉ nuph@nu.ac.th

📘 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

☎ 0 5596 8833-8836

🌐 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

สพน. 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 ศาลาพระเกี้ยว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000-3
สยามสแควร์ อาคารวิทยุภคิน 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, 0-74282981
ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา โทร. 0-7329-9980

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

กองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ออกแบบปก

สรุญา แสงเย็นพันธ์

ออกแบบรูปเล่ม

สรุญา แสงเย็นพันธ์

พิมพ์ที่

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



สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
<http://www.thaibooksociety.com>

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร



พิมพ์บน
กระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ
กระดาษแบบสายคาร์บอนรีไซเคิล

✉ nuph@nu.ac.th

📍 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

☎ 0 5596 8833-8836

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



LINE @nuph



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

คำนำ

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

ในบทที่ 1 กล่าวถึงบทบาทของเอนไซม์กับการผลิตอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเอนไซม์เป็นเทคโนโลยีที่เลียนแบบธรรมชาติปราศจากสารเคมีเกี่ยวข้องในการผลิตอาหารมนุษย์ที่ปลอดภัยเป็นที่ยอมรับมาแต่โบราณ บทที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อปูพื้นฐานผู้อ่านเกี่ยวกับหลักการทำงานของเอนไซม์ เพื่อความเข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ที่เหมาะสม บทที่ 3 กล่าวถึงการใช้เอนไซม์ในการสกัดน้ำมันจากพืชน้ำมันที่สกัดด้วยวิถีธรรมชาติ 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 โดยการใช่เอนไซม์	54

การใช้เอนไซม์ช่วยสกัดกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์.....	56
คุณลักษณะของน้ำมัน.....	61
ความเป็นไปได้ในการใช้เอนไซม์ซ้ำในกระบวนการสกัดด้วยเอนไซม์.....	63
การสกัดน้ำมันโดยการใช้เอนไซม์ร่วมกับตัวทำละลาย.....	63
การสกัดน้ำมันโดยการใช้เอนไซม์ร่วมกับการบีบเย็น.....	64
เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันรำข้าว.....	68
เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สกัดเย็น.....	73
เปรียบเทียบการใช้เอนไซม์.....	76
บทสรุป.....	77
เอกสารอ้างอิง.....	78
บทที่ 4 เอนไซม์กับการผลิตน้ำผลไม้.....	85
โครงสร้างและส่วนประกอบของผลไม้ และบทบาทของเอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้..	86
เพกทิน.....	88
เพกทินเอนกับการเพิ่มผลผลิตน้ำผลไม้.....	89
อิทธิพลของเอนไซม์กับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำผลไม้.....	94
เอนไซม์กับปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำผลไม้.....	97
อิทธิพลของเอนไซม์กับรูปแบบแอนโทไซยานินในน้ำผลไม้.....	99
อิทธิพลของกระบวนการผลิตต่อสารประกอบฟีนอลในน้ำผลไม้.....	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

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 licheniformis</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> <i>Rhizopus oryzae</i> , var.	ไฮโดรไลซ์สตาร์ชเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์	- ใช้เป็นสารช่วยในการปรับปรุงคุณภาพแป้ง - ใช้เป็นสารช่วยในการผลิตเพื่อย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งวัตถุดิบมี พอลิแซ็กคาไรด์ หรือสตาร์ชเป็นองค์ประกอบ เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำเชื่อมและไซรัป - ใช้ช่วยผลิตน้ำตาลสำหรับกระบวนการหมักยีสต์ (การผลิตเบียร์) - ใช้ช่วยให้โดนัม เพิ่มปริมาณขนมปัง
β -amylase	มอลต์ซึ่งได้จากการนำข้าวบาร์เลย์มาเพาะให้งอก	ไฮโดรไลซ์สตาร์ชหรือโอลิโกแซ็กคาไรด์เป็นมอลโทส	ใช้ช่วยผลิตไซรัปมอลโทส
Amyloglucosidase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Rhizopus oryzae</i> , var.	ไฮโดรไลซ์เดกซ์ทรินจากสตาร์ชเป็นกลูโคสในกระบวนการแซ็กคาริฟิเคชัน	- ใช้ผลิตน้ำเชื่อมฟรุคโตสสูง (high fructose syrup; HFS) - ใช้ผลิตเบียร์ชนิด “lite”
α -glucosidase	<i>Aspergillus niger</i>	ไฮโดรไลซ์พอลิแซ็กคาไรด์ (สตาร์ช) เป็นกลูโคส	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งวัตถุดิบมีพอลิแซ็กคาไรด์เป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำตาล น้ำเชื่อม รวมถึงโอลิโกแซ็กคาไรด์และสารให้ความหวาน

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
Pullulanase	<i>Bacillus</i> spp. <i>Klebsiella</i> spp.	ไฮโดรไลซ์พันธะ 1-6 ที่ กิ่งแขนงของโครงสร้าง สตาร์ช	ใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ กระบวนการแช่คาร์นิเฟคชัน (อุตสาหกรรมน้ำเชื่อมและไซรัป)
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสตาร์ช/กลูโคส			
Glucose oxidase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	ออกซิเดชันกลูโคสไป เป็นกลูโคนอแล็กโทน และไฮโดรเจนเพอร์ ออกไซด์	- ใช้ช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่และขนมอบ (เช่น ช่วยให้โด ขนมปังคงตัว) - ใช้ช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีนม และไข่ เช่น เอากลูโคสออกจาก ไข่ขาวเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล
Cyclodextrin glucanotrans ferase	<i>Bacillus</i> spp.	สังเคราะห์ไซโคล เดกซ์ทรินจากสตาร์ช เหลว	ใช้ช่วยการไมโครเอนแคปซูลชัน (microencapsulation) เพื่อห่อหุ้ม สารสี สารให้กลิ่นรส และวิตามิน
เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการไฮโดรไลซ์น้ำตาลในนม			
β -galactosidase (lactase)	<i>Kluyveromyces lactis</i>	ไฮโดรไลซ์น้ำตาลในนม เป็นกลูโคสกับ กาแล็กโทส	- ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยน้ำตาล แล็กโทส (Lactose) ในผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีนมเป็นวัตถุดิบ - ทำให้นมและเวย์หวาน - ผลิตนํ้านมสำหรับคนที่มีอาการแพ้ 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	ไฮโดรไลซ์แคปปา-เคซีน (K-casein)	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยโปรตีน เคซีน(casein) ในน้ำนมให้มีโมเลกุล เล็กลงในกระบวนการผลิตชีส
Papain	ผลมะละกอ	เร่งปฏิกิริยาการย่อย สลายโปรตีน	- ใช้เพิ่มรสชาติ
Bromelain	น้ำและแกนสับปะรด	ไฮโดรไลซ์โปรตีน polypeptides, amides, esters, leucine หรือ glycine ให้เป็นเพปไทด์ ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก	- ใช้ช่วยในการผลิตอาหารหรือ เครื่องดื่ม เช่น เบียร์ ผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์จากธัญพืชทั้งพร้อมรับ 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 ปัจจุบันถูกแทนที่โดยโปรติเอสจาก เชื้อจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่
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 ผลิตภัณฑ์จากเนือปลา หรือโปรตีน ไฮโดรไลเสต
Thermolysin Protease	<i>Geobacillus stearothermophi- lus</i>	ไฮโดรไลซ์พันธะ เพปไทด์ของโปรตีน ให้เป็นกรดอะมิโน ขนาดเล็ก	สารช่วยในการผลิตอีสต์สกัด หรือ โปรตีนสกัด เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่ง รสชาติในอาหาร เช่น เครื่องปรุงรส ซุปร่วมบรีโกลค 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 น้ำแกงและซूप 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-glucosidase)	
	<i>Trichoderma reesei</i>	Exo-cellobiohydrolase	

เอนไซม์	แหล่งในธรรมชาติ/ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิต ทางการค้า	การทำงาน	การประยุกต์ใช้
β -Glucanase	<i>Aspergillus niger</i> , <i>var. Trichoderma harzianum</i>	ไฮโดรไลซ์ปีตากลูแคนให้เป็นน้ำตาลกลูโคสในชั้น mash ในการผลิตเบียร์ ประกอบด้วย β -glucanase ชนิด endo-1,3-beta-glucanase และ exo-1,3-beta-glucanase	ใช้ช่วยในการผลิตเพื่อย่อยกลูแคน (Glucan) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ของน้ำตาลกลูโคสในการผลิตอาหารหรือเครื่องดื่ม เช่น เครื่องดื่มน้ำผลไม้ ไวน์ เบียร์ หรือน้ำมันพืช เป็นต้น ช่วยการกรอง ช่วยป้องกันการเกิดตะกอนความขุ่นในเบียร์ (chill haze)
Hemicellulase	<i>Aspergillus niger</i> , <i>var.</i>	ไฮโดรไลซ์เฮมิเซลลูโลส (พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำในน้ำ) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์พืช ประกอบด้วย endo-1,4-beta-xylanase; xylan 1,4-beta-xylosidase; alpha-L-arabinofuranosidase; galactomannanase	- ใช้ช่วยในการผลิตอาหาร เช่น กาแฟสำเร็จรูป ขนมปัง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ขนมอบ - ปรับปรุงคุณภาพขนมปัง โดยการปรับปรุงโครงสร้างเนื้อขนมปัง
Polygalacturonase	<i>Aspergillus niger</i> , <i>var.</i>	เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายเพกทิน (ชนิดไม่มีหมู่เมทอกซิล) ให้เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์	- ช่วยในการผลิตอาหารหรือเครื่องดื่มที่วัตถุดิบมีเพกทินเป็นองค์ประกอบ เช่น เครื่องดื่มน้ำผลไม้หรือไวน์ เป็นต้น
Pectin lyase หรือ pectin depolymerase	<i>Aspergillus niger</i> , <i>var.</i>	เร่งปฏิกิริยาย่อยสลายเพกทิน (ชนิดมีหมู่เมทอกซิล) ให้เป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์	- ทำให้น้ำผลไม้ใสโดยการย่อยสลายเพกทิน (depectinization)
Pectinesterase หรือ pectin methylesterase (PME)	<i>Aspergillus niger</i> , <i>var.</i>	เอาหมู่เมทิลออกจากหน่วยกาแล็กโทสในเพกทิน (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 ประเด็นนี้ก็เป็นที่น่าสงสัย เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์มีความจำเพาะต่อปฏิกิริยาที่เร่ง และจำเพาะต่อซับสเตรต จึงเป็นไปได้ยากที่จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบที่ไม่ใช่ซับสเตรตและสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ (ดูบทที่ 2 ซึ่งกล่าวถึงหลักการการทำงานของเอนไซม์)



บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน
เกี่ยวกับเอนไซม์

เอนไซม์ (enzyme) เป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อการสังเคราะห์องค์ประกอบภายในเซลล์ เพื่อการย่อยสลายอาหารเพื่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต 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) ของเอนไซม์ไม่ได้อยู่ในรูปเส้นตรง แต่จะอยู่ในรูปที่ม้วนพับ (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 บริเวณนี้มักมีกรดอะมิโนเกี่ยวข้อง หมู่อะมิโน 3-4 ตัว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาโดยตรง ซับสเตรตจับกับเอนไซม์บริเวณใกล้หรือในบริเวณแอกทีฟ ในปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์โมเลกุลที่ปรากฏในช่วงเริ่มต้นของปฏิกิริยาเรียกว่าซับสเตรต (substrate) เอนไซม์เปลี่ยนซับสเตรตเป็นโมเลกุลอื่นเรียกว่าผลิตภัณฑ์ (product) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในธรรมชาติต้องใช้เอนไซม์เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ในอัตรา

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 เนื่องจากแยกออกจากร้ำมันได้ง่าย มีจุดเดือดในช่วงแคบ (63-69 องศาเซลเซียส) และมีความสามารถในการละลายสูง วิธีการสกัดน้ำมันพืชด้วยเฮกเซน สามารถสกัดน้ำมันได้มากถึง 100% จึงถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชจากพืช น้ำมันทั่วไป อย่างไรก็ตามเฮกเซนเป็นสารไวไฟสูง การสัมผัสหรือการสูดดมแบบเฉียบพลันในปริมาณสูงส่งผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง และการรับเฮกเซนโดยการบริโภคเฮกเซนที่ตกค้างในกากเมล็ดพืชน้ำมันหลังสกัดน้ำมัน (meal) เป็นพิษต่อหนูทดลอง ประเด็นเหล่านี้ส่งผลต่อทัศนคติของผู้บริโภคบางกลุ่มต่อวิธีการสกัดโดยตัวทำละลายเคมี ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงยังคงแสวงหาวิธีการใหม่ในการสกัดน้ำมันที่ปราศจากการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ให้ผลผลิตน้ำมันเทียบเท่าวิธีการดั้งเดิม โดยมีข้อกังวลด้านความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

การใช้เอนไซม์ช่วยสกัดน้ำมันเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชน้ำมันที่มีประสิทธิภาพ วิธีการนี้ใช้ตัวกลางที่เป็นน้ำซึ่งปลอดภัยและประหยัด

บทที่ 4

เอนไซม์กับการผลิต น้ำผลไม้



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

โครงสร้างและส่วนประกอบของผลไม้ และบทบาทของเอนไซม์ในการสกัดน้ำผลไม้

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

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/หรือนิวตราซูติคอลล (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 น้านมหมักและโยเกิร์ต เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา อาหารเด็ก ขนมและหมากฝรั่งปลอดน้ำตาล พรีไบโอติกเติบโตอย่างรวดเร็วในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์น้านมหมักและโยเกิร์ตที่เสริมโพรไบโอติกและพรีไบโอติกในส่วนผสมมีส่วนที่สูงที่สุดในตลาดอาหารฟังก์ชัน (functional foods) นอกจากนี้โพรไบโอติกและพรีไบโอติกใช้หลัก ๆ ในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ บาริโภชนาการ อาหารเข้าธัญพืช เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก อาหารฉลากเขียว หรือกรีนฟู้ด (Green Food) อาหารสำหรับทารกและอาหารสัตว์เลี้ยง จากปัจจัยการเพิ่มขึ้นของโรคอ้วนและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทางเดินอาหาร ภาวะดุกและข้อต่อ ผลักดันให้ผู้บริโภคจำนวนมากมุ่งเน้นการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำที่มีความสมดุลและดีต่อสุขภาพ จึงเป็นแรงขับเคลื่อนให้ผลิตภัณฑ์พรีไบโอติกเติบโตอย่างต่อเนื่อง

พรีไบโอติกเป็นอาหารที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ (non-digestible) และไม่ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกย่อยด้วยแบคทีเรียบริเวณลำไส้ใหญ่ ส่งผลต่อการช่วยกระตุ้นการทำงาน และส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotic) เช่น แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก (lactic acid bacteria) ได้แก่ แล็กโทบาซิลลัส (lactobacillus) และบิฟิโดแบคทีเรีย (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 ยับยั้งการเกาะติดเยื่อเมือกชั้นระบบทางเดินอาหาร (gut mucosa) ของจุลินทรีย์ก่อโรค มีผลช่วยปรับปรุง



บทที่ 7

การผลิตฟรีไบโอติกจาก
วัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตร
ประเภทใยอาหาร

การผลิตพรีไบโอติกจากวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรประเภทใยอาหาร อาศัยเอนไซม์กลุ่มไกลโคซิเดสซึ่งเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสวัตถุดิบประเภทใยอาหารซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ พรีไบโอติกหลายชนิดผลิตโดยวิธีการนี้ เช่น ไคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (chitooligosaccharides, COS) ผลิตจากไคติน เพกติกโอลิโกแซ็กคาไรด์ (pectic oligosaccharide) ผลิตจากเพกทิน แมนโนโอลิโกแซ็กคาไรด์ (manno oligosaccharide, MOS) ผลิตจากแมนแนนซึ่งได้จากวัตถุดิบ เช่น กากมะพร้าว ไคโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylooligosaccharide, XOS) ผลิตจากไซแลนซึ่งได้จากวัตถุดิบ เช่น ชั่งข้าวโพด รำข้าว

คุณสมบัติที่เหมือนกันของใยอาหารและพรีไบโอติกคือไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ แต่สมบัติที่ทำให้ทั้งสองแตกต่างกันคือพรีไบโอติกถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ ซึ่งส่งผลที่ดีต่อสุขภาพผู้บริโภค อย่างไรก็ตามใยอาหาร เช่น อินูลิน มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก แต่ใยอาหารหลายชนิด เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกทิน ลิกนิน ไม่ใช่พรีไบโอติก

การลดขนาดโมเลกุลใยอาหารโดยการใช้เอนไซม์ทำให้ได้โมเลกุลที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติก พรีไบโอติกที่มีชื่อเสียงมีจำหน่ายทางการค้าคือ partially hydrolyzed guar gum หรือเรียกย่อว่า PHGG ซึ่งผลิตโดยการไฮโดรไลซ์ (ลดขนาดโครงสร้าง) กวักัมโดยใช้เอนไซม์ กวักัมสกัดได้จากเนื้อในเมล็ด (endosperm) ของเมล็ดกวัก (Cyamopsis tetragonolobus) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดกาแล็กโตแมนแนน ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสต่อกันด้วยพันธะชนิดปีตา-1,4 และมีบางหน่วยแมนโนสต่อกับน้ำตาลกาแล็กโทสด้วยพันธะชนิดแอลฟา-1,6 เอนไซม์แมนนาเนสเร่งปฏิกิริยาสลายพันธะที่เชื่อมน้ำตาลแมนโนส ทำให้ได้ PHGG กวักัมมีความหนืดสูงใช้เป็นสารให้ความข้นหนืด (thickening agent) และให้ความคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์ เช่น ไอศกรีม ซอส น้ำสลัด PHGG มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่ากวักัมทำให้หนืดน้อย ละลายน้ำได้ดีที่พีเอชเป็นกลาง ทนทานต่อความร้อน กรด เกลือ เอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ไม่ให้ลักษณะข้นหนืด ทำให้สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายขึ้น ที่สำคัญคือถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร PHGG ส่งเสริมการเจริญของแลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) และบิฟิโดแบคทีเรีย (Bifidobacteria) และการผลิตกรดไขมันสายสั้นในการศึกษาในหลอดทดลอง (*in vitro*) (Li, & Hu, 2018) นอกจากนี้จากการศึกษาผลการบริโภคบิโกลิตที่มีพรีไบโอติก 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 ชันครึ่ง เส้นไหม เป็นต้น ตัวห้ำตัวเบียนช่วยทำลายแมลงศัตรูพืช เช่น ตั๊กแตนตำข้าว แมลงปอ ต่อเบียน แตนเบียน นำมาใช้ประโยชน์ในทางการศึกษา เช่น แมลงหี่ ช่วยเสริมสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น มดกินซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายซากเหล่านั้น แมลงยังใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ได้อีกด้วย นอกจากนี้แมลงบางชนิดสามารถผลิตสารเคมีบางชนิดที่มีคุณสมบัติที่อาจนำมาใช้พัฒนาเป็นยารักษาโรค เช่น การนำสารเคมีจากพิษเหล็กในของผึ้งมารักษาโรคอัมพฤกษ์และอัมพาต ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ต่าง ๆ แก่มนุษย์ในอนาคต หนังสือเล่มนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านได้รู้จักกับแมลงที่เป็นประโยชน์ชนิดต่าง ๆ และทราบว่าแมลงให้ประโยชน์อะไรแก่เราได้บ้างและสามารถทราบวิธีการเลี้ยงและอนุรักษ์แมลงเหล่านั้น



ชีวเภสัชภัณฑ์:

การออกแบบและพัฒนา

ผู้แต่ง: รศ. ดร.ภก.พัฒนา ศรีพลากิจ

320
บาท

ในปัจจุบันมีชีวเภสัชภัณฑ์หลายชนิดได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งบางส่วนได้รับการขึ้นทะเบียนยาแล้ว และอีกจำนวนมากยังอยู่ระหว่างขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ในอนาคตอันใกล้ คาดว่าสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของจำนวนชีวเภสัชภัณฑ์ใหม่จะมีมากกว่ายาที่ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งกลุ่มชีวเภสัชภัณฑ์ที่อยู่ในความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ ไฮโดรโคโรทแพคเตอร์ ไมโนโคลนอลแอนติบอดี เปปไทด์ฮอร์โมน โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด และเอนไซม์เพื่อการรักษา



พันธุศาสตร์โมเลกุล พื้นฐาน จำเป็นสำหรับงานวิจัยด้านพืช

ผู้แต่ง: รศ. ดร.คำรพ รัตนสุดา

390
บาท

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



☎ 0 5596 8833-8836

f สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

✉ nuph@nu.ac.th

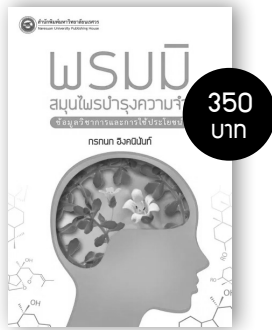
หนังสือแนะนำ



เทคนิคการสรุปความ

ผู้แต่ง: ผศ.วราวิชต์ มหามนตรี

หนังสือเทคนิคการสรุปความเล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมวิธีการสรุปความงานเขียนประเภทต่าง ๆ ที่พบเห็นได้จากสื่อในชีวิตประจำวัน อาทิ สารคดี บันทึทงคดี บทความวิเคราะห์ บทความวิชาการ บทความภาษาถิ่น โดยนำวิธีการจดบันทึกแบบ Cornell Notes ของ Dr. Walter Pauk มาประยุกต์ใช้ในการเขียนเรียบเรียงเนื้อความสรุป อีกทั้งยังมีการสรุปความในการเขียนผลงานวิจัยเพื่อให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนผลงานวิจัยบางองค์ประกอบ และเพื่อป้องกันการลักลอกและละเมิดลิขสิทธิ์ผลงานวรรณกรรมพร้อมตัวอย่างประกอบอย่างชัดเจนในแต่ละบท เพื่อให้ผู้อ่านสามารถศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จึงเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน นักศึกษา ครู อาจารย์ นักวิชาการ และผู้สนใจในทุกสาขาอาชีพ



พรมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ ข้อมูลวิชาการและการใช้ประโยชน์

ผู้แต่ง: รศ. ดร. ญญ.กรรณก อิงคินันท์

พรมมิเป็นสมุนไพรที่มีการใช้มานาน ทั้งในการแพทย์อายุรเวทและการแพทย์แผนไทย โดยมีสรรพคุณเด่นคือการบำรุงสมองและบำรุงความจำหนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับพรมมิในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ด้านการใช้พรมมิทางการแพทย์พื้นบ้าน องค์ประกอบทางเคมีในพรมมิการควบคุมคุณภาพ การเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและพิษวิทยาการศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของพรมมิในมนุษย์ รวมถึงขั้นตอนการวิจัยพัฒนาพรมมิให้อยู่ในรูปแบบที่ทันสมัยและสะดวกในการนำไปใช้ นอกจากนี้ในท้ายเล่มยังมีโมโนกราฟอันแสดงการกำหนดมาตรฐานของวัตถุดิบพรมมิในประเทศไทยรวมอยู่ด้วย



ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ : จากแนวคิดทฤษฎีสู่การปฏิบัติ

ผู้แต่ง: ผศ. ดร.ชำนาญ ปานดาวงษ์

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