



ทุนส่งเสริม
การผลิตตำรา

เทคโนโลยีการสกัดสารสำคัญจากพืช (PLANT EXTRACTION TECHNOLOGY)



รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร ทวีจันทร์
คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



เทคโนโลยีการสกัด สารสำคัญจากพืช

รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร ทวีจันทร์
คณะสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนสนับสนุนการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ลำดับที่ 236

จัดพิมพ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2569

ISBN (e-book) 978-616-438-960-1

นิภาพร ทวีจันทร์.

เทคโนโลยีการสกัดสารสำคัญจากพืช / นิภาพร ทวีจันทร์. -- พิมพ์ครั้งที่ 1. -- ขอนแก่น : คณะสห
วิทยาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2569.

151 หน้า : ภาพประกอบ

1. เทคโนโลยีชีวภาพพืช. 2. การสกัด (เคมี). 3. สารสกัดจากพืช. (1) ชื่อเรื่อง.

TP248.27.P55 น624 2569

ISBN (e-book) 978-616-438-960-1

จัดทำโดย ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ราคา 229 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2569





คำนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพ มีพืชที่น่าสนใจจำนวนมาก ที่มีสารสำคัญซึ่งมีผลต่อที่ดีต่อสุขภาพ และยังสามารถนำมาแปรรูปด้วยการนำสารสำคัญออกมาใช้ประโยชน์ในเชิงแปรรูปได้อีกด้วย การสกัดสารสำคัญจึงมีเป็นกระบวนการที่ได้รับความสนใจอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามกระบวนการสกัดต้องมีความรู้หลากหลายประการ ไม่ว่าจะเป็น สารสำคัญในพืชและคุณสมบัติของสารนั้น รวมถึงความคงตัวของสาร นอกจากนี้กระบวนการสกัดควรมีความเหมาะสมในการสกัดทั้งต้องได้ ปริมาณสารในปริมาณมาก และยังคงรักษาสมบัติทางชีวภาพของสารที่สกัดได้

หนังสือนี้จึงได้รวบรวมองค์ความรู้อันประกอบด้วย สารสำคัญที่พบในพืช หลักการสกัดที่สำคัญ กระบวนการสกัดสมัยใหม่ด้วยการสกัด ร่วมกับการใช้คลื่นไมโครเวฟ การสกัดร่วมกับการใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การการสกัดด้วยตัวทำละลายใหม่ และเทคนิคการสกัดแบบใหม่ ผู้เขียนหวังว่า องค์ความรู้ที่ได้รวบรวมมานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านในการนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดสารจากพืชที่ตนเองสนใจ เพื่อพัฒนาศักยภาพของวัตถุดิบภายในประเทศ รวมทั้งการก่อให้เกิดการแก้ปัญหาในด้านความมั่นคงทางอาหารโดยการนำวัตถุดิบที่มีศักยภาพมาพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป



นิภาพร ทวีจันทร์



กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้มอบโอกาสและประสบการณ์อันทรงคุณค่าตลอดระยะเวลาการดำเนินงานนี้ ขอขอบคุณสำหรับทุกฝ่ายที่ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการดำเนินการวิจัยและจัดทำผลงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้มอบทุนสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อเสนอแนะและคำวิจารณ์ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอขอบคุณทุกแหล่งข้อมูลที่ได้ใช้เป็นอ้างอิงในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนี้

ผู้จัดทำขอขอบคุณ Napkin AI, ChatGPT และ Adobe Firefly สำหรับการสร้างภาพ และเนื้อหาและวิดีโอในหนังสือเล่มนี้ยังมีการใช้ icon มาจาก Canva ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเสริมจินตนาการให้กลายเป็นภาพประกอบที่สวยงามและน่าสนใจทำให้เนื้อหาและวิดีโอในหนังสือเล่มนี้มีชีวิตชีวามากยิ่งขึ้น

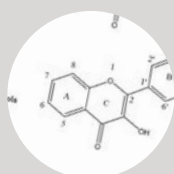
ผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานที่ได้แบ่งปันความรู้ ความคิดเห็น และร่วมกันแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งล้วนเป็นส่วนสำคัญที่เสริมสร้างให้ผลงานชิ้นนี้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ตลอดจนครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญ คอยสนับสนุน และความเข้าใจตลอดระยะเวลาการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาที่ทำทนายหรือช่วงเวลาแห่งความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่ให้ความสนใจในหนังสือเล่มนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะได้รับประโยชน์จากสิ่งที่ผู้จัดทำได้ตั้งใจถ่ายทอด



นิภาพร ทวีจันทร์

สารบัญ



01 สารสำคัญในพืช

1



02 หลักการสกัด

19



03 การสกัดร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ

48



04 การสกัดร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูง

73



05 การสกัดด้วยตัวทำละลายใหม่

99



06 เทคนิคการสกัดแบบใหม่

134



สารบัญรูป

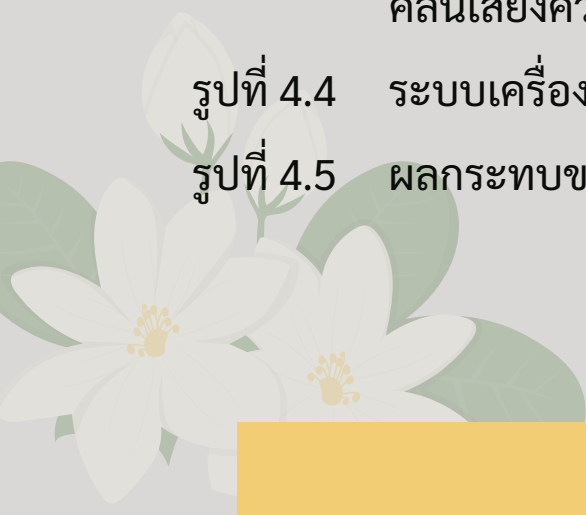


รูปที่ 1.1	โครงสร้างของอัลคาลอยด์บางชนิด	3
รูปที่ 1.2	โครงสร้างของอนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก	5
รูปที่ 1.3	โครงสร้างของอนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซินนามิค	6
รูปที่ 1.4	โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์	7
รูปที่ 1.5	โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์แต่ละชนิด	8
รูปที่ 1.6	โครงสร้างพื้นฐานของคูมาริน	9
รูปที่ 1.7	โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานิน	10
รูปที่ 1.8	สตีลปินส์ที่พบในธรรมชาติ	10
รูปที่ 1.9	โครงสร้างของแคโรทีนอยด์แต่ละชนิด	13
รูปที่ 2.1	เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเชิงการค้า	24
รูปที่ 3.1	กลไกการสกัดร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ	50
รูปที่ 3.2	ระบบการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบปิด	51
รูปที่ 3.3	ระบบการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบเปิด	51
รูปที่ 3.4	ปัจจัยในการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม	53
รูปที่ 3.5	ภาพจำลองอิทธิพลของความเข้มข้นเอทานอลต่อ ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จาก <i>Radix Astragali</i>	55

สารบัญรูป



รูปที่ 3.6	ภาพจำลองอิทธิพลของความเข้มข้นเอทานอลต่อปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลที่สกัดได้จากเปลือกฝักโกโก้	56
รูปที่ 3.7	ผลกระทบของอัตราส่วนหรือปริมาณตัวทำละลายต่อการสกัด	59
รูปที่ 3.8	ผลกระทบของการใช้พลังงานไมโครเวฟสูงต่อการสกัด	63
รูปที่ 3.8	ผลกระทบของเวลาต่อการสกัด	65
รูปที่ 4.1	กลไกการเกิดคาวิตีชันขณะให้คลื่นเสียงความถี่สูง	76
รูปที่ 4.2	กลไกการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการประยุกต์ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง	77
รูปที่ 4.3	ผลของปรากฏการณ์คาวิตีชันต่อการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	79
รูปที่ 4.4	ระบบเครื่องเสียงความถี่สูง	80
รูปที่ 4.5	ผลกระทบของเวลาต่อการสกัด	86



สารบัญรูป



รูปที่ 4.6	ผลของเวลาและการสกัดแบบกระตุ้นต่อการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	87
รูปที่ 4.7	สรุปผลของอุณหภูมิต่อการสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง	89
รูปที่ 5.1	กลไกการสกัดด้วยระบบสารละลายน้ำสองวัฏภาค	101
รูปที่ 5.2	การเกิดไมเซลล์เมื่อถึงความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวมากกว่าความเข้มข้นวิกฤต	117
รูปที่ 5.3	การจัดเรียงตัวของสารลดแรงตึงผิวและแรงตึงผิวรวม	118
รูปที่ 5.4	รูปแบบการเกิดไมโครอิมัลชัน	119
รูปที่ 5.5	ชนิดของสารลดแรงตึงผิว	121
รูปที่ 5.6	ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อการสกัดไลโคปีนจากเนื้อมะเขือเทศด้วยระบบไมโครอิมัลชัน	122
รูปที่ 5.7	ผลของสารลดแรงตึงผิวร่วมต่อการสกัดไลโคปีนจากเนื้อมะเขือเทศด้วยระบบไมโครอิมัลชัน	124

สารบัญรูป



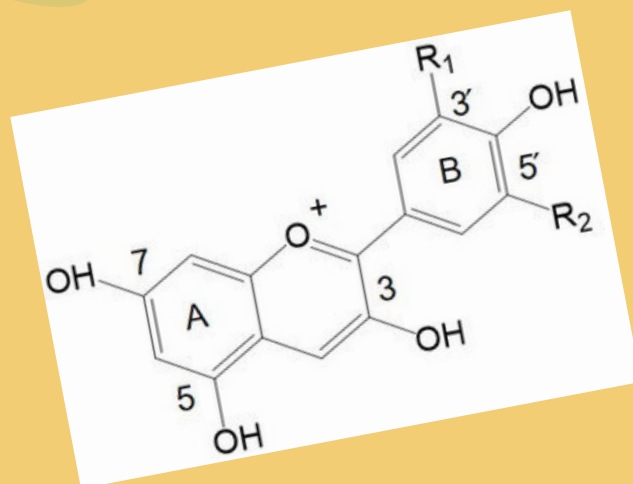
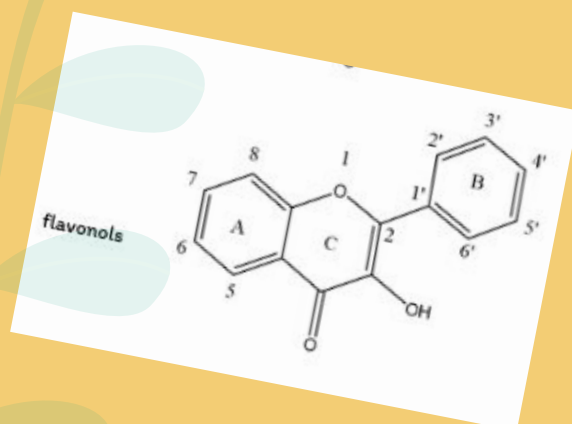
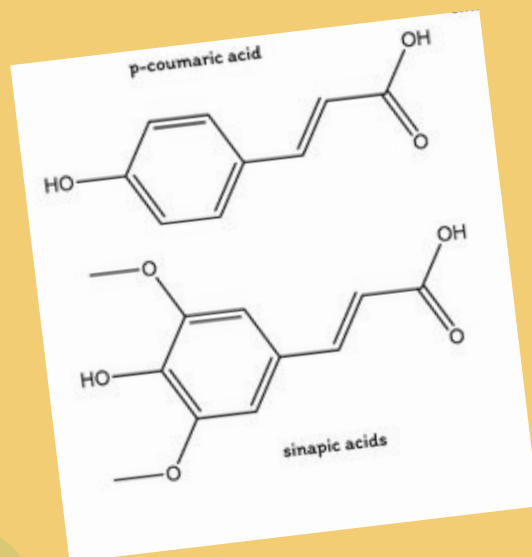
รูปที่ 6.1	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ	135
รูปที่ 6.2	กลไกการสกัดด้วยเทคนิคการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงแบบพัลส์	146



1

สารสำคัญในพืช

- อัลคาลอยด์ 2
- สารประกอบฟีนอล 4
- แคโรทีนอยด์ 11
- ตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ 14
- ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ 16



ในพืชแต่ละชนิดจะมีสารประกอบทางชีวภาพหลายชนิด และมีปริมาณที่แตกต่างกัน สารประกอบชีวภาพที่พบในพืชแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) สารปฐมภูมิ (primary metabolites) ซึ่งเป็นผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงของพืช ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เม็ดสี หรือรงควัตถุ เกลืออนินทรีย์ เป็นต้น และ (2) สารทุติยภูมิ (secondary metabolites) เป็นสารกลุ่มที่เกิดจากขบวนการชีวสังเคราะห์ เป็นสารประกอบที่พบต่างกันทั้งชนิด และปริมาณ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีสรรพคุณทางยา หรือมีฤทธิ์ทางชีวภาพ สารประกอบเหล่านี้จะมีคุณสมบัติและโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่อการเลือกกระบวนการสกัดที่เหมาะสม ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสารสำคัญในพืชแต่ละชนิด

Croteau et al. (2000) ได้แบ่งสารประกอบชีวภาพในพืชออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (a) เทอร์พีน และเทอร์พีนอยด์ (ประมาณ 25,000 ชนิด), (b) อัลคาลอยด์ (alkaloids) (ประมาณ 12,000 ชนิด) และ (c) สารประกอบ ฟีนอล (ประมาณ 8000 types)

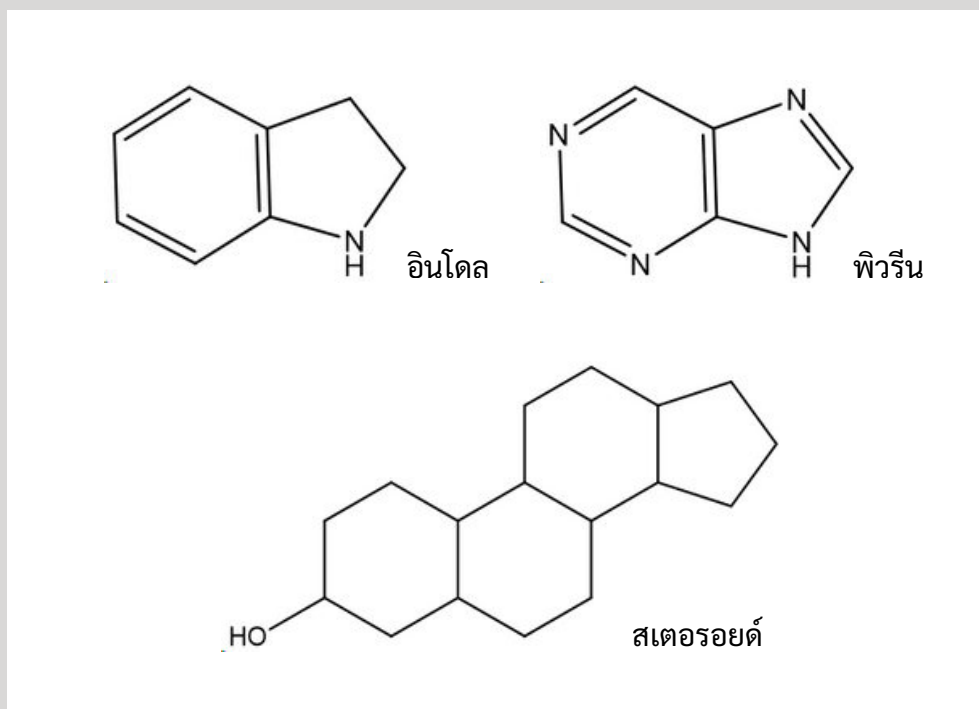


อัลคาลอยด์ (alkaloids)

อัลคาลอยด์ (alkaloids) เป็นสารสำคัญในพืชที่สังเคราะห์ขึ้นจากกรดอะมิโนผ่านกระบวนการชีวสังเคราะห์ของกรดซิกมิก และกรดไตรคาร์บอกซิลิก อัลคาลอยด์เป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นด่างและมีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุล มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ หน้าที่ของอัลคาลอยด์ในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด โดยอัลคาลอยด์อาจมีหน้าที่เป็นแหล่งสะสมไนโตรเจนเพื่อสร้างโปรตีน ช่วยควบคุมการเจริญเติบโต หรือการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด ช่วยป้องกันพืชจากแมลงต่างๆ มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ฤทธิ์ต้านมะเร็งและฤทธิ์ต้านเนื้องอก



อัลคาลอยด์แบ่งเป็นกลุ่มย่อยๆตามโครงสร้างหลักได้เป็นกลุ่มไพโรโรล (pyrrole) ไพโรโรลิดีน (pyrrolidine) ไพริดีน (pyridine) พิเพอริดีน (piperidine) ไพโรโรโลซิดีน (pyrrolozidine) โทรเพน (tropane) ควิโนลีน (quinoline) ไอโซควิโนลีน (isoquinoline) แอปพอร์พีน (aporphine) นอร์ลูปีเนน (nor-lupinane) อินโดล (indole) อิมิดาโซล (imidazole) พิวรีน (purine) และสเตอรอยด์



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของอัลคาลอยด์บางชนิด

สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds)



สารประกอบฟีนอลจะถูกสังเคราะห์ผ่านกระบวนการชีวสังเคราะห์ของกรดซาลิไซลิกและพบได้มากในพืช ซึ่งการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลพบมากในส่วนของคลอโรพลาสต์ สารประกอบฟีนอลถูกพบในพืชทั้งในรูปแบบอิสระ (free form) และรูปแบบไม่อิสระ (bound form) โดยสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในรูปแบบอิสระ จะเป็นสารฟีนอลที่ไม่เกิดอันตรกิริยากับโมเลกุล และละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว หรือตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งสามารถสกัดหรือแยกออกมาได้ง่าย ในขณะที่สารประกอบฟีนอลในรูปแบบไม่อิสระ จะเป็นสารประกอบฟีนอลที่ถูกดักจับด้วยโมเลกุลใหญ่ผ่านพันธะโควาเลนต์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถแสดงคุณสมบัติเกี่ยวกับการบำบัดรักษาโรค เช่น การต้านออกซิเดชัน การต้านอาการภูมิแพ้ การต้านมะเร็งฤทธิ์ในการต้านการเกิดความอ้วน การต้านโรคเบาหวาน การต้านการกลายพันธุ์ คุณสมบัติการเป็นสารเสริมชีวนะ (probiotics) รวมทั้งช่วยให้การทำงานของระบบประสาทส่วนกลางทำงานได้ดีขึ้น



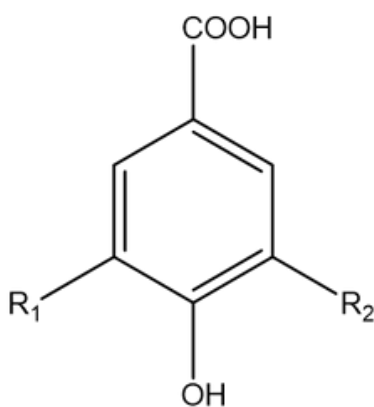
สารประกอบฟีนอลมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซีน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารประกอบฟีนอลพื้นฐาน คือ สารฟีนอล (phenol) สารประกอบฟีนอลสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สติลบีน (stilbene) และลิกแนน (lignans)



กรดฟีนอลิก (phenolic acid)

กรดฟีนอลิกเป็นกลุ่มของสารประกอบฟีนอลที่มีปริมาณเป็น 1 ใน 3 ของสารประกอบฟีนอลทั้งหมด แบ่งได้เป็น กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic acids) และกรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acids) โดยแบ่งตามโครงสร้างของคาร์บอน ตำแหน่ง และจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล

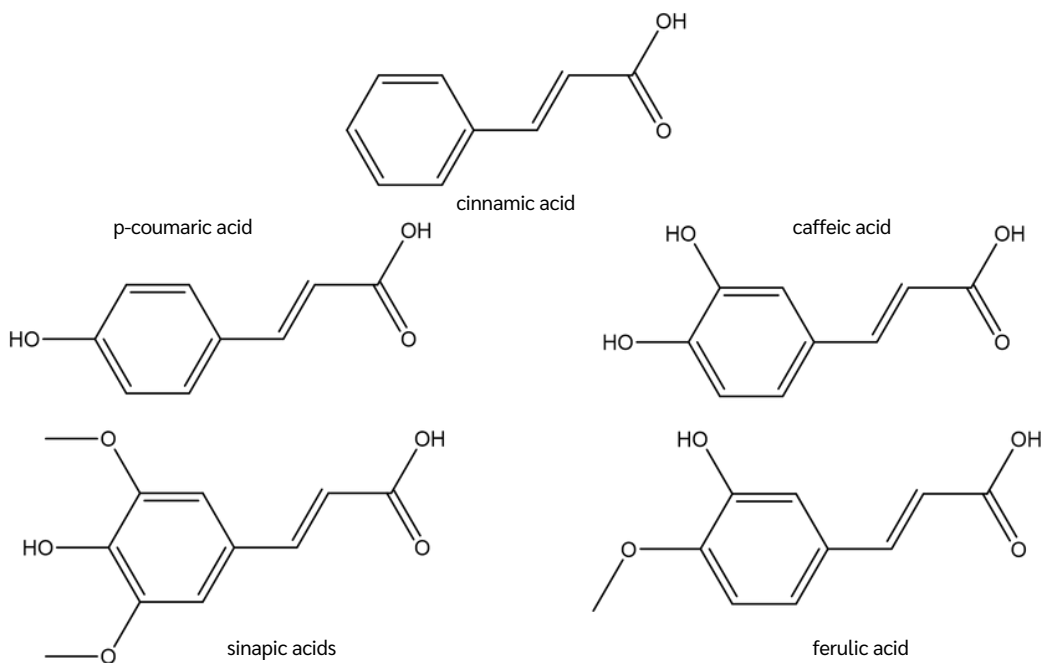
กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก เป็นอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก ที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นวงแหวนคาร์บอน 6 อะตอม ต่อกับคาร์บอน 1 อะตอม ชนิดของกรดจะขึ้นอยู่กับไฮดรอกซิล และเมทอกซิลในวงแหวนเบนซีน ดังแสดงในรูปที่ 1.2 กรดไฮดรอกซีเบนโซอิกสามารถเกิดพันธะกับน้ำตาล หรือกรดอินทรีย์ หรือเกิดเชื่อมต่อกับองค์ประกอบอื่นในเซลล์



	R ₁	R ₂
p-hydroxybenzoic acid	H	H
protocatechuic acid	H	OH
Gallic acid	OH	OH
vanillic acid	CH ₃ O	H
syringic acid	CH ₃ O	CH ₃ O

รูปที่ 1.2 โครงสร้างของอนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก

กรดไฮดรอกซินนามิก (hydroxycinnamic acids) เป็นอนุพันธ์ของกรดซินนามิก ที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นวงแหวนคาร์บอน 6 อะตอมต่อกับคาร์บอน 3 อะตอม ชนิดของกรดจะขึ้นอยู่กับไฮดรอกซิลและเมทอกซิลในวงแหวนดังแสดงในรูปที่ 1.3 กรดไฮดรอกซินนามิกพบได้มากในธรรมชาติ และพบมากกว่ากรดไฮดรอกซีเบนโซอิก นอกจากนี้มักพบอยู่ในรูปแบบที่เชื่อมต่อกับองค์ประกอบอื่น โครงสร้างในรูปแบบของกรดไฮดรอกซีซินนามิกอิสระมักเกิดจากการย่อยสลายทางเคมี หรือเนื่องจากเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการสกัด โดยพบว่าในผักจะมีกรดไฮดรอกซีซินนามิกน้อยกว่าในผลไม้



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของอนุพันธ์ของกรดไฮดรอกซินนามิก