เรื่องเล่ารสขม

ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrtdk@ku.ac.th
รับเมื่อ 11 กันยายน 2565 **แก้ไขเมื่อ** 4 พฤศจิกายน 2565 **ตอบรับเมื่อ** 4 มกราคม 2566

จุดเด่น

- แหล่งและที่มาของสารรสขมในพืช อาหารและผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันแมลงหรือสารพิษต่าง ๆ
- มนุษย์มีหน่วยรับรสขมที่มีชื่อว่า TAS2R ประมาณ 25 หน่วย
- ภาคอุตสาหกรรมอาหารพยายามลดหรือการกำจัดสารรสขมในอาหารเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค

บทคัดย่อ

มนุษย์สามารถรับรู้และต่อต้านรสขมตามสัญชาตญาณเพื่อป้องกันตัวเองจากสารพิษต่าง ๆ เนื่องจากสารมีพิษหลายชนิดส่วนใหญ่มีรสขม มนุษย์มีหน่วยรับรสขมชื่อ TAS2R อยู่ประมาณ 25 หน่วย ซึ่งสามารถรับรู้หรือถูกกระตุ้นโดยสารประกอบที่ให้รสขมถึง 1,000 ชนิด พืชจะปกป้องตัวเองโดยการสร้างสารป้องกันแมลงหรือสารพิษต่าง ๆ ได้แก่ ฟีนอล ฟลาโวนอยด์ ไอโซฟลาโวน เทอร์พีน และกลูโคซิโนเลต รวมถึงสร้างสารพฤกษเคมีซึ่งสารเหล่านี้จะมีรสขมจึงช่วยป้องกันพืชจากสัตว์กินพืชและป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคพืช สารรสขมหลายชนิดมักจะอยู่ในโครงสร้างพื้นฐานของพืชผักที่เป็นวัตถุดิบในอาหาร รสขมขึ้นอยู่กับชนิดสายพันธุ์พืช ระยะการสุก-แก่ นอกจากนี้สารรสขมยังสามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน กระบวนการหมัก สารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีน โดยรสขมเหล่านี้เป็นข้อจำกัดในการบริโภค รวมถึงสารพฤกษเคมี รสขมจากพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกายแต่ก็เป็นข้อจำกัดในการบริโภคด้วยเช่นกัน ภาคอุตสาหกรรมอาหารจึงพยายามลดหรือกำจัดสารรสขมเหล่านั้นด้วยการคัดเลือกสายพันธุ์หรือใช้กระบวนการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : รสขม สารประกอบรสขม หน่วยรับรสขม เปปไทด์รสขม การกำจัดรสขม

Story of bitter taste

Thipthida Kaewtathip

Department of Food Chemistry and Physics

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

E-mail : ifrtdk@ku.ac.th

Received 11 September 2022; **Revised** 4 November 2022; **Accepted** 4 January 2023

Highlights

- Source of bitter compounds in plants, food and food products for protect themselves against being eaten by secreting natural pesticides and other toxin
- Approximately 25 TAS2R human bitter taste receptors
- The food industry routinely decrease or removes these bitter compounds in foodstuff for consumer acceptance

Abstract

Humans can detect an instinctive aversion to bitter tastes to prevent them from ingesting poisonous substances. Because many toxins are bitter. Approximately 25 TAS2R bitter taste receptors have been identified in humans. Bitter taste receptors are activated by thousands of bitter compounds. Plants protect themselves against being eaten by secreting natural pesticides and other toxins. Plant-based phenols, flavonoids, isoflavones, terpenes, glucosinolates, and phytonutrients are almost always bitter, these substances may provide a defense against predators or bactericidal or biological activity. Bitter compounds were often in plant foods infrastructure as raw materials in foodstuffs. The degree of bitterness depends on the cultivar, strain, ripening, process heating, fermentation process, substances from oxidation, and peptide from protein hydrolysate generally have a bitter taste are consumption restrictions. Moreover, the bitter phytonutrient content of plant foods is a potent dietary option for health benefits. It is a limitation in consumption as well. The food industry routinely decreases or removes these bitter compounds through selective breeding and a variety of debittering processes for consumer acceptance.

Keywords : bitter taste, bitter compounds, bitter taste receptor, bitter peptide, debittering

บทนำ

ตามธรรมชาติแล้วมนุษย์และสัตว์จำเป็นต้องกินอาหารและย่อยอาหารเพื่อให้ได้รับสารอาหารเข้าสู่ร่างกายในการดำรงชีวิต แต่หากอาหารที่กินเข้าไปมีพิษก็จะมีผลเสียต่อสุขภาพจนกระทั่งถึงเสียชีวิตได้ การรับรู้รสชาติในอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อเป็นการแยกแยะและป้องกันอันตรายจากสารพิษต่าง ๆ โดยธรรมชาติแล้วมนุษย์สามารถรับรู้และแยกแยะรสชาติพื้นฐานได้ 5 กลุ่ม คือ หวาน เปรี้ยว เค็ม ขม และรสชาติอร่อยหรือที่เรียกว่า อูมามิ ซึ่งเป็นรสชาติของสารที่ชื่อว่า โมโนโซเดียมกลูตาเมต แต่อย่างไรก็ตามการแยกแยะกลุ่มการรับรู้รสชาติก็ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่เรื่อยมาว่าจริง ๆ แล้ว การรับรู้รสชาติของมนุษย์นี้มีเพียงแค่ 5 กลุ่ม จริงหรือไม่ แต่ก็มีข้อสรุปมาว่า การรับรู้รสชาติพื้นฐานได้มาจากความชัดเจนในการแยกแยะชนิดของอาหาร เช่น รสอูมามิและรสหวาน จะรับรู้ด้วย caloric detectors ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มอาหารพวกที่มีโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตมาก ซึ่งทั้ง 2 รสชาตินี้เป็นรสชาติที่มนุษย์ชื่นชอบเสมือนเป็นการเติมความสุขให้กับร่างกาย ส่วนรสเค็มเป็นกลไกที่ได้มาจากพัฒนาการของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่วิวัฒนาการขึ้นมาจากสัตว์ที่เคยอาศัยในท้องทะเลขึ้นมาอาศัยอยู่บนบกแต่ยังคงรักษาระดับของโซเดียมเอาไว้ในร่างกายของสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร ในอาหารส่วนใหญ่จะมีโซเดียมและแร่ธาตุอื่น ๆ อยู่ รสเค็มคือการได้รับอนุภาคหรือประจุโปรตรอนและทำให้รับรู้ถึงความเข้มของอาหาร แต่หากได้รับมากเกินไปก็จะเป็นความรู้สึกไม่ชอบหรือต่อต้าน ความสามารถในการรับรู้รสมีความสำคัญต่อการมีชีวิตอยู่เพื่อป้องกันสารที่อันตรายที่อาจเข้าสู่ร่างกาย การรับรสขมได้เป็นสัญชาตญาณอย่างจำเพาะเจาะจงต่อสารพิษที่ได้จากพืช ดังนั้นหน่วยรับรสต้องมีหน้าที่ให้สอดคล้องหรือรองรับกับโมเลกุลรสขมที่อาจมีพิษเพื่อเป็นอวัยวะในการเตือนอันตรายต่อร่างกาย การรับรู้และต่อต้านรสขมเป็นปฏิกิริยาที่มีมาตั้งแต่กำเนิดหรือโดยธรรมชาติ อาหารที่มีรสขมจะเป็นที่ไม่ยอมรับและไม่กินอาหารนั้น พฤติกรรมที่ตอบสนองนี้เป็นพฤติกรรมที่ป้องกันสารที่อาจเป็นอันตรายเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ สารเคมีสังเคราะห์ หรือสารที่ได้จากไขมันที่เสียสภาพจนเกิดการเหม็นหืนจะช่วยให้ทั้งมนุษย์และสัตว์ปลอดภัยจากสารพิษต่าง ๆ ที่มีรสขมได้ รสขมทำให้ร่างกายแยกแยะได้ว่าอาจเป็นเพราะผักผลไม้นั้นดิบหรืออาหารนั้นได้เกิดการเสื่อมเสียแล้ว รสขมที่อาจเป็นพิษหรือสารพิษแทบทุกชนิดจะมีรสขมซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากพืชและมีพืชประมาณร้อยละ 10 ที่อาจมีสารพิษจากสารไกลโคไซด์หรือสารอัลคาลอยด์ พืชหลายชนิดมีรสขม เช่น มันฝรั่ง มันเทศ พืชตระกูลถั่ว พืชตระกูลกะหล่ำ แตงกวา ฟักทอง ซูกินี พืชตระกูลน้ำเต้า ผักกาด ผักโขม และผักเคล โดยปกติแล้วมีพืชประมาณ 2,500 ชนิด ที่จะสังเคราะห์สารไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides) ซึ่งเป็นสารให้รสขมที่มีพิษเพื่อเป็นการป้องกันสัตว์กินพืชหรือป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคพืชต่าง ๆ รสขมที่เข้มข้นนั้นเป็นรสที่ไม่มีคนต้องการ การรับรู้รสขมในมนุษย์สามารถรับรู้ได้ตั้งแต่เกิด ทารกแรกเกิดสามารถรับรู้และแสดงพฤติกรรมตอบสนองหรือต่อต้านรสขมได้เป็นอย่างดี สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิดก็มีพฤติกรรมต่อต้านหรือหลีกเลี่ยงสารรสขมเช่นเดียวกับมนุษย์รวมทั้งสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ซึ่งพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงรสขมก็สามารถพบได้ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังด้วยเช่นกัน[1-2]

การรับรู้ได้ถึงรสขมเป็นปัญหาสำคัญในอาหารบางประเภทรวมทั้งอุตสาหกรรมทางยาเนื่องจากมีผลต่อการไม่ยอมรับและส่งผลต่อการกลืน ดังนั้นส่วนใหญ่แล้วรสขมคือ ข้อจำกัดในการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ในบางกรณีอาหารหรือเครื่องดื่มบางกลุ่มที่มีรสขมกลับได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เช่น กาแฟดำ ชาดำ เบียร์ ไวน์แดง ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ตระกูลเกรปฟรุตหรือเลมอน ดังนั้นการรับรสขมในมนุษย์อาจไม่ได้บ่งชี้ถึงความเป็นพิษในอาหารเสมอไป อีกทั้งความสามารถในการรับรสขมหรือทนรสขมได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ[3-4] รสขมบางส่วนจะเกิดจากกระบวนการหมักโดยใช้เอนไซม์หรือการใช้สารเคมี (กรดหรือด่าง) เช่น รสขมของโปรตีนไฮโดร-ไลเสต ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนได้เปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลแตกต่างกันและกรดอะมิโนอิสระ ส่งผลให้โครงสร้างสมบัติเชิงหน้าที่บางประการและคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนดั้งเดิมเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ก็มีผลทำให้เกิดรสขมได้ การย่อยโปรตีนบางส่วนอาจมีผลให้เกิดรสขมมากเกินไป เนื่องจากกรดอะมิโนอิสระบางชนิดให้รสขม เช่น อาร์จินีน เมทไทโอนีน ฮีสติดีน วาลีน และไอโซลิวซีน เป็นต้น[9] เปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถ้ามีกรดอะมิโนเหล่านี้อยู่จะทำให้เกิดรสขมได้ จนไปลดคุณภาพการรับรสของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ลงได้ เปปไทด์ที่ให้รสขมหลายชนิดได้จากอาหารที่มีโปรตีนสูงและโปรตีนนั้นถูกย่อย แต่ก็ไม่ใช่เปปไทด์ทั้งหมดจะมีรสขม ซึ่งเปปไทด์หลาย ๆ ชนิดมีส่วนให้รสชาติอร่อยของอาหาร ยกตัวอย่าง การย่อยโปรตีนปลาด้วยกรดได้เป็นโอลิโกเปปไทด์ คือ เปปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนอยู่ในช่วง 3-20 โมเลกุล มาเรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์เป็นสายยาวซึ่งจะมีกลิ่นช่วยเพิ่มคุณภาพคล้ายกับโมโนโซเดียมกลูตาเมต อีกทั้งอ๊อก-ตะเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยเนื้อวัวด้วยเอนไซม์ซึ่งจะได้เปปไทด์ที่ให้รสชาติเป็นที่ชื่นชอบ แต่ไม่ได้มีปริมาณมากพอหรือเข้มข้นเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหาร นอกจากนี้ยังมีแอสปาร์แตมให้รสที่หวานมากแทนที่จะเป็นรสขมจากการย่อย[3,5]

มนุษย์มีหน่วยรับรสขมและจะถูกถอดรหัสโดยหน่วยรับรสขม 2 หน่วย คือ TAS2R หรือ T2Rs และหน่วยคู่โปรตีนจี (G-Protein-Coupled Receptors, GPCRs) ซึ่งมีประมาณ 25 หน่วย หน่วยรับรส TAS2R สามารถรับรู้ถึงสารเคมีหรือสารประกอบที่ให้รสขมหลายชนิดในรูปแบบที่หลากหลาย หน่วยรับรสขมเหล่านี้จะถูกกระตุ้นโดยสารประกอบที่ให้รสขมถึง 1,000 ชนิด จากอนุพันธุ์ของสารเคมีในกลุ่มต่าง ๆ สารประกอบเหล่านั้นจะกระตุ้นหน่วยรับรสขมบางครั้งหน่วย TAS2R สามารถรับรสสารประกอบรสขมบางชนิดได้โดยตรงหรืออาจรับรสขมจากอนุพันธ์ของสารประกอบรสขมนั้น แม้ว่าหน่วยรับรสจะกำเนิดมาพร้อม ๆ กัน แต่ความสามารถในการรับรู้รสหรือแบ่งแยกแตกต่างกัน ความหลากหลายของหน่วยรับรสและหน่วยที่ทำหน้าที่คล้ายกันหรือใกล้เคียงสามารถรับรู้รสขมได้จากคุณสมบัติทางเคมีกายภาพหรือคุณสมบัติทางโครงสร้างของสารนั้น ๆ ได้ การทำงานของหน่วยรับรสขมในระหว่างการกลืนและการต่อต้านอาหารรสขมนั้นเป็นกระบวนการที่มีตั้งแต่กำเนิดของมนุษย์รวมทั้งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม[5-6] ในมนุษย์จะมีตุ่มรับรส (taste bud) อยู่ที่ปุ่ม (papillae) ในช่องปาก คือ บริเวณผิวลิ้น เพดานอ่อน คอหอยและกล่องเสียง ปุ่มที่

มีตุ่มรับรสนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ ปุ่มรูปเห็ด (fungiform papillae) ปุ่มรูปใบไม้ (foliate papillae) และปุ่มเซอร์คัมแวลเลตหรือปุ่มล้อมด้วยกำแพง (circumvallate papillae) นอกจากนี้ยังมีปุ่มเส้นด้าย (filiform papillae) ซึ่งมีมากที่สุดกระจายไปตามผิวลิ้นประมาณ 2/3 ของด้านหน้าลิ้น ปุ่มเส้นด้ายเป็นตัวกำหนดลักษณะของเนื้อลิ้น มีหน้าที่ทำให้รู้สึกถึงเนื้อสัมผัสของอาหาร แต่ไม่มีตุ่มรับรสจึงไม่มีส่วนในการรู้รส การรับรสจะมีการถ่ายทอดสัญญาณจากปุ่มรับรสไปยังสมองผ่านทางเส้นประสาทที่ซับซ้อน

การรับรสจากปุ่มรับรสรูปเห็ดจะส่งสัญญาณไปยังสมองโดยผ่านทางเส้นประสาทคอร์ดาทิมพานี (chorda tympani nerve) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า CT แต่ถ้าเป็นการรับรสจากปุ่มรูปใบไม้จะส่งสัญญาณไปยังสมองโดยผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 (glossopharyngeal nerve) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า GP การตรวจทางสรีรวิทยาไฟฟ้าหัวใจในหนูพบว่าเส้นประสาทระหว่าง CT และ GP ทำงานตอบสนองต่อความขมที่มากระตุ้นแตกต่างกัน[6] นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาพบว่า ยังมีหน่วยรับรสขมที่ไม่ได้อยู่ภายในเนื้อเยื่อช่องปาก เช่น สมอง ระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ ระบบสืบพันธุ์รวมถึงต่อมไทรอยด์ เป็นต้น ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการรับรสขมได้นั้นเกี่ยวข้องกับการป้องกันอันตรายในการบริโภคอาหารที่มีพิษ เนื่องจากสารมีพิษหลายชนิดส่วนใหญ่มีรสขม แต่ก็มีสารพิษหลายชนิดที่ไม่มีรสขมแต่มีความเป็นพิษ เช่น สารหนูและแทลเลียม อย่างไรก็ตามสารรสขมหลายชนิดกลับมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารฮัมมูโลนในเบียร์ คาเฟอีนในกาแฟ และสารประกอบพอลิฟีนอลในชาเขียว[7]

สารรสขม (bitter substances)

สารรสขมหลายชนิดมีอยู่ในอาหารมักจะอยู่ในโครงสร้างพื้นฐานของพืชผักที่เป็นวัตถุดิบในอาหาร และสารรสขมยังสามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปหรือการให้ความร้อนต่าง ๆ เช่น การคั่วกาแฟ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรวมตัวกันของน้ำตาลและกรดอะมิโนหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด กระบวนการหมัก เช่น ชีส หรือสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสารรสขมที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีน ซึ่งรสขมจะเกี่ยวข้องกับการไม่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งมีข้อดีคือทำให้ผู้บริโภคปลอดภัยจากสารพิษที่มีรสขมในกลุ่มอัลคาลอยด์หรือสารไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) หรืออาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษต่าง ๆ นอกจากนี้สารเคมีต่าง ๆ ที่พืชผลิตออกมา เช่น สารไฟโตนิวเทรียนท์หรือสารพฤกษเคมี (phytonutrients) ก็ผลิตออกมาเพื่อให้พืชปกป้องตัวเองจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดีต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อราหรือแบคทีเรีย รวมถึงการป้องกันตัวเองจากผู้ล่า ซึ่งมีทั้งระดับความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีที่จะเป็นการรักษาตัวเองเมื่อพืชได้รับการบาดเจ็บ หรืออาจจะเป็นระดับความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีสูงเพื่อเป็นอันตรายต่อผู้ล่าต่าง ๆ ซึ่งสารพฤกษเคมีที่ให้รสขมบางชนิดดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้มีสารพฤกษเคมีรสขมหลายชนิดที่ให้ประโยชน์กับร่างกายดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างสารรสขมบางชนิดและระดับที่ผู้บริโภครับรู้รสขม[1,2,8]

ตารางที่ 1 สารพฤกษเคมีที่ให้รสขมบางชนิด

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
สารประกอบฟีนอลิก			
ฟลาโวโนน (flavanones)	นารินจิน (naringin)	- ผิวเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม	2,701-4,319 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เปลือกด้านในของผลไม้ตระกูลส้ม	1,301–15,592 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อในของผลไม้ตระกูลส้ม	13,285–17,603 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เมล็ดของผลไม้ตระกูลส้ม	295–2,677 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผลอ่อนของผลไม้ตระกูลส้ม	97,920–144,120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	300–750 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Oroblanco	346-489 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Melogold	413-580 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวน (flavones)	แทนเจอรีติน (tangeretin)	- ผลส้ม	0–30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	0.2–0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
	โนบิเลติน (nobiletin)	- ผลส้ม	14-112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	2.7-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	1.8-2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร
	ไซเนนซีติน (sinensetin)	- ผลส้ม	14-46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	1.7-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวนอล (flavonols)	เควอซิติน (quercetin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำมะนาว	7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ฟลาโวนอล (flavonols)	เควอซิทิน (quercetin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำมะนาว	7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผักชิโครี	1.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกฮอปส์สด	700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ไวน์	4.1-16 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	10-25 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	13 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาเขียว	14-23 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาแวน (flavans)	คาเทชิน (catechins)	- ไวน์แดง	11.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาเขียว	13.19.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	6.0-6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	9.2-15.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิคาเทชิน (epicatechin)	- ไวน์แดง	7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผงโกโก้ไขมันต่ำ	940-2,470 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผงโกโก้สำเร็จรูป	180-230 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- น้ำชาเขียว	105-118 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	63.5-68 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	16.8-35 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิคาเทชินแกลเลต (epicatechin gallate)	- น้ำชาเขียว	152.2-223 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	182.8-227.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	114-168 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin)	- น้ำชาเขียว	186-257 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	182.4-242 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	17-50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ฟลาแวน (flavans)	อิพิกัลโลคาเทชินกัลเลต (epigallocatechin gallate)	- น้ำชาเขียว	237.2-330.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	251.2-307.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	96.8-110.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวนอยด์ (flavonoid)	คาเทชิน (catechins) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 500	- ไวน์แดง	1,000-3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ไวน์กุหลาบ	200 มิลลิกรัมต่อลิตร
	คาเทชิน (catechins) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500 (แทนนิน)	- ไวน์แดง	รสไม่ขมแต่มีรสฝาด
		- แอปเปิลไซเดอร์	รสไม่ขมแต่มีรสฝาด
	พอลิฟีนอล	- ผงโกโก้ไขมันต่ำ	8,380-31,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผงโกโก้สำเร็จรูป	1,370-4,460 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ไอโซฟลาโวน (isoflavone)	เจนิสติน (genistein) และเดดซีน (daidzein)	- ถั่วเหลือง	24-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เศษถั่วเหลืองพร่องไขมัน	51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม	67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อเทียมไส้เบอร์เกอร์	14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เต้าหู้	29-78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ไตรเทอร์พีน (triterpenes)			
ลิโมนอยด์ อะกลีโคน (limonoid aglycones)	ลิโมนิน (limonin)	- น้ำมะนาว	12.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้ม	9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	11.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเขียวหวาน	34.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผิวเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม	6.1-42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เปลือกด้านในของผลไม้ตระกูลส้ม	11.6-65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อในของผลไม้ตระกูลส้ม	103-525 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เมล็ดของผลไม้ตระกูลส้ม	1,188-1,885 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ไตรเทอร์พีน (triterpenes)			
ลิโมนอยด์ อะกลีโคน (limonoid aglycones)	โนมิลิน (nomilin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	0.1-1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Oroblanco	0.4-0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Melogold	0.9-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
สารประกอบอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์ (organosulfur compounds)			
กลูโคซิโนเลต (glucosinolates)	ซินิกริน (sinigrin)	- กะหล่ำปลี	70-410 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- กะหล่ำดาว	110-1,560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกกะหล่ำ	10-630 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- หัวผักกาด	0-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลีพันธุ์ Calabrese	0-10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลี	0-16 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักคะน้า	625-1,973 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักเคล	0-287 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักกาดเขียว	6,930-7,790 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
	โปรโกอิทริน (progoitrin)	- กะหล่ำดาว	100-1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- กะหล่ำ	10-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกกะหล่ำ	0-140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- หัวผักกาด	90-830 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลีพันธุ์ Calabrese	0-82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	กลูโคบราสซิซิน (glucobrassicin)	- กะหล่ำดาว	220-1,110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : (2)

ตารางที่ 2 สารพฤกษเคมีรสขมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

สารพฤกษเคมีรสขม	**แหล่ง**	**ประโยชน์ต่อร่างกาย**
สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ - เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน ลูทีน แซนโทรฟิล	มะเขือเทศ แครอท มันเทศ แตงโม ผักโขม	- ต้านอนุมูลอิสระ - เพิ่มปริมาณเซลล์ส่งสัญญาณ - ลดความเสี่ยงจอประสาทตาเสื่อม
สารในกลุ่มลิโมนอยด์ - ดีลิโมนิน ลิโมนินไกลโคไซด์	ผลไม้ตระกูลส้ม	- เสริมสร้างเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ปกป้อง - เป็นสารเคมีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในร่างกาย
สารในกลุ่มฟีนอลฟลาโวนอยด์ - คาเทชิน แอนโธไซยานิน โปรแอนโธไซยานิดิน นารินจิน เควอซิติน แทนเจอรีติน กิงโกะ	ชา เบอร์รี ไวน์ ผลไม้ตระกูลส้ม แอปเปิล ผักกาดหอม ชิกโครี แครนเบอร์รี หัวหอม ผักเคล	- ต้านอนุมูลอิสระ - เพิ่มเอนไซม์ที่ช่วยในการต้านโรคมะเร็ง - ลดโรคหลอดเลือดฝอยเปราะ - ป้องกันการอักเสบ
สารในกลุ่มไอโซฟลาโวน - เจนิสติน เดดซีน ไกลไคริซิน ไอโซคูมาริน	มิโสะ นมถั่วเหลือง เต้าหู้ ชะเอมเทศ แคร์รอต	- ช่วยเผาผลาญสารเอสโทรเจน - เพิ่มเอนไซม์ที่ช่วยในการต้านโรคมะเร็ง - ลดคอเลสเตอรอล
สารในกลุ่มกรดฟีนอลิก - กรดแกลลิก กรดเอลลาจิก กรดคาเฟอิก ไอโซคูมาริน	ชา สตรอว์เบอร์รี บลูเบอร์รี แอปเปิล ส้ม องุ่น มันฝรั่งขาว น้ำองุ่น กาแฟ พรุน	- เพิ่มเอนไซม์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย - ต้านอนุมูลอิสระ - ยับยั้งสารก่อมะเร็งไนโตรซามีน
สารในกลุ่มกลูโคซิโนเลตหรือสารไอโซไทโอไซยาเนต - อัลลิลไอโซไทโอไซยานิด	ผักกะหล่ำ ผักเคล กะหล่ำดาว บรอกโคลี	- เพิ่มเอนไซม์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย - ลดกระบวนการเติมหมู่เมทิลเข้าในสายดีเอ็นเอเพื่อลดความชราในร่างกาย
สารในกลุ่มพอลิฟีนอล - แทนนินและเรสเวอราทรอล	ไวน์	- ยับยั้งการเกิดเนื้องอกระยะต้นและระยะกลาง - ยับยั้งการอักเสบ - ต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา : (1)

ตารางที่ 3 สารรสขมบางชนิดและระดับที่ผู้บริโภครับรู้รสขม

กลุ่มของสารประกอบ	สารรสขม	ระดับที่รับรู้ (มิลลิโมลาร์)
กรดไขมันไฮดรอกซี	9-Hydroxy-10t,12c-octadecadienoic acid	6.5–8.0
(hydroxy fatty acids)	9,10,13-Trihydroxyoctadeca-10-enoic acid	0.6–0.9
และกรดไขมัน (fatty acids)	9c-Octadecenoic acid	9.0–12.0
	9c,12c,15c-Octadecatrienoic acid	0.6–1.2
	5c,8c,11c,14c-Eicosatetraenoic acid	6.0–8.0
เปปไทด์ (peptides)	Alanine-Leucine	18–22
	Leucine-Valine-Leucine	2.0
	Phenylalanine-Glycine-Phenylalanine-Glycine	1.0–1.5
กรดอะมิโน (amino acids)	L-valine	20
	L-phenylalanine	4.5-7.0
	L-tyrosine	4.0-6.0
เอมีน (amines)	Propylamine	15-25
	Butylamine	4.0–8.0
	Pentylamine	1.5–2.0
	Dodecanylamine	0.3–0.5
	Diacetylamine	5.0–15
	Triacetylamine	2.0–3.0
อะซาไซโคแอลเคน	Azacyclopentane	8.0–12
(azacycloalkanes)	Azacyclohexane	0.6–1.0
สารประกอบเอ็นเฮเทอโรไซคลิก	Pyrazole	15–20
(N-Heterocyclic	Imidazole	4.0–8.0
compounds)	Piperidine	8.0–12
	Piperazine	20–30
	Pyridine	1.0–3.0
	Adenine	2.0–4.0
	Adenosine	3.0–6.0
	Hypoxanthine	4.5–6.0
เอไมด์ (amides)	Propionamide	50–55
	N-methylacetamide	10–15
	Benzamide	0.8–1.0
	Denatonium benzoate	0.00001–0.00002
	Thioacetamide	1.0–2.0
	N-phenylthioacetamide	0.01–0.02
	Delta-valerolactam-2-piperidinone	3.0–4.0

ตารางที่ 3 (ต่อ)

กลุ่มของสารประกอบ	สารรสขม	ระดับที่รับรู้ (มิลลิโมลาร์)
	Saccharin	~0.3
ยูเรีย (ureas)	Urea	60–70
ไทโอยูเรีย (thioureas)	N-methylurea	35–40
คาร์บาไมด์ (carbamides)	N-ethylurea	20–25
	N-butylurea	5.0–7.5
	N-phenylurea	4.0–6.0
	N-methylthiourea	0.5–0.6
	N,N-dimethylcarbamate	5.0–8.0
เอสเทอร์ (esters)	Ethylbenzoate	2.0–5.0
	4-Ethylhydroxybenzoate	4.0–6.0
	4-Aminohydroxybenzoate	2.0–5.0
แลคโตน (lactones)	Butyrolactone	50–60
	Ethyl-γ-butyrolactone	10
	Butyl-γ-butyrolactone	0.2–2.0
สารประกอบคาร์บอนิล	2-Pentanone	25–35
(carbonyl compounds)	2-Octanone	3.5–4.0
	2-Decanone	1.0–1.5
	Cyclooctanone	2.0–4.0
ฟีนอล (phenols)	1,2-Dihydroxybenzene	5.0–10
	1,3-Dihydroxybenzene	5.0–15
	1,2,3-Trihydroxybenzene	6.0–8.0
คราวน์อีเธอร์	12-Crown-4-ether	12–15
(crown ethers)	18-Crown-6-ether	0.5–0.7
	Dibenzo-18-crown-6-ether	0.01–0.013
อัลคาลอยด์ (alkaloids)	Caffeine	0.2
	Nicotine	0.019
	Atropine	0.1
	Cocaine	0.5
	Quinine	0.01
	Strychnine	0.002
	Morphine	0.5
	Cholcicine	0.01
ประจุของโลหะ	KI	6.4
(metal ions)	$CaSO_4$	3.7
	$MgSO_4$	4.2

ที่มา : (1)

เปปไทด์ที่ให้รสขมจากการย่อยโปรตีน (bitter peptides in protein hydrolysates)

เป็นที่ทราบกันว่าสารหลาย ๆ ชนิดที่อยู่ในอาหารมีผลต่อรสชาติอาหาร เช่น เปปไทด์ ซึ่งเปปไทด์เป็นอนุพันธ์ของโปรตีนและพบในอาหารมากมายหลายชนิดรวมทั้งอาหารที่ได้จากกระบวนการหมักด้วย ได้แก่ มิโสะ ซอสถั่วเหลือง น้ำปลา นัตโตะ คัตสึโอะบุชิ (ปลาแห้งญี่ปุ่น) ชีส และสาเก เป็นต้น การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสหรือการหมักมักจะทำให้เกิดรสขมเนื่องมาจากการได้เปปไทด์รสขมในระหว่างการหมักหรือการย่อยนั้น ในปี ค.ศ. 1952 มีการศึกษาพบว่า การย่อยเจลาตินและเคซีนทำให้เกิดรสขมที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ แต่รสขมจากการย่อยเคซีนสามารถทำให้ลดลงโดยใช้ถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเปปไทด์รสขมได้เป็นอย่างดี จากการสังเกตเบื้องต้นพบว่า รสขมนั้นได้มาจากเปปไทด์มากกว่ากรดอะมิโนอิสระ และเปปไทด์จะสามารถดูดซับได้ในสารดูดซับที่ไม่ชอบน้ำ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า รสชาติแรกที่สัมผัสได้ในชีสคือรสขมเนื่องมาจากเปปไทด์ ซึ่งช่วงระหว่างระยะเวลาการบ่มมีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมผลิตชีสจึงได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เป็นที่ทราบกันอย่างชัดเจนแล้วว่า เคซีนจะผลิตรสขมภายหลังการย่อย รวมถึงโปรตีนที่ถูกย่อยโดยเอนไซม์โปรติเอสจะทำให้เกิดโครงสร้างของสารที่ให้รสขมเสมอ คุณสมบัติของรสชาติโปรตีนที่ถูกย่อยจะขึ้นกับชนิดของโปรตีนและเอนไซม์ที่ย่อยนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมสดมักไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคเนื่องจากรสขมที่เกิดขึ้นซึ่งก็คือเปปไทด์ที่ให้รสขมนั่นเอง[5]

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองได้รับความนิยมมากเพราะเป็นแหล่งของโปรตีนที่ได้จากพืชที่ดีต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ มีงานวิจัยพบว่า การลดขนาดโครงสร้างและลดขนาดโมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลืองชนิด 11S glycinin โดยใช้เอนไซม์ทริปซินให้มีขนาดลดลงในช่วง 0.36–2.1 กิโลดาลตัน มีผลทำให้เกิดรสขม นัตโตะซึ่งเป็นถั่วหมักของประเทศญี่ปุ่นทำจากถั่วเหลืองที่ถูกหมักหรือย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรีย โดยรสขมที่เกิดขึ้นในนัตโตะได้มาจากกระบวนการย่อยที่ไม่สมบูรณ์หรือการหมักที่ไม่เพียงพอ กรดอะมิโนที่ต่อกันเป็นสายเปปไทด์มีผลต่อรสขมซึ่งแสดงให้เห็นได้จากปลายทั้งทางด้าน N-terminus (ปลายทางด้านเอมีนอิสระ, -NH_2) สู่ทางด้าน C-terminus (ปลายทางด้านกรดคาร์บอกซิลิก) ของเปปไทด์[4]

รสขมของเปปไทด์ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนที่มาต่อกันเป็นสายเปปไทด์ โพรลีนคือกรดอะมิโนที่มีผลต่อรสขมของเปปไทด์โดยตรง หากโครงสร้างของเปปไทด์ชนิดนั้นมีกรดอะมิโนโพรลีนอยู่ด้วยจะมีผลให้เกิดรสขม นอกจากนี้กรดอะมิโนไกลซีน อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไทโรซีน และฟีนิลอะลานีน ก็มีส่วนทำให้เกิดรสขมในโครงสร้างของเปปไทด์ได้[9]

สารประกอบฟีนอลและแทนนินที่ให้รสขม (bitter phenols and tannins)

สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกจะมีรสขมและรสฝาด ซึ่งมีอยู่ในอาหารและเครื่องดื่มหลาย ๆ ชนิด สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในอาหารมีมากกว่า 15 กลุ่ม ตั้งแต่โมเลกุลของฟีนอลิกขนาดเล็กไปจนถึงพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยที่สารในกลุ่มฟลา-

โวนอยด์คือ กลุ่มที่ใหญ่และสำคัญที่สุด ซึ่งมีสารมากกว่า 5,000 ชนิด เช่น ฟลาโวโนน ฟลาโวนอล ฟลาโวน ไอโซฟลาโวน ฟลาแวน (คาเทชิน) และแอนโทไซยานิน เป็นต้น สารพอลิฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า 500 ที่รู้จักกันดีในพืช คือ แทนนิน ในส่วนของสารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็กก็มีแนวโน้มให้รสขมด้วยเช่นกัน แต่สารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่จะให้รสฝาด สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ ซึ่งถูกสร้างโดยพืชเพื่อป้องกันเชื้อโรค ปรสิต และสัตว์กินพืชต่าง ๆ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชผักมีผลต่อระดับความขม ซึ่งมีปัจจัยมาจากยีน สายพันธุ์ การงอก ระดับความแก่-สุก สภาวะสิ่งแวดล้อม รวมถึงกระบวนการแปรรูปและสภาวะการเก็บรักษา ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชทั้งสิ้น รสขมที่ได้จากสารประกอบฟีนอลิก เช่น เควอซิทิน เป็นสารให้รสขมที่มีอยู่มากในผลแอปเปิลที่ยังอ่อนรวมถึงในผลไม้ชนิดอื่น ๆ โดยปกติแล้วสารประกอบฟีนอลิกจะมีอยู่ปริมาณมากในเมล็ดหรือเมล็ดที่กำลังงอกมากกว่าที่จะพบในพืชที่ยังอ่อน ซึ่งเชื่อว่าเพื่อปกป้องเมล็ดหรือพืชที่มีการงอกรากออกจากเมล็ดให้ปลอดภัยจากศัตรูพืชและสัตว์ต่าง ๆ สารประกอบพอลิฟีนอลหรือสารแทนนินมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงเนื่องจากไปลดการดูดซึมของโปรตีนหรือธาตุเหล็ก แทนนินพบมากในธัญพืช เช่น ข้าวฟ่าง ลูกเดือย ข้าวบาเล่ย์ พืชตระกูลถั่ว ผลไม้ ชา ไวน์ และพืชที่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ นอกจากนี้การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนนิน โปรตีน สตาร์ชหรือแป้ง และเอนไซม์ย่อยอาหารมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงได้[2]

สารฟลาโวนอยด์ที่ให้รสขมในพืชตระกูลซิตรัส (bitter flavonoids in citrus fruit)

ฟลาโวนอยด์ในผลไม้ตระกูลซิตรัส รวมถึงฟลาโวโนน (นารินจิน) ฟลาโวน (โนบิเลติน) และฟลาโวนอล (เควอซิทิน) รวมทั้งสารประกอบฟลาโวนโพลีเมทอกซิเลต เช่น สารแทนเจอรีตินและสารโนบิเลตินที่มีอยู่มากในผิวของผลไม้ที่ยังอ่อนและเป็นสารรสขมอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของผลไม้ตระกูลส้ม ฟลาโวนอยด์รสขมมีฤทธิ์ป้องกันแบคทีเรียหรือมีผลทำให้รสชาติของพืชนั้นไม่เป็นที่ต้องการของแบคทีเรีย ซึ่งระดับความขมของฟลาโวนอยด์นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสายไกลโคไซด์ สารนารินจิน คือ flavanone neohesperidoside และ neohesperidin ซึ่งให้รสที่ขมมาก ในขณะที่สารเฮสเพอริดินไม่มีรสขม ส่วนสารนีโอเฮสเพอริดินไดไฮโดรชาลโคนเป็นสารให้รสหวานมาก สารนารินจินมีมากในใบอ่อนและในผลไม้ที่ยังอ่อน ปริมาณของนารินจินในน้ำองุ่นมีประมาณ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปัญหาคือหากเป็นองุ่นนอกฤดูกาลจะมีผลทำให้ปริมาณนารินจินสูงขึ้นมาถึง 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ ซึ่งมีผลให้น้ำองุ่นนั้นมีรสขมจนไม่เป็นที่ยอมรับ นอกเหนือจากผลของการปลูกต่อรสขมแล้ว กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ก็มีผลต่อรสขมด้วยเช่นกัน ลิโมนินซึ่งเป็นสารไตรเทอร์ปีน ก็เป็นสารให้รสขมในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ตระกูลส้มด้วยเช่นกัน นอกจากนี้สารตั้งต้นของลิโมนินซึ่งไม่มีรสชาติแต่จะถูกปลดปล่อยจากเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายและเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารลิโมนิน ทำให้เกิดรสขมขึ้น สารให้รสขมในกลุ่มฟลาโวนอยด์และลิโมนอยด์เป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมผลไม้ตระกูล

ส้ม จึงมีความพยายามในการลดรสขมในผลไม้ตระกูลส้มโดยการลดหรือขจัดสารนารินจินและลิโมนิน[2]

สารประกอบฟีนอลิกที่ให้รสขมในชาและช็อกโกแลต (bitter phenolic compounds in tea and chocolate)

สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ คาเทชินและอิพิคาเทชินที่มักพบในชา ซึ่งอิพิคาเทชินจะให้รสขมมากกว่าคาเทชิน ส่วนในชาเขียวมักจะพบสารประกอบพอลิฟีนอลที่ชื่อว่า เอพิกัลโลคาเทชินกัลเลต ชาเขียวญี่ปุ่นจะมีปริมาณของคาเทชินและเอพิกัลโลคาเทชินมากกว่าชาดำและชาอู่หลงจึงทำให้มีรสขมมากกว่าด้วย รสขมในชาเป็นการรวมตัวกันของสารหลาย ๆ ชนิด เช่น คาเทชิน ซาโปนิน คาเฟอีน และกรดอะมิโน โดยการให้รสขมหรือรสฝาดในชาจะขึ้นกับขนาดโครงสร้างหรือน้ำหนักโมลกุลของสารคาเทชิน โดยปกติแล้วซาโปนินจะให้ลักษณะฉุน ส่วนรสขมในช็อกโกแลตได้มาจากสารคาเทชินซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูง เมล็ดโกโก้ที่ผ่านกระบวนการหมักเพื่อจะนำมาทำช็อกโกแลตจะมีอิพิคาเทชิน พอลิฟีนอล และแอนโธไซยานิน ซึ่งแอนโธไซยานินคือไกลโคไซด์ของแอนโธไซยานิดินที่จับอยู่กับน้ำตาล สารคาเทชินในช็อกโกแลตจะมีทั้งรสขมผสมรสหวานตอนปลาย หรือรสขมและรสฝาด กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้จะทำให้เกิดโครงสร้างพอลิเมอร์ของสารคาเทชินและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนร่วมกับโปรตีนได้ การยอมรับรสขมของการหมักของเมล็ดโกโก้จะมีปริมาณของสารที่ชัดเจน เช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต้องไม่เกิน 58 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ สารแทนนินไม่เกิน 31 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ และสารอิพิคาเทชินไม่เกิน 3 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ นอกจากสารคาเทชินจะให้รสขมในช็อกโกแลตแล้ว ยังมีงานวิจัยที่บอกว่า รสขมในช็อกโกแลตสามารถเกิดได้จากสารคาเฟอีน สารธีโอโบรมีนซึ่งให้ลักษณะรสขมร่วมกับให้กลิ่นโลหะ รวมถึงสารธีโอโบรมีนที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับสารไดคีโทปิเพอราซีนในระหว่างการให้ความร้อนช็อกโกแลต ซึ่งสารไดคีโทปิเพอราซีนให้ลักษณะกลิ่นมอลต์คั่ว[2]

สารประกอบฟีนอลิกรสขมในไวน์แดง (bitter phenolic compounds in red wine)

สารประกอบฟีนอลิกในไวน์มีตั้งแต่สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็ก คือ คาเทชิน ไปจนถึงสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ คือ แทนนิน การรับรู้รสขมและรสฝาดแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารคาเทชินและแทนนินในเมล็ดองุ่น สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น สารคาเทชินและอิพิคาเทชินจะให้รสขมมากว่ารสฝาด แต่ถ้าสารมีน้ำหนักโมเลกุลมากขึ้น เช่น พอลิ-เมอร์ของสารคาเทชินจะเปลี่ยนเป็นให้รสฝาดแทน ดังนั้นสารประกอบพอลิฟีนอลในไวน์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500 เช่น แทนนินในเมล็ดองุ่นจะให้รสฝาดมากกว่ารสขม จากการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า สารอิพิคาเทชินในไวน์แดงจะให้รสขมและรสฝาดมากกว่าสารคาเทชิน ปกติแล้วปริมาณฟีนอลิกในองุ่นจะอยู่ในช่วง 2-4 มิลลิกรัมต่อกรัมของเนื้อองุ่น อย่างไรก็ตามฟีนอลในไวน์มาจากเปลือกของผลองุ่นประมาณร้อยละ 30 และมาจากเมล็ดองุ่นร้อยละ 70 ภายหลังจากการหมักไวน์ ปริมาณฟีนอลิกที่อยู่ในผิวและเมล็ดขององุ่นสามารถเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1,000-

3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในไวน์แดง ทั้งนี้ขึ้นกับกระบวนการผลิตไวน์ด้วย การลดรสขมของสารประกอบฟีนอลิกสามารถทำได้โดยการเติมน้ำตาล ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นด้วย[2]

สารไอโซฟลาโวนที่ให้รสขมในถั่วเหลือง (bitter isoflavones in soybeans)

สารเจนิสตินคือ สารให้รสขมและรสฝาดอยู่ในกลุ่มไอโซฟลาโวนกลูโคไซด์ ซึ่งได้จากถั่วเหลืองและทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไอโซฟลาโวนเกี่ยวข้องกับโปรตีนที่อยู่ถั่วเหลือง การสกัดไขมันออกจากแป้งถั่วเหลืองหรือจากโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นโดยใช้เฮกเซนมักจะมีรสขมและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นเหม็นเขียวในถั่ว สารแอลฟีนิลอลานีนและสารไซรินจิกอยู่ในกลุ่มกรดฟีนอลิกที่อยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองซึ่งให้รสขม รสฝาด และรสเปรี้ยว การย่อยด้วยเอนไซม์หรือกรดของโปรตีนถั่วเหลืองมีผลทำให้ได้เปปไทด์ที่มีรสขมรวมทั้งได้กรดไขมันไฮดรอกซีที่มีรสขมด้วย แป้งถั่วเหลืองอาจมีรสฝาดด้วย สารรสขมไอโซฟลาโวนกลูโคไซด์ สารเจนิสตินและสารเดดซีนเป็นสารที่ถูกย่อยจากกระบวนการหมักซึ่งมีผลต่อการยอมรับนมถั่วเหลือง และสารเหล่านี้จะเข้มข้นขึ้นในระหว่างการนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการแปรรูปนมถั่วเหลืองรวมทั้งมิโสะ เต้าเจี้ยว และซอสถั่วเหลือง ซึ่งทั้งสารเจนิสตินและสารเดดซีนเป็นตัวทำให้นมถั่วเหลืองมีรสขม[2]

สารกลูโคซิโนเลตที่ให้รสขมในพืชตระกูลกะหล่ำ (bitter glucosinolates in cruciferous vegetables)

สารอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวเองจากผู้ล่า พืชตระกูลกะหล่ำ (บรอกโคลี กะหล่ำดอก ผักเคล หัวผักกาด ผักคะน้า กะหล่ำดาว กะหล่ำปลี กะหล่ำปม หัวผักกาดสวีเดน ผักกาดขาว และผักกวางตุ้ง) จะมีสารกลูโคซิโนเลตอยู่ในปริมาณ 0.5-1 กรัมต่อกรัมของพืชตระกูลกะหล่ำ ซึ่งสารตัวนี้โดยพื้นฐานแล้วจะมีฤทธิ์ต่อต้านแมลงโดยมีความเป็นพิษต่อแมลง และสารหลักที่มีอยู่ในกะหล่ำปลีและกะหล่ำดาว ได้แก่ ซินิกริน โปรโกอิทริน และกลูโคบราสซิซิน จะมีความเป็นพิษต่อหนู นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงพิษของผักเคลที่มีผลทำให้เกิดโรคคอพอกในคนด้วย และหากอาหารสัตว์มีความเข้มข้นของสารกลูโคซิโนเลตอยู่สูงก็จะเป็นพิษต่อต่อมไทรอยด์ ตับ และไตในวัวนม นอกจากเป็นพิษแล้วยังทำให้เกิดรสขมด้วย ซึ่งสารรสขมกลูโคซิโนเลตในพืชตระกูลกะหล่ำเป็นสารรสขมที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยสารซินิกรินและกลูโคซิโนเลตในกะหล่ำดาวมีผลทำให้เกิดรสขม มีการทดสอบพบว่า ผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่รับรู้ถึงรสขมของสารซินิกรินและกลูโคนาปินได้มาก ในขณะที่ผู้บริโภคจะรับรู้รสขมในสารโปรโกอิทรินและกลูโคบราสซิซินได้น้อยกว่า ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารรสขมซินิกรินที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้คือ 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่สารรสขมไวนิลออกซาโซลิดีนที่ระดับผู้ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้คือ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร[2]

สารพฤกษเคมีที่เป็นพิษและมีรสขม (bitter and toxic phytochemicals)

สารพฤกษเคมีบางชนิดมีรสขมและมีพิษที่อาจทำอันตรายถึงชีวิตได้ บางครั้งพืชตระกูลแตง เช่น แตงกวา ซูกินี น้ำเต้า ฟักทอง และเมลอน อาจมีรสขมจนไม่สามารถรับประทานได้ สารคิวเคอร์บิทาซิน หรือออกซิเจนเนตเตตระไซคลิกไตรเทอร์พีนเป็นสารพิษที่เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะมีผลทำให้ป่วยจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ สารคิวเคอร์บิทาซินให้รสขมที่อยู่ในซูกินีที่มีปริมาณอยู่ในช่วง 50-600 ส่วน ในล้านส่วนจะมีพิษต่อมนุษย์เมื่อรับประทานมากกว่า 3 กรัม ขึ้นไป แตงกวามักจะพบรสขมทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอยู่บ่อยครั้ง ถั่วแดง ถั่วแดงหลวง ถั่วขาว ถั่วตาดำและถั่วลิม่า มีสารรสขมไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ ถั่วลิม่าสีดำมีรสขมมากที่สุดขณะเดียวกันก็มีพิษมากที่สุดเช่นกัน สารรสขมไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์มีอยู่ในเมล็ดของอัลมอนด์ เลมอน มะนาว แอปเปิล ลูกแพร์ เชอร์รี แอพริคอต ลูกพรุน และลูกพลัม สามารถนำมาใช้เป็นสารป้องกันโรคได้[2]

กระบวนการลดรสขม (debittering process)

การรับรสขมและการปฏิเสธรสขมเป็นพฤติกรรมที่มาตั้งแต่กำเนิดของมนุษย์ ในอุตสาหกรรมอาหารมีเป้าหมายในการพยายามลดรสขมในอาหารให้ได้มากที่สุดหรือต้องถูกกำจัดออกเพื่อเพิ่มการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งการพยายามลดหรือการกำจัดรสขมในอาหารอาจส่งผลต่อการลดคุณค่าสารอาหารหรือประโยชน์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย[7] เนื่องจากรสขมไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจึงเป็นข้อจำกัดในผลิตภัณฑ์อาหารหรือจำเป็นต้องปรับปรุง เช่น ใช้การปกปิดรสขม ตัวอย่างอาหารบางชนิด ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว ผลไม้ และวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารนิยมใช้เทคโนโลยีการพัฒนาหรือปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อเน้นการลดรสขมตั้งแต่ต้นหรือการหลีกเลี่ยงการทำงานของเอนไซม์ในสภาวะต่าง ๆ เพื่อไม่ให้เกิดรสขมขึ้นในอาหาร ยกตัวอย่างในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้มีการนำส้มที่เป็นวัตถุดิบหลักมาผ่านกระบวนการลดรสขมโดยการกำจัดสารนารินจีนินหรือนารินจิน-7-โอกลูไซด์ที่ให้รสขมให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้ในการกรองสารพอลีฟีนอลออกเพื่อลดความขุ่นในน้ำแอปเปิลซึ่งจะช่วยในเรื่องลดรสขมหรือรสฝาดลงได้ด้วยเช่นกัน ปัจจุบันปัญหาเรื่องรสขมในผลิตภัณฑ์อาหารกลับมาเป็นปัญหาหลักอีกครั้ง เนื่องจากความต้องการอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในเรื่องของการลดปริมาณน้ำตาล ลดไขมัน รวมทั้งการลดปริมาณโซเดียมในอาหาร โดยการเติมสารทดแทนต่าง ๆ ทำให้อาหารมีรสชาติเปลี่ยนไป เช่น มีรสเปรี้ยว รสขม หรือรสฝาดมากขึ้น สารให้ความหวานสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะให้รสขมหรือรสฝาดภายหลังการกลืน ส่วนสารทดแทนเกลือหรือทดแทนโซเดียมรวมทั้งโพแทสเซียมคลอไรด์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้มากมายแต่ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องรสขมมากเช่นกัน ซึ่งนั่นเป็นปัญหาที่ทำให้ผู้บริโภคยังไม่ให้การยอมรับสารประกอบอื่น ๆ เช่น พอลิฟีนอล ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ไฟโตสเตอรอล วิตามิน เกลือแร่ หรือน้ำมันปลา เป็นต้น สารเหล่านี้นิยมนำมาเติมเพื่อเพิ่มคุณค่าของอาหารมากขึ้นแต่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นในรสชาติในทางที่แย่ลงในบางผลิตภัณฑ์อาหารได้เช่นกัน หนึ่งในปัญหาการปกปิดรสชาติที่ไม่ดีคือ

ความซับซ้อนในการรับรู้รสชาติ เนื่องจากการรับรู้รสไม่ได้มีเพียงแค่การรับรสขมได้ แต่สามารถรับรสได้หลากหลาย เช่น ฝาดหรือเปรี้ยวด้วย แต่ละการรับรสจะมีการแปลงสัญญาณโดยใช้ระบบการรับรสที่แตกต่างกันของโมเลกุลในปาก และความสามารถในการรับรู้รสส่วนผสมที่ยุ่งยากซับซ้อนในการแบ่งแยกคุณภาพทางรสชาติแต่ละชนิด มีหลายเทคนิคและวิธีการในการลดหรือกำจัดรสขมและรสชาติที่ไม่เป็นที่ต้องการในอาหารลงได้ วิธีที่สามารถทำได้มีหลายวิธี ได้แก่ ใช้สารห่อหุ้มปกปิดรสขมด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การเอนแคปซูลเลชัน (encapsulation) การเคลือบ (coating) การทำให้อยู่ในระบบอิมัลชัน (emulsions) การแขวนลอยสาร (suspensions) และการกำจัด (scavengers) การทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complexing agents) สารที่ปรับแต่งกลิ่นและรสชาติให้เข้มข้น เช่น เกลือ สารให้ความหวาน กรด กลิ่นรสจากผลไม้ รวมทั้งสารที่แต่งกลิ่นให้เหมือนหรือเลียนแบบผลิตภัณฑ์ เช่น ช็อกโกแลต ผลไม้ตระกูลส้ม หรือกาแฟ เป็นต้น อีกทั้งการปกปิดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น กลิ่นเหม็นหืน กลิ่นคาว และการลดโมเลกุลรสขมลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมามีทั้งข้อจำกัดหรือเป็นวิธีการที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มเนื่องจากข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีปริมาณน้ำมากจนเกินไปหรือข้อจำกัดทางกฎหมายที่ไม่อนุญาตให้ใช้สารหรือวัตถุดิบบางชนิดได้[4] อย่างไรก็ตามการกังวลเรื่องรสขมไม่ได้อยู่แค่ในอาหารเท่านั้น แต่เกี่ยวของกับรสขมทางยาด้วย ผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยที่ต้องทานยาต่อเนื่องตลอดชีวิตมักจะทรมานกับการทานยาที่มีรสขม ซึ่งเป็นสิ่งที่อุตสาหกรรมยาให้ความสำคัญในการลดหรือกำจัดรสขมในยาลง เช่น การเคลือบยาที่มีรส ดังนั้นควรมีวิธีการในการทำให้ผู้ป่วยยอมรับรสขมของสารพฤกษเคมีซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์กับร่างกาย อาจทำโดยการปกปิดรสขมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง[8]

รสขมในพืชผักมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลกระทบไปถึงการเลือกซื้อมาบริโภคด้วย ทั้งนี้ระดับหรือความเข้มของรสขมขึ้นอยู่กับชนิดสายพันธุ์พืช ระยะการสุก-แก่ กระบวนการแปรรูป รวมไปถึงกระบวนการเก็บรักษา ในอุตสาหกรรมอาหารพยายามมองหาโครงสร้างของสารรสขม การตอบรับความต้องการเกี่ยวกับรสชาติในอาหารของผู้บริโภคที่ไม่ชอบรสขม ดังนั้นอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ต้องกำจัดสารในกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ไอโซฟลาโวน เทอร์พีน และแทนนินออกจากอาหาร มีความพยายามเพิ่มศักยภาพในการกำจัดรสขมของสารพฤกษเคมี กระทั่งรวมไปถึงการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้รสขมน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น กะหล่ำดาวมีสารให้รสขมซินิกรินและโปรโกอิทรินซึ่งไม่ได้มีผลดีใด ๆ ต่อสุขภาพอย่างชัดเจนแต่ให้รสขมมากไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และนอกเหนือจากรสขมยังมีรายงานว่าหากมีสารโปรโกอิทรินในปริมาณมากจะส่งผลต่อการเกิดโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง นักวิทยาศาสตร์การอาหารยังมีการถกเถียงว่าควรมีการตัดต่อสายพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำเพื่อให้ไม่มีสารรสขมโปรโกอิทรินหรือลดความเข้มข้นของสารซินิกริน ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกที่จะบริโภคพืชตระกูลกะหล่ำของผู้บริโภค เนื่องจากรสขมของพืชผักทำให้ผู้บริโภคหลีกเลี่ยงที่จะรับประทาน ปัจจุบันกระแสดูแลสุขภาพโดยการเพิ่มการบริโภคพืชผักให้มากขึ้นกำลังมาแรง ดังนั้นจึงมีการพัฒนา

และปรับปรุงสายพันธุ์ให้พืชผักแต่ละชนิดนั้นมีสารพฤกษเคมีที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้นรวมทั้งต้องมีการลดความขมเพื่อให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคผักให้มากขึ้นด้วย การพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ให้มีรสขมลดลง รวมทั้งมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อลดสารกลูโคซิโนเลตในพืชเมล็ดน้ำมันเรพซีด (น้ำมันคาโนลา) และเมล็ดน้ำมัน *Crambe abyssinica* ได้สำเร็จ นอกจากนี้ยังมีรายงานการปรับปรุงพันธุ์พืชตระกูลซิตรัสให้ไม่มีสารลิโมนินจึงช่วยลดรสขมลงได้ กระบวนการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีที่ให้รสขมเป็นรูปแบบการสร้างความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมจากศัตรูพืชต่าง ๆ เช่น โรคพืช เชื้อจุลินทรีย์ แมลง รวมทั้งสัตว์กินพืชทั้งหลาย จึงเป็นการชี้ให้เห็นว่า พืชที่ถูกมนุษย์เลือกว่ามีรสชาติดีมักจะเป็นพืชไม่ทนโรค ไม่ทนแมลงนำไปสู่การผลิตสารสังเคราะห์หรือยาฆ่าแมลงมาใช้อยู่เสมอ โดยจะแตกต่างกับพืชที่มีรสขมมักจะทนโรคและแมลงจึงไม่ต้องมีการผลิตยาฆ่าแมลงมาใช้กับพืชกลุ่มนี้ สารรสขมหลาย ๆ ชนิดจะถูกทำลายไปในระหว่างกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร โดยปกติแล้วการลดกลิ่นถั่วและรสขมจากถั่วเหลืองจะใช้ได้หลายวิธี เช่น ใช้ตัวทำละลาย การตกตะกอน การกรอง รวมทั้งการใช้เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการหรือกระบวนการลดรสขมส่วนใหญ่จะเน้นออกแบบมาเพื่อลดทั้งเปปไทด์ที่ให้รสขมและลดสารออกซิไดส์ออกจากถั่วเหลืองด้วย แต่ก็จะเป็นการทำให้ไอโซฟลาโวนลดปริมาณลงไปด้วย ก่อนหน้านี้มีความพยายามในการผลิตอาหารเสริมจากโปรตีนถั่วเหลืองแต่พบว่ามักจะถูกข้อจำกัดจากรสชาติที่ไม่ถูกปากผู้บริโภค รสขมที่อยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลิกสามารถทำให้ลดลงได้หลายวิธี เช่น ถูกดูดซับด้วยเรซิน ถูกทำให้เกิดโครงสร้างแบบพอลิเมอร์หรือการต่อกันเป็นสายยาวซึ่งมีผลให้เกิดการตกตะกอน หรือถูกสกัดออกด้วยตัวทำละลาย รวมทั้งถูกทำให้เปลี่ยนเป็นสารที่ไม่มีรสขมได้ สารประกอบฟีนอลรวมทั้งแทนนินในไวน์ถูกกำจัดออกได้ด้วยหลายวิธีการ การกรองไวน์ด้วยโปรตีน เช่น ไข่ขาว เคซีน เจลาตินที่ได้จากปลา สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลทำให้รสขมและรสฝาดในไวน์ลดลง แทนนินในไวน์สามารถถูกกำจัดโดยใช้เนื้อเยื่อโพลีไวนิลโพลีไพโรลิโดน การบ่มไวน์จะช่วยลดทั้งรสขมและรสฝาดลงได้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลจะเกิดโครงสร้างแบบพอลิเมอร์หรือการต่อกันเป็นสายยาวซึ่งมีผลให้เกิดการตกตะกอนจึงสามารถลดได้ทั้งรสขมและรสฝาด ส่วนไวน์แดงที่ไม่ผ่านการบ่มส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำตาลจากองุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 1-3 จึงสามารถช่วยลดรสขมและรสฝาดลงได้เช่นกัน การเติมน้ำตาลลงในไวน์ก็สามารถช่วยลดรสขมลงด้วย รสขมสามารถถูกปกปิดได้ด้วยสารหลายชนิด เช่น ไซโคเด็กซ์ตริน ซึ่งเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ปกปิดรสขมในน้ำผลไม้ตระกูลซิตรัส เนื่องจากไซโคเด็กซ์ตรินเป็นที่นิยมใช้ในทางการค้าสามารถละลายฟลาโวนอยด์และปกปิดรสขมในน้ำผลไม้ตระกูลส้มได้ แต่ถึงแม้ฟลาโวนอยด์จะถูกปกปิดไว้แต่ไม่ได้หายไปจึงยังสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ นอกจากนี้การให้ความร้อน การหมักดอง การเติมไขมัน น้ำตาล หรือเกลือก็เป็นวิธีการที่ช่วยลดรสขมในพืชลงได้[2]

บทสรุป

มนุษย์เราสามารถรับรู้รสขมและต่อต้านรสขมเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเอาสู่ร่างกายได้ เนื่องจากสารพิษหลายชนิดมีรสขม สารรสขมในพืชผักผลไม้เป็นสารที่พืชสร้างมาเพื่อป้องกันตัวเองจากอันตรายต่าง ๆ ทั้งผู้ล่าและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช สารรสขมในพืชมีมากมายหลายชนิดรวมทั้งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกายด้วย ซึ่งรสขมประโยชน์ต่อร่างกายนี้เป็นสิ่งที่ภาคอุตสาหกรรมอาหารตระหนักและมีความพยายามในการลดรสขมนั้นลง โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกสายพันธุ์พืช กระบวนการแปรรูปรวมไปถึงการเก็บรักษา การนำความรู้เกี่ยวกับรสขมในอาหารไม่ว่าจะเป็นชนิดหรือปริมาณสารรสขมรวมทั้งแหล่งของสารรสขมนั้นสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่แก่ผู้บริโภคได้ โดยการผ่านกระบวนการลดรสขมลงเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคสามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้บริโภคภายใต้การระบุบนฉลากว่ามีรสขมน้อยลงได้และเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีประโยชน์จากพืชได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Meyerhof W. Elucidation of mammalian bitter taste. Rev Physiol Biochem. 2005;154:37-72.
2. Drewnowski A, Gomez-Carneros C. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. Am J Clin Nutr. 2000;72:1424-1435.
3. Behrens M, Meyerhof W. Bitter taste receptors and human bitter taste perception. Cell Mol Life Sci. 2006;63:1501-1509.
4. Ley JP. Masking bitter taste by molecules. Chem Percept. 2008;1:58-77.
5. Maehashi K, Huang L. Bitter peptides and bitter taste receptors: a review. Cell Mol Life Sci. 2009;66:1661-1671.
6. Higgins MJ, Hayes JE. Regional variation of bitter taste and aftertaste in humans. Chem Senses. 2019;44:721-732.
7. Nissim I, Dagan-Wiener A, Niv MY. The taste of toxicity: a quantitative analysis of bitter and toxic molecules. IUBMB Life. 2017;69(12):938-946.
8. Meyerhof W, Behrens M, Brockhoff A, Bufe B, Kuhn C. Human bitter taste perception. Chem Senses. 2005;30(suppl 1):i14-i15.
9. Zhao CJ, Schieber A, Gänzle MG. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations – a review. Food Res Int. 2016;89:39-47.