บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี

กล้วยไข่

กล้วย (*Musa* spp.) กล้วยจัดว่าเป็นฟังก์ชันนอลฟรุ๊ต (functional fruit) ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ และรสชาติดี (Lo'ay and Dawood, 2017 : P.208) อยู่ในวงศ์ Musaceae เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่เขตร้อน (Nadafzadeh et al., 2018 : P.201) กล้วยไข่ชื่อสามัญ คือ Pisang Mas banana ต้น ลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนเหลือง มีกระดำหนา ด้านในสีชมพูแดง ใบ ก้านใบสีเขียวอมเหลือง มีร่องกว้าง โคนก้านใบมีปีกสีชมพูดอก ก้านช่อดอกมีขนอ่อน ใบประดับรูปไข่ ม้วนงอขึ้น ปลายค่อนข้างแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างที่โคนกลีบสีซีด กลีบรวมใหญ่สีขาว ปลายสีเหลือง กลีบรวมเดี่ยวไม่มีสี เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียมีความยาวใกล้เคียงกันแต่เกสรตัวเมียสูงกว่าเล็ก น้อย เกสรตัวเมียมีสีเหลือง ส่วนเกสรตัวผู้มีสีชมพู ผลกล้วย เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 8-10 เซนติเมตร ก้านผลสั้นเปลือกค่อนข้างบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองสดใส บางครั้งมีจุดดำเล็กๆ ประปรายโดยเฉพาะเมื่อผลงอม เนื้อสีครีมอมส้ม รสหวาน (นานาการ์เด้น, 2553)

กรมการเกษตรกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ แบ่งกล้วยไข่เป็น 2 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์กำแพงเพชร และสายพันธุ์พระตะบอง แต่สายพันธุ์กำแพงเพชรเป็นที่นิยมปลูกมากกว่าสายพันธุ์พระตะบอง แหล่งปลูกกล้วยไข่ในประเทศไทยที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักคือ จังหวัดกำแพงเพชร ปลูกกันแทบทุกบ้านเรือน และปลูกเป็นอาชีพ นอกจากนั้นยังมีปลูกในจังหวัดอื่น ๆ เช่น ตาก นครสวรรค์ เพชรบุรี พิษณุโลก สุโขทัย ระยอง และจันทบุรี

ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นพืชเศรษฐกิจ ที่มีการส่งออกไปยังต่างประเทศ ทำรายได้เข้าประเทศปีละไม่น้อย (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2551 : หน้า 311) โดยในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณการส่งออก 16,936 ตัน รวมมูลค่าเป็นเงิน 149.72 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณการส่งออก 26,235 ตัน รวมมูลค่าเป็นเงิน 317.08 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณการส่งออก 27,156 ตัน รวมมูลค่าเป็นเงิน 290.46 ล้านบาท (อภิชาติ ศรีสะอาด และพัชรี สำโรงเย็น, 2560 : หน้า 13)

กล้วยไข่เป็นกล้วยที่คนไทยนิยมบริโภค มีผลค่อนข้างเล็กเมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้าหรือกล้วยหอม มีรสชาติดี อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย กล้วยไข่มีเบต้าแคโรทีนสูง มีโปแตสเซียมสูง กล้วยไข่ยิ่งสุก ปริมาณน้ำตาล และเบต้าแคโรทีนยิ่งมีมาก (กระทรวงสาธารณสุข, 2553 : หน้า 6)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยไข่ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ	
พลังงาน	147.00	กิโลแคลอรี่
น้ำ	62.80	กรัม
โปรตีน	1.50	กรัม
ไขมัน	0.20	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	34.80	กรัม
ใยอาหาร	1.90	กรัม
เถ้า	0.70	กรัม
แคลเซียม	4.00	กรัม
ฟอสฟอรัส	23.00	กรัม
ธาตุเหล็ก	1.00	กรัม
เบต้าแคโรทีน	492.00	ไมโครกรัม
วิตามินเอ	82.00	ไมโครกรัม
วิตามินบี 1	0.03	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	1.40	มิลลิกรัม
วิตามินซี	2.00	มิลลิกรัม

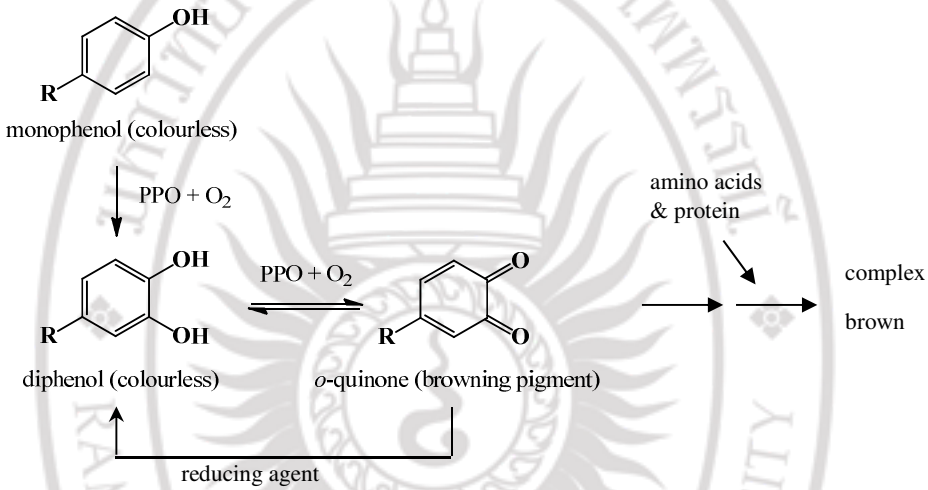
ที่มา : (กระทรวงสาธารณสุข, 2544 : หน้า 38)

กล้วยดิบและกล้วยสุกประกอบไปด้วยสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมากมายหลายชนิดโดยเฉพาะสารประกอบฟีนอล แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และ เอมีน (amine) สารประกอบเหล่านี้เป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant activities) ยังมีรายงานอีกว่ากล้วยมีฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดีกว่าผลเบอร์รี่บางชนิด นอกจากนี้ยังพบไฟโตสเตอรอล (phytosterol) บางชนิดในผลกล้วยอีกด้วย (Singh et al., 2016 : P. 6)

ในผลและเปลือกกล้วยมีสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ในปริมาณมาก เช่น สารกลุ่มกรดแกลิก (gallic acid) สารกลุ่มแคทชิน (catechin) สารกลุ่มอีพิแคทชิน (epicatechin) สารกลุ่มแทนนิน (tannins) สารกลุ่มฟลาโวนอล (flavonol) และสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) (Singh et al., 2016 : P. 7-8) มีรายงานว่าในกล้วยสด 100 กรัม มีสารในกลุ่มกรดฟีนอลิก (phenolic acids) ถึง 7 มิลลิกรัม (Mattila, Hellström & Törrönen, 2006 : P.7196) โดยสารประกอบ ฟีนอลิกและกรดฟีนอลิกมีผลต่อสีดำคล้ำของกล้วย

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยจะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์เนื้อเยื่อพืชถูกทำลายทางกล เช่น การปอกเปลือก การถูกกระแทก การช้ำ การฉีกขาด บด หั่น หรือ สับ ทำให้เกิดปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การเกิดสีน้ำตาลในผลไม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันและมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็นออร์โทไดฟีนอล (*o*-diphenol) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2.1 แสดงกลไกการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์ในผัก ผลไม้ และอาหารทะเล
ที่มา : (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553)

สารประกอบโมโนฟีนอล (monophenol) เป็นสารไม่มีสี ถูกออกซิไดซ์เป็นสารประกอบไดฟีนอล (diphenol) ที่ไม่มีสีเช่นเดียวกัน แล้วถูกออกซิไดซ์ต่อเป็นสารประกอบออโทควินโนน (*o*-quinone) ที่เป็นเม็ดสีที่มีสีน้ำตาล (browning pigment) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล เกิดการรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin)

ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสีของอาหารเป็นสีน้ำตาล (browning) เป็นปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดที่เกิดขึ้นในเคมีอาหาร โดยการเปลี่ยนของสีน้ำตาลจะแบ่งออกเป็น 2 หมวด คือกระบวนการที่ใช้เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของอาหารนั้นอาจให้ผลที่น่าพอใจ เช่น การให้สีของคาราเมลซึ่งเป็นการเปลี่ยนสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ ส่วนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของอาหารที่ให้ผลที่ไม่น่าพอใจ เช่น การเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลของแอปเปิ้ลหรือกล้วย

การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของกล้วยนั้นเป็นกระบวนการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning) เป็นปฏิกิริยาที่พบมากในผักและผลไม้ โดยผลที่เกิดขึ้นมักจะเป็นผลทางลบเช่น สีสันไม่น่ารับประทาน รสชาติและกลิ่นเปลี่ยนไป รวมไปถึงคุณค่าทางอาหารลดน้อยลง โดยปฏิกิริยานี้จะ

เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ สารตั้งต้น เอนไซม์ และ แก๊สออกซิเจน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553)

สารตั้งต้นสำหรับปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลโดยใช้เอนไซม์คือสารประกอบในกลุ่มฟีนอล เช่น แคทชินซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่พบมากในชา ไทโรซีนเป็นกรดอะมิโนพบในอาหารทะเล และ แทนนิน พบในผักผลไม้

เอนไซม์ (enzyme) ในกลุ่มฟีนอเลส (phenolase) เช่น เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ค่าความกรดเบส (pH) ที่เหมาะสม โดยค่าความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลสอยู่ระหว่าง 5-7

แก๊สออกซิเจน เมื่อมีการสับ หั่น หรือ บด แก๊สออกซิเจนที่อยู่ในอากาศจะสามารถสัมผัสกับอาหารได้โดยตรง ยิ่งมีการบดที่ละเอียดถือเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากขึ้น ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่สัมผัสอาหารมากขึ้น จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่ใช้เอนไซม์ได้เร็วขึ้น

มีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิก (สารตั้งต้น) ถูกทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเอนไซม์พอลิ ฟีนอลออกซิเดส (PPO) ทำให้เกิดเม็ดสีน้ำตาลดำ (Holderbaum et al., 2010 : P.1150) โดยเอนไซม์พอลิฟีนอล ออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยนออโทไดฟีนอล (*o*-diphenol) ที่พบในเนื้อผลไม้มีลักษณะใสไม่มีสี ให้เปลี่ยนเป็นออโทควิโนน (*o*-quinones) และ เมลานีน (melanin, เม็ดสีน้ำตาลดำ) หลังจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) จึงสรุปได้ว่าปริมาณของเอนไซม์มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนสีของอาหารนอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ระยะเวลา อุณหภูมิและ ปริมาณสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาก็มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนสีของอาหารอีกด้วย (Xu et al., 2017 : P.4218)

วิธียับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

(1) การใช้สารประกอบซัลไฟต์ (sulfite) ถึงแม้ว่าสารประกอบกลุ่มนี้จะมีฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สารกลุ่มนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(2) น้ำมะนาวหรือกรดชนิดอื่น วิธีการนี้เป็นการลดค่า pH ทำให้ทองแดง (copper, Cu) ที่เป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) ของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ไม่สามารถไปจับกับเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ เมื่อเอนไซม์ไม่ทำงาน ผลไม้ก็ไม่ดำ

(3) การทำลายเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสหรือทำให้เอนไซม์เสียสภาพ

(4) การลดอุณหภูมิจะทำให้อัตราการดำช้าลง

(5) ใช้โปรตีนเข้าสร้างพันธะ (chelate) กับทองแดงแทนที่เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

(6) การกรองแบบแลกเปลี่ยนไอออนในกระบวนการผลิตไวน์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กรดแอสคอร์บิก

กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำและร่างกายไม่สามารถที่จะสร้างวิตามินซีได้ จึงจำเป็นต้องได้จากการรับประทานเข้าไป สามารถพบได้ในผักและผลไม้บางชนิด ได้แก่ ส้ม องุ่น กีวี่ มะม่วง มะเขือเทศ ถั่วงอก วิตามินซีในอาหารมีรูปแบบซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทั้ง 2 ชนิด คือ กรดแอสคอร์บิก และกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งกรดแอสคอร์บิกมีลักษณะโมเลกุลคล้ายกับน้ำตาลกลูโคส มีผลึกสีขาว มีรสเปรี้ยว วิตามินซีเมื่อถูกออกซิไดซ์จะกลายเป็น กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีความใสในการทำปฏิกิริยาทางเคมีในร่างกาย วิตามินซีร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน และปฏิกิริยาในการขนส่งอนุมูลไฮโดรเจน ด้วยเหตุนี้วิตามินซีจึงเป็นโมเลกุลที่มีความไวในการทำปฏิกิริยารีดักชันเอเจนท์ หรือ แอนติออกซิเดนท์ ที่มีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปฏิกิริยาการเผาผลาญไขมัน และสามารถป้องกันไม่ให้เกิด ออกซิเดชัน ของ เตตะไฮโดรโฟเลท ซึ่งเป็นโฟเลทโคเอนไซน์ทำให้มีการดูดซึมเหล็กในรูปแบบที่เป็น non-heme ในลำไส้ให้มากขึ้น (ฉัตรชัย ไตรทอง, 2552)

วิตามินซีละลายได้ดีในน้ำและคงตัวดีในสภาวะที่เป็นด่าง สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนจากการหุงต้ม หรือแปรรูปอาหารด้วยความร้อน เช่น การพาสเจอไรซ์ การบรรจุกระป๋อง การสัมผัสกับแสง และออกซิเจน ส่งผลให้วิตามินซีเกิดการสลายตัว (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2552)

กรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid) เป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่พบมากตามธรรมชาติในพืชและสัตว์ ในมนุษย์มีการสร้างกรดซิตริกในระหว่างการเมตาโบไลต์คาร์โบไฮเดรตและไขมัน หรือไนตริกแอซิดไซเคิล (citric acid cycle) ส่วนในพืชจะพบกรดซิตริกในพืชตระกูลส้ม ตัวอย่างเช่น พบประมานร้อยละ 4-8 ในมะนาว ร้อยละ 1.2-2.1 ในเกรฟฟรุต ร้อยละ 0.9-1.2 ในส้มเขียวหวาน และร้อยละ 0.6-1.0 ในส้ม นอกจากนี้มีการพบในพืชชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น สับปะรด สตรอเบอรี่ และมะม่วงเป็นต้น

กรดซิตริกเป็นกรดอ่อน ใช้ประโยชน์เพื่อการถนอมอาหารโดยมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มรสชาติให้กับอาหารให้มีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค สามารถเติมลงไปในอาหารโดยไม่เกิดอันตราย และสามารถย่อยสลายได้ง่ายและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม กรดซิตริกพบได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไป ในผักและผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะพืชตระกูลมะนาว สับปะรด และส้ม (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสระบุรี, 2559)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สับปะรด

สับปะรดชื่อสามัญ คือ pineapple สับปะรดเป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูง 90-100 เซนติเมตรมีลำต้นอยู่ใต้ดินใบเดียวเรียงสลับซ้อนกันรอบต้น กว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบดอกช่อออกจากกลางต้นมีดอกย่อยจำนวนมากผลเป็นผลรวมรูปทรงกระบอกมีใบเป็นกระจุกที่ปลายผล สับปะรดที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมเช่นชิ้นเนื้อสับปะรดบรรจุกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้น สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยมีปลูกกันมากแถบจังหวัด

ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ตราด ภูเก็ต และพังงา (นิทติยา ประถมนาม, 2548 : หน้า 3) สับปะรดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย องค์ประกอบภายในของเนื้อมากกว่า 80% ของน้ำหนักสด คือ น้ำ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของเนื้อสับปะรดสุก

ชนิด	**ปริมาณ (%)**
น้ำ	81.2 – 86.2
น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (soluble solid; SS)	10.8 – 17.5
ซูโครส (sucrose)	5.9 – 12.0
กลูโคส (glucose)	1.0 – 3.2
ฟรุกโตส (fructose)	0.6 – 2.3
เซลลูโลส (cellulose)	0.43 – 0.54
เพคติน (pectin)	0.06 – 0.16
กรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA)	0.6 – 1.62
กรดซิตริก (citric acid)	0.32 – 1.22
กรดมาลิค (malic acid)	0.1 – 0.47
กรดออกซาลิค (oxalic acid)	0.005
เถ้า (ash)	0.32 – 0.42
เยื่อใย (fiber)	0.30 – 0.61
ไนโตรเจน (nitrogen)	0.045 – 0.115
เม็ดสี (pigments)	0.2 – 2.5 (ppm of carotene)
แคโรทีน (carotene)	0.13 – 0.29 (mg)
แซนโทฟีล (xanthophyll)	0.03 (mg)
ไนอาซิน (niacin)	200 – 280 (mg/100 g fw)
กรดเพนโทธีน (pantothenie acid)	75 – 163 (mg/100 g fw)
ไทเอมีน (thaiamine)	69 – 125 (mg/100 g fw)
ไรโบฟลาวิน (riboflavin)	20 – 88 (mg/100 g fw)
กรดอะมิโนเบนโซอิก (aminobenzoic acid)	17 – 22 (mg/100 g fw)
วิตามินบี 6 (vitamin B6)	10 – 140 (mg/100 g fw)
กรดแอสคอบิค(vitamin C)	10 – 25 (mg/100 g fw)
กรดโฟลิค (folic acid)	2.5 – 4.8 (mg/100 g fw)
วิตามินเอ (vitamin A)	0.02 – 0.04 (mg/100 g fw)

ที่มา: (อ้อมอรุณ นุกูลธรประกิต, 2547 : หน้า 15)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

น้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญภายในเซลล์ของพืชและสัตว์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวละลายสารต่างๆน้ำมีหน้าที่เกี่ยวข้องทางทั้งปฏิกิริยาสังเคราะห์ และปฏิกิริยาการสลายเช่น ไฮโดรชันดีไฮโดรชันและไฮโดรไลซีสน้ำยังมีหน้าที่เป็นตัวพาสารอาหาร และสารอาหารที่ถูกขับทิ้ง ซึ่งอยู่ในของเหลวทั้งภายในและภายนอกเซลล์ของพืช และสัตว์ น้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงพบว่าน้ำเป็นองค์ประกอบอาหารทุกชนิดประเภทของน้ำมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากการแปรรูปอาหาร ส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนน้ำที่พบในธรรมชาติอีกลักษณะหนึ่งคือ น้ำในอาหาร ซึ่งน้ำ ในอาหารนับว่าเป็นส่วนประกอบหลัก ของอาหารทุกชนิด มีอยู่ในรูปอิสระ และเกาะเกี่ยวกับสารอื่น น้ำอิสระมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และการเก็บรักษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำเป็นตัวสำคัญ ในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของอาหารรวมทั้งความเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ดังนั้นการเก็บรักษาอาหาร จึงนิยมใช้การระเหยน้ำ อิสระออกจากอาหารท่าให้อาหารเข้มข้น หรือทำให้เย็นจนแข็งตัว ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในอาหารนั้น ส่วนใหญ่มีผลต่อน้ำอิสระในอาหารโดยตรงแต่มีผลมากต่อน้ำที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เนื่องจากส่วนที่ไม่อิสระต่อการเปลี่ยนแปลง โดยวิธีการกายภาพธรรมดาแต่ได้เกาะเกี่ยวร่วมกับสารอาหารอื่น ๆ อยู่ในหลายรูปแบบจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำทั้งหมดทั้งที่อยู่ในรูปอิสระ เกาะเกี่ยวกับสารอื่น ๆ อยู่ในหลายรูปแบบและการเกาะเกี่ยวกับสารอื่นอยู่ให้เหมาะสมกับลักษณะอาหารที่ต้องการเพื่อให้มีการเก็บรักษาที่นาน (นิธิยา รัตนาปนนท์ และวิบูลย์ รัตนาปนนท์, 2537)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (2556) ได้กล่าวถึงบทบาทหน้าที่ของน้ำไว้ดังนี้

(1) น้ำเป็นตัวกลางสำคัญในการถ่ายเทความร้อน จากบริเวณที่มีความร้อนไปสู่อาหาร เช่น ถ้าให้ความร้อนแก่อาหารในกระทะโดยตรง กระทะและอาหารจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ อาหารส่วนที่สัมผัสกับกระทะจะไหม้เกรียมก่อนที่อาหารจะร้อนทั่วทั้งหมด แต่ถ้าใส่น้ำลงไปในกระทะด้วย น้ำจะดูดความร้อน และช่วยกระจายความร้อนไปทั่วทุกส่วนของอาหาร เพราะน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่ดี และจะช่วยถ่ายเทความร้อนไปสู่อาหารที่สัมผัสกับน้ำ

(2) น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี หรืออาจเรียกว่า ตัวทำละลายไอออนไนซ์ (Ionixing solvent) หรือตัวทำละลายแบบมีขั้ว เพราะน้ำสามารถละลายสารประกอบอิเล็กโตรวาเลนท์ (electrovalent) ได้ เช่น กรดและเกลือ เป็นต้น นอกจากนี้น้ำยังสามารถละลายสารประกอบโควาเลนท์ (covalent compound) ได้ เช่น น้ำตาล และยูเรีย เป็นต้น ความสามารถในการละลายสารพวกโควาเลนท์ได้ ทำให้น้ำมีความสำคัญต่อร่างกายของคน และสัตว์มาก เพราะเมื่อสารเหล่านั้นถูกย่อยให้เป็นโมเลกุลมีขั้วขนาดเล็กๆ เช่น น้ำตาล กรดแอมิโน เป็นต้น โมเลกุลขนาดเล็กเหล่านี้จะละลายได้ดีในน้ำหรือของเหลวในร่างกาย และมีการเคลื่อนที่ภายในร่างกายในรูปของสารละลาย

(3) น้ำเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วอย่างแรง จึงสามารถจับไอออนต่างๆ ในสารละลายได้ ทำให้ไม่มีไอออนอิสระในสารละลาย สารต่างๆ ในรูปของสารประกอบที่มีขั้วเป็นองค์ประกอบ สารจะรวมอยู่กับโมเลกุลต่ำแม้ว่าจะไม่เป็นสารไอออนนิก แต่ก็มีประจุมีขั้วที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ น้ำละลายได้ใน

แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลต่ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์พวกที่มีโมเลกุลสูง เพราะแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำ มีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีขั้ว ส่วนแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลสูงมีอัตราส่วนของโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วเพิ่มขึ้น ทำให้ละลายในน้ำได้น้อยลง โดยโมเลกุลของสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากจะละลายในน้ำได้ดี เพราะมีหมู่ที่มีขั้วมาก การดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลของสารกับโมเลกุลของน้ำจึงมีมากขึ้น เช่น การละลายของน้ำตาลในน้ำ เป็นต้น

(4) การเกิดคอลลอยด์ สารประกอบหลายชนิดในอาหารจะถูกแพร่กระจายในน้ำเกิดเป็นคอลลอยด์ ตัวอย่าง ได้แก่ โปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่และมีพื้นที่ผิวมาก มีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.1 ไมโครเมตร ไม่สามารถเกิดเป็นสารละลายได้ แต่จะเกิดเป็นคอลลอยด์แพร่กระจายในน้ำ ปัจจัยที่ทำให้คอลลอยด์แพร่กระจายได้ คือ การมีชั้นของโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบผิวของอนุภาคคอลลอยด์ และการเกิดแรงผลักกันระหว่างประจุที่เหมือนกันของอนุภาค ทำให้มันแยกห่างจากกัน เช่น โปรตีนในน้ำนมจะแพร่กระจายอยู่ในน้ำรูปของคอลลอยด์ เป็นต้น

(5) การเกิดโด (dough) องค์ประกอบของอาหารอาจรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อมีการเติมน้ำลงไปในอาหาร ส่วนประกอบของอาหารจะไม่แพร่กระจาย เช่น ในการทำขนมปัง แป้งและโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนผสมของแป้งจะถูกเติมน้ำเพื่อผสมกับส่วนอื่นๆ ถ้าเติมน้ำลงไปในแป้งส่วนผสมจะไม่สามารถรวมตัวกันเกิดเป็นโดได้

(6) การเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น ทั้งนี้เพราะที่ผิวหน้าของเม็ดแป้งมีการเรียงตัวกันของอนุภาคของแป้งอย่างเป็นระเบียบ และหนาแน่น แต่ถ้าน้ำแป้งได้รับความร้อน น้ำจะแพร่ผ่านผนังของเม็ดแป้งเข้าไป ทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้นเป็น 5 เท่า เม็ดแป้งจะมีการขยายตัว และเบียดตัวกันมากขึ้น ในที่สุดน้ำแป้งจะเปลี่ยนเป็นของเหลวข้น เรียกว่า โซล (sol) และจะกลายเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิลดลงขบวนการเกิดเจลนี้ เรียกว่า เจลาติไนเซชัน

(7) การเกิดเจลในแยมและเยลลี่ เจลเป็นอาหารที่มีลักษณะของแข็งแขวนลอยอยู่ในส่วนของน้ำ ซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายที่สำคัญในอาหารประเภทเจล การทำเจลในระยะแรกจะมีปริมาณน้ำมาก และจะลดลงเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นโซล และด้วยปริมาณความชื้นที่จำกัด โซลจะเปลี่ยนเป็นเจลในลักษณะเป็นวุ้นแข็ง ในทางตรงกันข้ามเจลสามารถรับน้ำได้อีก ถ้าหากมีความร้อน และความดันสูงขึ้น นอกจากนี้การบ่มเจลนี้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำอาจเกิดการเยิ้ม (syneresis) ขึ้นได้

การทำแห้ง

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ (2561 : หน้า 100) ได้กล่าวถึงความหมายของการทำแห้งว่า การทำแห้ง (drying) หมายถึง การลดความชื้น (moisture) ในอาหารโดยการดึงน้ำออกไปจากอาหารหรือวิธีการใดก็ตามที่สามารถลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารให้ต่ำพอที่จะสามารถ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เช่น การนำผลไม้ไปตากแดดเพื่อระเหยน้ำอิสระออกไป การผลิตปลาแห้งซึ่งมีการใส่เกลือ เกลือจะไปดูดความชื้น

ทำให้น้ำอิสระในปลาเหลือน้อยจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือการเติมน้ำตาลในนมข้นหวานก็ใช้หลักการเดียวกัน อาหารแห้งจะมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4-22 มีค่า aw ระหว่าง 0.2-0.6

ผลดีของการทำอาหารแห้งมี ดังนี้

(1) ป้องกันการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
(2) ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในยามขาดแคลน นอกฤดูกาล หรือบริเวณที่ห่างไกลจากแหล่งผลิต
(3) เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
(4) ลดน้ำหนักหรือปริมาตรของอาหาร ทำให้ปริมาตรของอาหารลดลง อาหารจึงมีน้ำหนักเบา สะดวกในการบรรจุลงในภาชนะ ขนส่งง่ายโดยไม่กินเนื้อที่มากนัก ทำให้ลดต้นทุนในการขนส่งนอกจากนี้ยังสะดวกในเก็บรักษา
(5) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น องุ่นแห้งหรือนิยมเรียก ลูกเกด ได้จากการทำแห้งองุ่น เครื่องดื่มผง ซุปผง อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น
(6) ให้ความสะดวกในการบริโภคและสามารถบริโภคได้ทันที เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ผลไม้แห้ง หรือ อาหารที่ผ่านการต้มสุกมาแล้วระดับหนึ่ง เพียงแต่ผู้บริโภคเติมน้ำหรือนำไปให้ความร้อนระยะเวลาสั้น ๆ ก็สามารถรับประทานได้ เช่น น้ำผลไม้ผง และซุปแห้ง เป็นต้น

ข้อเสียของการทำอาหารแห้ง มีดังนี้

(1) อาหารเกิดการสูญเสียกลิ่นรสสารระเหยที่ระเหยได้
(2) อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น การหดตัวของผลิตภัณฑ์อาหาร
(3) เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน
(4) ความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่ง อาจเกิดกลิ่นไหม้ได้ หากควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม
(5) เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากว่าอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า หรือปริมาณความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

หลักของการทำแห้ง

หลักการทำอาหารแห้ง คือ การใช้หลักการดึงน้ำออกจากโมเลกุลของอาหาร เป็นการลดปริมาณน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อมที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ การลด ปริมาณน้ำ หรือความชื้น หรือการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในอาหารมีหลักการใหญ่ ๆ 3 ประการ ได้แก่ การเอาน้ำออก โดยการระเหย การตกผลึกของน้ำเป็นน้ำแข็ง และการเติมตัวถูกละลาย โดยอาศัยกรรมวิธีต่าง ๆ มากมายเข้ามาช่วย เช่น การตากแดด การอบ การคั่ว การทอด การย่าง การปิ้ง การกวน การแช่อิ่ม และการทำเค็ม เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยความร้อนส่งผ่านเข้าไปทำให้น้ำในอาหารเกิดการเคลื่อนที่และระเหยออกจากผิวของอาหารซึ่งน้ำจะระเหยออกไปช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำในอาหาร และประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่โมเลกุลของน้ำมาที่ผิวอาหารเพื่อระเหยออกไปจากอาหาร ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาในการควบคุมการทำแห้ง ได้แก่ ปัจจัยดังต่อไปนี้

(1) ลักษณะตามธรรมชาติของอาหาร

เนื่องจากอาหารมีลักษณะทางธรรมชาติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ปริมาณน้ำในอาหาร โครงสร้างของอาหาร และสารอาหาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่ออัตราการทำแห้งเป็นอย่างมาก อาหารที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนมีสารพวกเยื่อใยสูง เช่น พวกผักใบต่าง ๆ จะทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเคลื่อนที่ออกไปได้ง่าย ทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้ถ้าน้ำในอาหารอยู่ในรูปน้ำอิสระมาก จะทำให้อัตราการทำแห้งเป็นไปได้เร็วกว่าอาหารที่น้ำอยู่ในรูปของน้ำยึดเกาะกับองค์ประกอบของอาหาร เช่น ยึดเกาะกับน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นอัตราการอบแห้งของผักใบโดยทั่วไปจะเร็วกว่าผลไม้ และหากอาหารมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่มาก อาหารจะเหนียวเหนอะหนะ กีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารนั้นจะแห้งช้า

(2) ขนาดและรูปร่างของอาหาร

ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลอย่างยิ่งต่ออัตราการทำแห้ง โดยอาหารที่มีขนาดและรูปร่าง ที่ทำให้อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารมีมากจะช่วยให้การระเหยน้ำเร็วขึ้น เช่น มันเทศที่หั่นเป็นรูปลูกบาศก์ขนาดยาวด้านละ 1 เซนติเมตร จะมีการระเหยน้ำออกเร็วกว่ามันเทศที่หั่นเป็นรูปลูกบาศก์ขนาดยาวด้านละ 2 เซนติเมตร อาหารที่มีขนาดเล็กและบางจะสามารถทำแห้งได้เร็วกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่และหนา ทั้งนี้เนื่องการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารกับลมร้อนและทำให้สามารถดึงน้ำในอาหารออกมาได้อย่างทั่วถึง ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนไปทั่วชิ้นอาหารเพื่อระเหยน้ำออกจากอาหารได้ดีขึ้น ทำให้อัตราเร็วของการทำแห้งเร็วขึ้น

(3) การเตรียมและตำแหน่งของอาหารในตู้อบ

การเตรียมอาหารก่อนการอบแห้ง เช่น การลวกผักในน้ำร้อนก่อนที่จะนำมาตากแห้ง นอกจากจะมีผลในการช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพหรือคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์และอาจทำลายเนื้อเยื่อบางส่วนทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกมาได้เร็วขึ้น และทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น การลดขนาดของอาหารด้วยการตัดแต่ง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวมีผลให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น นอกจากนี้ลักษณะการจัดเรียงอาหารซ้อนกันหลายชั้นในเครื่องอบแห้งแบบตู้อบลมร้อน (cabinet drier) จะทำให้ปริมาณอาหารต่อถาดในขณะอบแห้งมากเกินไป จึงทำให้อาหารที่อยู่ชั้นกลาง ๆ ได้รับความร้อนได้ยากและไม่ทั่วถึงทำให้อาหารบริเวณดังกล่าวมีอัตราการอบแห้งช้ากว่า ดังนั้นจึงควรมีการจัดเรียงอาหารและจัดปริมาณอาหารต่อถาดในการอบแห้งให้เหมาะสม โดยควรจัดเรียงอาหารในถาดเป็นชั้นบาง ๆ ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้นและสม่ำเสมอ

(4) อุณหภูมิในการทำแห้ง

อุณหภูมิขณะทำแห้งอาหาร มีผลต่ออัตราการทำแห้งของอาหาร คือ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงก็จะทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกจากอาหารได้ง่าย แต่ทั้งนี้ควรให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่ควรสูงเกินไป เนื่องจากอาหารบางชนิดถ้าใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้ผนังเซลล์ของอาหารหดตัวเร็วมากจนทำให้ผิวหน้าของอาหารแข็งมีผลทำให้น้ำหรือความชื้นของอาหารที่อยู่ด้านในไม่สามารถผ่านหรือระเหยออกมาได้ นอกจากนี้ยังทำให้อาหารเกิดการสูญเสียคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การสูญเสียวิตามินในอาหาร การไหม้เกรียมของอาหาร การเกิดรสขม ทำให้อาหารไม่เหมาะแก่การบริโภค โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 45-70 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิระดับใดขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาหาร

(5) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

ในการทำแห้งอาหารถ้าเป็นการทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ หรือโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะส่งผลโดยตรงต่ออัตราการทำแห้ง ถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ในวันที่ฝนตกหรือไม่มีแสงจะทำให้การทำแห้งเป็นไปได้ยากขึ้น แม้แต่การอบแห้งด้วยเครื่องจักรกลก็เช่นกัน ถ้าอากาศในเครื่องมีความชื้นสัมพัทธ์สูงอัตราการทำแห้งก็จะช้าลง สามารถตรวจได้จากผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งหากสูงแสดงว่า อากาศในเครื่องอบแห้งมีไอน้ำน้อย จึงสามารถรับไอน้ำได้มากส่งผลให้อัตราการทำแห้งเร็วเร็วขึ้น แต่ถ้าผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง มีค่าเข้าใกล้ศูนย์อัตราการทำแห้งจะลดลงอย่างรวดเร็ว

(6) ความดันบรรยากาศ

ในการทำแห้งอาหารโดยทั่วไปจะมีการทำแห้งที่ความดันปกติ 1 บรรยากาศ หรือ 760 มิลลิเมตรปรอท ถ้ามีการลดความดันของบรรยากาศในขณะทำแห้ง จะทำให้จุดเดือดของน้ำในอาหารลดลง ทำให้การเคลื่อนตัวของน้ำในอาหารเป็นไปได้เร็วขึ้น ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ จะสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำลดลง และมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าการทำแห้งในบรรยากาศปกติเหมาะกับอาหารที่อาจเสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ง่าย เช่น น้ำผัก น้ำผลไม้ เป็นต้น

(7) ความเร็วลมร้อน

ความเร็วลมโดยรอบของการทำแห้งหรือเครื่องอบแห้งมีผลโดยตรงต่ออัตราการทำแห้ง เนื่องจากลมที่พัดผ่านไอร้อนสู่ผิวหน้าอาหารจะทำให้น้ำสามารถระเหยได้เร็วขึ้น อาหารจะแห้งเร็วขึ้นช่วยลดเวลาในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ แต่หลังจากความชื้นระเหยไป 2 ใน 3 แล้ว ความเร็วลมก็จะมีผลต่อการทำแห้งน้อยลง จะเห็นได้ว่าปัจจัยต่าง ๆ ของสภาวะขณะทำแห้งนั้นจะมีผลต่ออัตราการทำแห้งอาหาร ดังนั้นการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และความเร็วลมในขณะทำแห้งอาหารจะสามารถควบคุมอัตราการทำแห้งอาหารได้ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีการทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ เช่น การตากแดดนั้นจะไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวได้ เนื่องจากสภาวะ

ขณะทำแห้งจะขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศในขณะทำแห้งนั้น ทำให้การควบคุมอัตราการทำแห้งอาหารโดยการตากแดดนั้นเป็นไปได้ยาก

การตาก

การถนอมอาหารโดยวิธีตากแห้ง เป็นกระบวนการลดน้ำหนักของอาหารทำให้อาหารมีน้ำหนักเบาขึ้น โดยใช้ตัวกลางทำหน้าที่ถ่ายเท ความร้อนจากบรรยากาศไปสู่อาหารที่มีความชื้นอยู่โดยวิธีใดวิธีหนึ่งแล้วรับ ความชื้นจากอาหารระเหยไปสู่บรรยากาศภายนอกอาหารทำให้อาหารมีความชื้นลดลงไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดแห้งเป็นอาหารแห้งโดยทั่วๆ ไปอากาศจะมีบทบาทสำคัญทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและความ ชื้นดังกล่าว หลักเกณฑ์การถนอมอาหารตากแห้งคือ จะต้องลดยับยั้ง และป้องกันปฏิกิริยาทางเคมีทั้งหลายและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เพื่อให้ได้อาหารตากแห้งที่เก็บได้นานไม่บูดเน่าเพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือไม่มีสารเคมีตกค้างเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรรมวิธีเตรียมการผลิตหรือระหว่างการเก็บ เช่น ผักหรือผลไม้ต้องลวกน้ำร้อนก่อนนำไปตากแห้ง เพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์และลดปริมาณแบคทีเรียที่มีอยู่ เป็นต้น อาหารตากแห้งทำได้สองวิธีด้วยกันคือ

(1) การตากด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (solar drying)

การทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำได้ทั้งทางตรง และทางอ้อม ในแบบการทำแห้งทางตรงอาจเรียกว่า open sun drying โดยผลไม้จะถูกวางบนภาชนะ เช่น ถาด ตาข่าย ลวด หรือพลาสติก และปล่อยให้วัตถุดิบรับรังสีจากแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งวิธีนี้จะประหยัดพลังงานและต้นทุนในการผลิต แต่มีปัญหาในการควบคุมความสม่ำเสมอคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาจมีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆได้ง่าย และระยะเวลาในการตากแห้งนั้นจะใช้เวลานาน ระดับของความชื้นในผลไม้จะลดลงได้ไม่ต่ำกว่า 15–20 % จึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่าวิธีอื่นๆ

ในการทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อมซึ่งเป็นวิธีในการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้โดยการสร้างเครื่องอบแห้ง โดยทั่วไปประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวรับรังสี และส่วนที่ใช้ผลิต อุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบแห้งจะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของรังสีจากดวงอาทิตย์ แต่สามารถปรับปรุงได้ด้วยการเสริมพลังงานในรูปอื่น ซึ่งจะทำให้ระดับของอุณหภูมิคงที่ (วริศ ชนม์ นิลนนท์, 2546 : หน้า 124)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

(2) การทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air drying)

การทำแห้งด้วยลมร้อนน ลมร้อนจะเป็นตัวนำความร้อนไปสัมผัสกับวัตถุดิบโดยตรง ตัวอย่างของเครื่องอบแห้งที่อาศัยหลักการทำแห้งด้วยลมร้อนที่นิยมใช้อบแห้งโดยทั่วไปมีดังนี้

(2.1) เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา (kiln dryer) โครงสร้างจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนล่างซึ่งประกอบด้วย Gas burners ส่วนบนมีตะแกรงสำหรับวางวัตถุดิบ การทำงานของเครื่องเป็นลักษณะแบบไม่ต่อเนื่องนิยมใช้ในการทำแห้งผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ และผลไม้ที่มีลักษณะเป็นชิ้นสไลด์

(2.2) เครื่องอบแห้งแบบตู้ (cabinet dryers) เครื่องอบแห้งประเภทนี้มีลักษณะการทำงานแบบไม่ต่อเนื่อง แต่จะมีลมร้อนไหลผ่านวัตถุดิบอยู่ตลอดเวลา การไหลของอากาศร้อนจะขนานกับถาดบรรจุอาหารอากาศที่ผ่านเข้าตู้อบจะไหลผ่านขดลวดให้ความร้อน ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นกลายเป็นอากาศร้อนก่อนไหลผ่านถาดบรรจุวัตถุดิบ

(2.3) เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) ลักษณะการทำงานของเครื่องและการทำงานคล้ายกับเครื่องอบแห้งแบบตู้ โดยรถเข็นที่บรรจุถาดอาหารจะเคลื่อนที่เข้าอุโมงค์เครื่องอบแห้งที่ปลายด้านหนึ่ง จำนวนรถเข็นจะขึ้นอยู่กับขนาดของรถเข็น และความยาวของอุโมงค์ ทิศทางของอากาศร้อนที่เคลื่อนที่ผ่านมีลักษณะเป็นแบบสวนทาง และแบบไหลตาม เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์นี้นิยมใช้มากในผลไม้ได้เกือบทุกชนิด

(2.4) เครื่องอบแห้งแบบสายพานต่อเนื่อง (continuous belt dryer) โดยวัตถุดิบจะถูกทำให้แห้งบนสาพานที่ลำเลียงผ่านอากาศร้อนในทิศทางการไหลแบบสวนทางหรือแบบไหลตามเช่นเดียวกับแบบอุโมงค์ ข้อได้เปรียบสำหรับวิธีนี้คือมีความสะดวก การลำเลียงวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ทำได้ง่ายด้วยสายพานที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง

กล้วยตาก

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (มปป.) ได้กล่าวเกี่ยวกับกล้วยตาก ไว้ว่า กล้วยตาก (banana figs) กล้วยตากที่ทำกันมากในประเทศไทยนิยมใช้กล้วยน้ำว้าเพราะมีทุกฤดูกาลและราคาถูก กล้วยชนิดอื่น เช่น กล้วยหอม กล้วย ไข่ กล้วยเล็บมือนาง ก็ใช้ทำกล้วยตากได้ แต่ราคาต้นทุนสูงกว่า ตามที่กรมวิทยาศาสตร์ได้ทดลองทำมาแล้ว กล้วยตากที่ทำจากกล้วยหอม กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง เมื่อตากแห้งมีรสอร่อย และกลิ่นหอมกว่ากล้วยน้ำว้า แต่สีจะเข้มกว่าเนื่องจากกล้วยเหล่านี้มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่ากล้วยน้ำว้า สียอมเปลี่ยนแปลงโดยความร้อนได้ง่าย (caramelization)

กล้วยตากที่ทำกันทั่วไปในประเทศไทยมีกรรมวิธีที่คล้าย ๆ กันคือ บ่มกล้วยให้สุกงอม ปอกเปลือก แล้วนำไปตากทันที จนผิวนอกของกล้วยแห้งลงพอประมาณ หรือตากสัก 3-4 แดดก็นำมากดหรือบีบให้ แบน แล้วนำไปตากอีก 2-3 แดดจนแห้ง ทั้งนี้แล้วแต่อากาศ กล้วยตากที่มีคุณภาพดีจะมีความชื้นประมาณไม่เกินร้อยละ 20 มีสีน้ำตาลอ่อน รสหวานและกลิ่น หอมตามลักษณะของกล้วยตาก

คุณภาพของกล้วยตากจะดีหรือไม่ นอกจากจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีแล้วยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการผลิตคือ เริ่มตั้งแต่การปอกกล้วยไปจนถึงการตากเสร็จ ยิ่งใช้เวลาสั้นเท่าใดก็จะได้กล้วยตากคุณภาพดีเท่านั้น หากใช้เวลานาน เช่น ทิ้งกล้วยที่ปอกไว้นานก่อนตาก ใช้เวลาตากนาน จะเป็นด้วยแดดไม่ดี หรือเหตุอื่นใดก็ตามที่ทำให้ระยะเวลาตากนานจะเป็นเหตุให้กล้วยตาก มีสีเข้มไปจนถึงคล้ำ แล้วก็จะมีผลไปถึงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะด้อยลงด้วย ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารบางอย่างในกล้วย และออกซิเจนในอากาศ

ปัจจุบันนี้มีผู้ผลิตกล้วยตากเป็นอุตสาหกรรมกันมาก นอกจากจำหน่ายภายในประเทศแล้วยังส่งเป็นสินค้าส่งออกด้วย มีการใช้เตาตากกันมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นเพราะสะอาดและใช้ระยะเวลาสั้นในการตาก

กรมวิทยาศาสตร์ได้เคยให้คำแนะนำแก่ผู้ผลิตในด้านอุปกรณ์ และกรรมวิธีการผลิตกล้วยตาก อาทิเช่น แบบเตาอบ รวมทั้งกรรมวิธีการตากที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เก็บได้นาน การปฏิบัติให้ถูกสุขลักษณะ การใช้สารเคมี (pre-treatment) เช่น น้ำยาที่ให้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์นำไปแช่กล้วยที่ปอกแล้วทันที ซึ่งจะช่วยรักษาสีกล้วยในระหว่างการตาก และป้องกันเชื้อราในระหว่างการเก็บ ตลอดจนให้คำแนะนำในเรื่องที่เกี่ยวกับภาชนะบรรจุ

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

วิภาดา มุนินทร์นพมาศ (2561 : หน้า 132-133) กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากอบแห้งว่า การนำอาหารสดต่าง ๆ เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และอาหารทะเล มาผ่านการอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพ มากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของ อาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะ ขนาด และรูปร่าง

อาหารสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ เมื่อนำมาผ่านการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ด้านลักษณะปรากฏดังนี้

(1.1) การหดตัว ตามธรรมชาติอาหารสดจะมีน้ำมาก ทำให้เซลล์เต่ง ผนังเซลล์มีความยืดหยุ่นเมื่อนำมาผ่านการระเหยน้ำออกโดยการทำแห้ง เซลล์ของอาหารที่ปกติจะเชื่อมโยงกันก็จะถูกดึงให้ไปแทนที่ช่องว่างนั้น ส่งผลให้เซลล์ของอาหารหดตัว ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้เหมือนเดิม แต่ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวและบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะทำให้อาหารหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ หากทำการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็ว ผิวหน้าอาหารจะแห้งและแข็งก่อนที่อาหารส่วนที่อยู่ตรงกลางจะแห้ง เมื่อทำการอบต่อจนบริเวณตรงกลางของอาหารแห้งและหดตัว มีผลให้เกิดแรงดึงจนผิวหน้าอาหารเกิดการปริแตกได้

(1.2) การเกิดเปลือกแข็ง (case hardening) เป็นลักษณะที่ผิวหน้าของอาหารแข็งกระด้างและเป็นเปลือกหุ้มส่วนของอาหารที่ยังไม่แห้งไว้ ซึ่งเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้ การอบแห้งในช่วงแรกน้ำระเหยออกไปเร็วเกินไป ทำให้น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าไม่ทันหรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิวหน้า หรืออาหารบางชนิดที่มีเนื้อแน่น การเคลื่อนที่ของน้ำมาสู่ผิวของอาหารเป็นไปได้ช้า สามารถหลีกเลี่ยงโดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง และเพิ่มความชื้นในอากาศร้อนเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันสมควร ส่วนอาหารที่มีเนื้อแน่นแข็ง เช่น เผือก มันเทศ มันฝรั่ง ควรหั่นให้มีขนาดเล็กก่อนอบแห้ง

(2) การเปลี่ยนสี

โดยปกติอาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้ม เนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การเกิดสีน้ำตาล (browning) ที่เป็นผลจากการใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้น้ำตาลเกิดการไหม้ หรือการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนี้รงควัตถุในผักและผลไม้ เช่น แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินจะซีดจางลงเมื่อได้รับความร้อน ส่วนสีเขียวของคลอโรฟิลล์เอ และบีในผักใบเขียวมีความคงตัวถ้ามีแมกนีเซียมอยู่ในโมเลกุล เมื่อนำผักมาผ่านความร้อนโดยการอบแห้ง แมกนีเซียมจะหลุดออก มาจากโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟิโอไฟตินซึ่งเป็นสีเขียวมะกอก สามารถป้องกันการสูญเสียแมกนีเซียมในโครงสร้างคลอโรฟิลล์ได้ โดยการลวกผักในน้ำร้อนหรือแช่ในสารละลายด่างก่อนการอบแห้ง

(3) การเสียความสามารถในการคืนรูป (rehydration)

อาหารแห้งบางชนิด เช่น เห็ดหอม สาหร่าย และวุ้นเส้น ก่อนนำมาบริโภคต้องนำมาคืนสภาพโดยการแช่น้ำก่อน แต่พบว่าไม่สามารถคืนรูปได้ถึงร้อยละร้อยและใช้เวลานาน การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิมเพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์สตาร์ช และโปรตีนเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ อาหารที่ทำแห้งด้วยการเยือกแข็งจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะทำลายผนังเซลล์หรือเปลี่ยนโครงสร้างของสตาร์ชและโปรตีน

(4) การเสียคุณค่าอาหารและสารระเหย

การทำแห้งอาหารเกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซีและแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง และไทอะมีนจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งนาน การสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การทำแห้งยังทำให้เกิด การสูญเสียสารระเหย เนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลงหรือแตกต่างไปจากเดิม ปริมาณการสูญเสียสารระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย

ผลกระทบของการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้งต่อคุณค่าทางโภชนาการ

การทำเป็นการระเหยน้ำหรือไล่ความชื้นออกไปจากอาหารและเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง โปรตีน ไขมัน การถนอมและการแปรรูปอาหารด้วยวิธีนี้ จะทำให้คุณค่าของอาหารลดลง โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและถ้ามีการลวกหรือแค่สารเคมีก่อนทำแห้งเพื่อทำลายเอนไซม์ก็จะยิ่งทำให้วิตามินลดลงอีกโดยวิตามินที่สูญเสียไปมากในการทำแห้งคือ วิตามินซีและวิตามินบี 1 ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมัน ส่วนใหญ่จะยังคงอยู่ในอาหารแห้ง การทำแห้งด้วยการตากแดดสูญเสียวิตามินและคุณค่าทางอาหารไปมากกว่าการใช้เครื่องทำแห้ง (อรวินท์ เลาหรัชต์นันท์, 2555)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

Barba และคณะ (2014 : P.261) รายงานว่าในการทำน้ำผลไม้ที่เป็นที่นิยมในท้องถิ่นของประเทศสเปน คือ ส้มผสมมะม่วงและมะละกอสุก มีปัญหาเรื่องน้ำผลไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่เมื่อใช้ความดัน 453 MPa เป็นเวลา 5 นาที และ น้ำหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana*) เข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลต่อปริมาตร จะมีฤทธิ์ยับยั้ง PPO และ POD ดีที่สุด แต่ถ้าปริมาตรความเข้มข้นเกินจากนี้อาจเป็นอันตรายได้

Iyengar และ McEvily (1992 : P.60) รายงานว่ากรดซิตริก ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ด้วยคุณสมบัติ 2 อย่าง คือ ทำหน้าที่ลด pH เมื่อค่า pH มีค่า 4 หรือต่ำกว่า เอนไซม์จะทำงานได้ดีที่สุด จะทำให้การทำงานของเอนไซม์นั้นลดลง และอีกคุณสมบัติหนึ่งคือ กรดซิตริกจะจับกับทองแดง (copper) ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้

โชคชัย ธีรกุลเกียรติ และพัชรินทร์ สายสังข์ (2549 : หน้า 430) ได้กล่าวว่า การศึกษาผลของสารสกัดจากเปลือกสับปะรดต่อการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอม มันฝรั่ง เห็ดฟาง และแอปเปิลชนิดบดและชิ้น เปรียบเทียบกับการใช้สารละลายกรดซิตริก (pH 3.8) และน้ำกลั่น โดยวัดค่าสีและค่าการเกิดสีน้ำตาล พบว่ากล้วยหอมบดผสมด้วยสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีค่าการเกิดสีน้ำตาลใกล้เคียงกับสารละลายกรดซิตริก และมีค่าต่ำกว่าน้ำกลั่น เมื่อเก็บไม่เกิน 1 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) โดยค่าการเกิดสีน้ำตาลเป็น 2.95 3.04 และ 4.27 ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งบดผสมสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีค่าการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าสารละลายกรดซิตริกและน้ำกลั่น เห็ดฟางและแอปเปิลที่บดผสมด้วยสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีค่าเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าสารละลายกรดซิตริกและน้ำกลั่น ส่วนค่าการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นกล้วยหอมแช่ด้วยสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีค่าต่ำกว่าสารละลายกรดซิตริกและน้ำกลั่น เมื่อเก็บไม่เกิน 2 ชั่วโมง โดยมีค่าเป็น 2.00 3.15 และ 5.80 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) แต่ชิ้นมันฝรั่ง เห็ดฟางและแอปเปิลที่แช่ด้วยสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีค่าการเกิดสีน้ำตาลใกล้เคียงกับสารละลายกรดซิตริกหรือน้ำกลั่น ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษากล้วยหอมที่ใช้สารสกัดจากเปลือกสับปะรดจะน้อยกว่าในมันฝรั่ง เห็ดฟาง และแอปเปิล

ธีรนุช เร่งวัฒนะชัย ภูริวัฏ ลิขิตลือชา และ สงวนศรี เจริญเหรียญ (2554 : หน้า 340) ได้ศึกษาการลดสีน้ำตาลในกล้วยหอมแช่เยือกแข็งโดยการแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิก ที่ 1% 2% และ 3% มีค่าความสว่างมากกว่า ตัวอย่างควบคุมและการลวก และผู้ทดสอบชอบสีของตัวอย่างที่แช่สารละลาย 3% มากที่สุด

ประกายมาศ เลิศวิราม และปวีณา สวัสดิ์มิ่ง (2558 : หน้า 1) ได้ศึกษาปฏิกิริยาสีน้ำตาล เนื่องจากเอนไซม์จัดว่าเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่ทำให้ผักและผลไม้สูญเสียคุณภาพ เช่น มันฝรั่ง สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการ ในขณะเดียวกัน รำข้าวจัดว่าเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปของข้าว และเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกซึ่ง

เป็นสารที่ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม (น้ำ น้ำร้อน (100°C) และ 50%เอทานอล) ที่ใช้ในการสกัดให้ได้สารสกัดจากรำข้าว นอกจากนี้ยังทำการศึกษาการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งโดยเปรียบเทียบสารสกัดจากรำข้าวกับวิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพ พบว่า สารสกัดจากรำข้าวสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้ ซึ่งสารสกัดจากรำข้าวที่สกัดผ่านการสกัดด้วย 50%เอธานอล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดคือ 98 มิลลิกรัมสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด/100 กรัมสารสกัดจากรำข้าว และชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้ร้อยละ 49.20 วิธีที่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้ดีที่สุดคือ วิธีทางเคมี สารสกัดจากรำข้าว และวิธีทางกายภาพ ตามลำดับ วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ Completely Random Design (CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าวิธีทางเคมีจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากรำข้าว แต่ก็เป็นวิธีที่มีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอาการแพ้หรือผลข้างเคียงสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่ม

พัชรินทร์ สายสังข์ (2545 : หน้า 10) ได้กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลเป็นสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์

สุพัชชา ขับกล่อมส่ง และ โชคชัย ธีรกุลเกียรติ (2556 : หน้า 4) ได้ศึกษาสารสกัดโปรตีนจากรำข้าวมีค่าร้อยละการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งบด สูงกว่ากล้วยหอม และแอปเปิ้ลบด ซึ่งมีค่าร้อยละ 46.68, 16.76 และ 10.24 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี