บทที่ 2
สำรวจเอกสาร

2.1 เครื่องต้มยำ

ในปัจจุบัน กระแสความนิยมอาหารไทยทั้งภายในและต่างประเทศมีมากขึ้น โดยเฉพาะอาหารประเภทต้มยำ ซึ่งเป็นอาหารไทยที่มีรสชาติเผ็ดร้อน และมีกลิ่นรสเพราะตัวเป็นที่รู้จักกันทั่วโลก เนื่องจากมีส่วนประกอบของสมุนไพร ได้แก่ ข่า ตะไคร้ พริก ใบมะกรูด ซึ่งถ้าหากเป็นวัตถุดิบสดจะมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นเนื่องจากยังมีความชื้นสูงและมีจุลินทรีย์เจริญ ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย นอกจากนี้การขนส่งในรูปวัตถุดิบสดยังต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากพืชผักสดยังคงมีการหายใจอยู่ อาจเกิดการสะสมของความร้อนและความชื้นสูงในระหว่างการขนส่งซึ่งจะเร่งการเน่าเสียให้เกิดขึ้นด้วย จึงใช้วิธีการอบแห้งในการแก้ปัญหาเพื่อยืดอายุการเก็บของผลผลิตชนิดนี้ให้นานขึ้น ทำให้การขนส่งทำได้สะดวก เนื่องจากผลิตผลมีน้ำหนักเบาและไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการขนส่ง

1. พริก

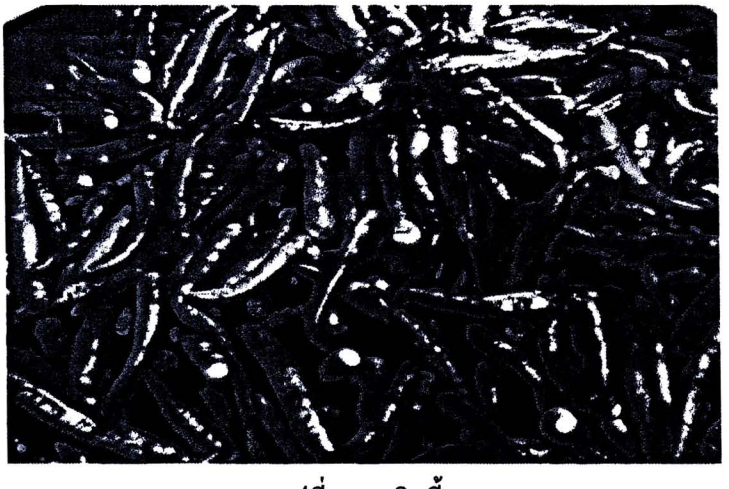
พริกเป็นพืชที่อยู่ในสกุล Capsicum มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนในทวีปอเมริกาและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก เป็นพืชเก่าแก่ที่รู้จักกันมานานแล้ว พริกมีขายในตลาดทั่วไปในประเทศไทย คือ พริกขี้หนู(Capsicum frutescens Linn.Z(C.minimum Roxb.)) พริกหยวก(Capsicum annuum Linn.) และพริกชี้ฟ้า(Capsicum annuum Linn. Var. acuminatum Fingarh) พริกยังมีสารแคปไซซิน (Capsaicin) ซึ่งเป็นสารให้ความเผ็ดร้อนและมีสารอาหารซึ่งมีทั้งคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นเกลือแร่และวิตามิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัสมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือแคลเซียมและยังมีวิตามินอีกหลายชนิด ได้แก่ วิตามินเอ บีหนึ่ง บีสอง ซี และไนอาซิน **(1,2,3,4 ,11,12,13,18,19,21)** ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พริกขี้หนูสดดังแสดงในรูปที่2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของพริกขี้หนู พริกหยวก และพริกหวาน ข่า ตะไคร้ และใบมะกรูดในปริมาณ 100กรัม

สารอาหาร	ปริมาน			
	พริกขี้หนู,พริกหยวก,พริกหวาน	ข่า	ตะไคร้	ใบมะกรูด
โปรตีน(กรัม)	1.0-5.55	0.9	0.9	5.5
ไขมัน(กรัมป	0.46-6.25	0.2	1.3	3.1
คาร์โบไฮเดรต(กรัม)	0.93-12.40	12.4	18.4	21.7

สารอาหาร	ปริมาน			
	พริกขี้หนู,พริกหยวก,พริกหวาน	ข่า	ตะไคร้	ใบมะกรูด
แคลเซียม(กรัม)	4.88-66.50	14	34	1.029
ฟอสฟอรัส(กรัม)	23.10-181.70	81	30	35
เหล็ก(มิลลิกรัม)	0.4-1.66	9.4	2.8	3.3
โซเดียม(มิลลิกรัม)	0.93-57.30	-	12	23
โปรแทสเซียลม(มิลลิกรัม)	219.70-891.20	-	196	352
เหล็ก(มิลลิกรัมป	-	-	2.8	
สังกะสี(มิลลิกรัม)	-	-	0.8	0.5
วิตามินเอ(หน่วยสากล)	81.70-75,111.1	-	-	-
วิตามินบี1(มิลลิกรัม)	0.90-0.40	-	-	-
วิตามินบี2(มิลลิกรัม)	0.05-0.42	0.01	0.02	-
วิตามินซี(มิลลิกรัม)	33.3-132.30	10	1	20
ไนอาซีน(มิลลิกรัม)	0.79-9.15	-	-	-
ไทอามีน(มิลลิกรัม)	0.05	0.03	-	0.2
ความชื้น(มิลลิกรัม	64.0-93.44	-	-	-
กาก(กรัม)	1.67-10.60	-	-	-
เถ้า(กรัม)	0.47-2.10	-	-	-
น้ำ(กรัม)	-	86.7	77.3	86.3
พลังงาน(กิโลแคลอรี่)	-	55	89	137

ที่มา : กองวิทยาศาตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาตรบริการ (2542) และ Institute of Nutrition มหาวิทยาลัยมหิดล



รูปที่ 2.1 พริกขี้หนูสด

2. ข่า

ข่ามีชื่อสามัญว่า Galananga มีชื่อทางวิทยาศาตร์ว่า Alpinia galangal (Linn.) Swartz., Languasgalanga (Linn.) Stuntz. จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae โดยมีชื่อท้องถิ่นแตกต่างกันไป เช่น กฎุกกโรหินี ข่าหยวก ข่าหลวง สะเอเชย เสะเออเคย ข่ามีสารที่ช่วยลดการบีบตัวของลำไส้ได้ คือ cineole camphor, eugenol นอกจากนี้ยังพบสารที่ออกฤทธิ์ช่วยลดการอักเสบได้ คือ 1-acetoxychavicol acetate และ 1-acetoxy eugenol acetate (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน,2542) สารอาหารส่วนมากคือน้ำและคาร์โบไฮเดรต และวิตามินวีสูง และไทอามีน ไรโบฟลาวินอีกเล็กน้อย เกลือแร่ที่มีปริมาณสูงที่สุดคือฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบพลังงานในน้ำหนักเท่ากันแล้วข่าจะให้พลังงานต่ำกว่าใบมะกรูดและตะไคร้ดัง**(1,2,3,4,5,18,19,21)** ตารางที่2.1 สรุปรวมน้ำมันหอมระเหยที่มีในข่าดังตารางที่2.2 และข่าสดแสดงในรูปที่2.2

รูปที่ 2.2 ข่าสด

3. ตะไคร้

ตะไคร้มีชื่อสามัญว่า Lemongrass และ Lapine มีชื่อท้องถิ่น คือ จะไคร (ภาคเหนือ) ไคร (ภาคใต้) คาคอม (แม่ห้องสอน) หัวสิงโต (เขมร ปราจีนบุรี) ใบและล้านประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย(essential oil) อยู่ในปริมาณสูง ตะไคร้จัดเป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่ง นิยมใช้ปรุงรสและแต่งกลิ่นอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะต้มยำช่วยดับกลิ่นคาวและทำให้อาหารมีรสชาติ อีกทั้งสรรพคุณเป็นยา บำบัดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด ปัจจุบันนิยมผลิตเป็นตะไคร้อบแห้งกันมากขึ้น และบริโภคในรูปของชาตะไคร้ ใช้ดื่มเพื่อบำรุงสุขภาพ และเริ่มแพร่หลายไปต่างประเทศ(วิชัย จันทรรักษา,2542) ตะไคร้มีน้ำเป็นองค์ประกอบ สาร อาหารอย่างอื่นได้แก่ คาร์โบไฮเดรต

นอกจากนี้ยังมีไขมัน และโปรตีนเล็กน้อย และส่วนเกลือแร่นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับพริกแล้ว พบว่าตะไคร้มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงแต่ปริมาณน้อยกว่าดังแสดงในตารางที่ 2.1 ตะไคร้มีสารสำคัญในน้ำมันคือ citril,citronellal,citronely acetate,1-borneol, ranniol,linalool,methy,methylneptanone, menthol,limonene 1และ cineole (ศิริกุล จันทร์สว่าง และ คณะ, 2542 และเรวดี ชูช่วย,2541) **(11,12,13,18,19,21)** สรุปรวมน้ำมันหอมระเหยที่มีในตะไคร้ดังตารางที่ 2.2 ตะไคร้สดแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ตะไคร้สด

4. ใบมะกรูด

มะกรูดมีชื่อสามัญ คือ Leech Linme, Kiffir Lime และ Porcupine orange มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Citrus hystrix DC. จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae โดยมีชื่อท้องถิ่นแตกต่างกันไป เช่น ส้มมะกรูด ส้มมั่วผี (ภาคใต้) มะหูก (จ.หนองคาย) นฏ้จากผลมะกรูด เช่น Citric acid รวมทั้งวิตามินซี ใบมะกรูดมีสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันน้อย แต่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด เกลือแร่ที่มีเป็นปริมาณสูงคือฟอสฟอรัส เมื่อเปรียบเทียบพลังงานในใบมะกรูดกับตะไคร้ในน้ำหนักเท่ากัน ใบมะกรูดให้พลังงานสูงกว่าตะไคร้ในปริมาณเท่ากัน (ตารางที่2.1) สาระสำคัญคือน้ำมันหอมระเหยในผิวมะกรูดคือ limonene ,pinene, sabinene และ citronellal (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2542) ในใบก็มีสารนี้อยู่ด้วยเช่นกันและสรุปรวมน้ำมันหอมระเหยที่มีในใบมะกรูดและผิวมะกรูดดังตารางที่2.2 ใบมะกรูดแสดงในรูปที่2.4 **(10,11,12,13,18,19,21)**

รูปที่ 2.4 ใบมะกรูดสด

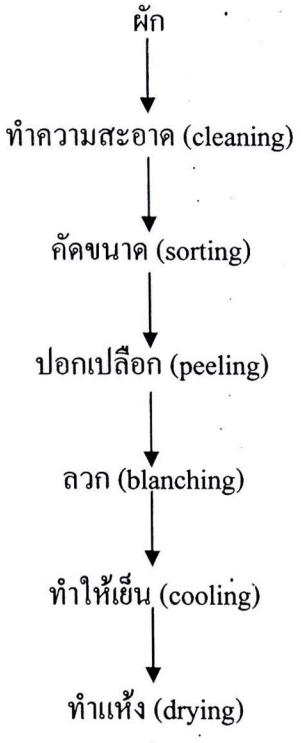
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบรวมที่มีในน้ำมันหอมระเหยของเครื่องต้มยำชนิดต่างๆ

ข่า	ตะไคร้	ใบมะกรูด
methyl cinnamate 48%	geraniol 36.64 %	limonene 90%
cineol 20-30%	citronellal 22.05%	citral
eugenol	citral 7.36 %	citronellal
camphor	linalool 1.88%	methyl ester
kaemferol	camphor	linalool
pinene	myrcene	terpineol
galangin	eugenol	nonyl alcohol
cinnamic aldehyde		methyl anthrailate

ที่มา: www.tistr.or.th และสำหนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน;2542

2.2 วิธีการทำแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร

การตากแห้วด้วยแสงอาทิตย์เป็นวิธีการทำแห้งที่ง่ายที่สุด ประหยัดค่าใช้จ่าย และนิยมใช้กันมานานแล้ว เพื่อป้องกันการเน่าเสียเนื่องจากจุลลินทรีย์ ทำให้เก็บรักษาได้นาน นอกจากนี้ยังทำให้อาหารมีน้ำหนักลดลงจึงสะดวกในการขนส่ง และยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ในการทำแห้งผักและผลไม้โดยทั่วไปเริ่มด้วยการคัดเลือกวัตถุดิบ จากนั้นทำความสะอาด ปอกเปลือก ตัดแต่ง แล้วจึงนำไปลวก อาจใช้น้ำร้อน ไอน้ำ หรือไมโครเวฟเพื่อทำลายเอนไซม์ที่ทำให้ผักเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพต่างๆ อาจใช้สารเคมีช่วยในการรักษาคุณภาพ เช่น สี และความกรอบของผัก เช่น การใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ แคลซียมคลอไรด์ เป็นต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งผักและผลไม้ คือ 51.6-60.0 (นิธิยา รัตนปนนท์;2544) อุณหภูมิที่เหมาะสมเริ่มต้นอาจสูงกว่านี้ได้ เพื่อช่วยให้ความชื้นออกจากอาหารได้เร็วขึ้น แต่ถ้าหากอุณหภูมิต่ำจะทำให้อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพดี และรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้ดี เวลาที่ใช้ในการทำแห้งขึ้นกับชนิดของอาหาร ขนาดของชิ้นอาหาร ชนิดของเครื่องทำแห้ง และอุณหภูมิของการทำแห้ง โดยปกติใช้เวลาในการทำแห้งผัก 6-15 ชั่วโมง คือจนกระทั้งผักกรอบ ส่วนผลไม้ใช้เวลาประมาณ 6-24 ชั่วโมง บางครั้งอาจใช้เวลานานกว่าที่กำหนดไว้ หากอาหารยังไม่แห้งพอ (ดรุณี ธนะนันท์กุล;2534) ขั้นตอนการทำแห้งผักโดยทั่วไปดังรูปที่ 2.8 **(21,22,23,24,25,26,27,28,)**



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำแห้งผักโดยทั่วไป

2.3 การลวก

ขั้นตอนการลวกอาจทำร่วมกับการทำความสะอาดวัตถุดิบและปอกเปลือกเพื่อประหยัดเวลาและพลังงาน ทำได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ โยการนำวัตถุดิบไปผ่านความร้อนอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด (pre-set temperature) และให้อยู่ที่อุณหภูมินี้ระยะเวลาหนึ่ง(pre-set time) หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง

2.3.1 วัตถุประสงค์การลวกเป็นกระบวนการที่ใช้ทำลาย ยับยั้งหรือป้องกันการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในผักและผลไม้ก่อนการแปรรูป นอกจากนี้การลวกยังเป็นการกำจัดอากาศออกจากเนื้อเยื่อ และอาจทำให้เกิดการสูญเสียของแข็งที่ละลายน้ำ(soluble solid) การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือโพลิเมอร์อื่นๆที่ละลายน้ำได้ เช่น protopectin(Mateและคณะ;1998)เอนไซม์ที่มีอยู่ในผักและผลไม้(endogenous enzyme) มีหลายชนิด ได้แก่ polyphenoloxidase(PPO)ที่ทำให้เกิดขบวนการเกดสีน้ำตาล(browning) และสีที่ผิดปกติ (off-color) lipoxygenase (LOX) เป็นเอนไซม์เริ่มต้นที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในผักและผลไม้ polygalalactulonase (PG) และ pectin methylesterase (PME) เกี่ยวกับการสูญเสียเพิคติน จึงมีความเกี่ยวเนื่องกับความหนืด(vicosity) และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะ PEM ทำให้เกิดการขุ่น (cloud) ในน้ำผลไม้ และ chlorophillase แต่เอนไซม์ peroxidase จะมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเอนไซม์ catalase ดังนั้นเมื่อตรวจสอบไม่พบ peroxidase ก็แสดงว่า catalase ถูกทำลายไปด้วยเช่นกัน (Anthon และคณะ;2002) การทำลายเอนไซม์มีวิธีแตกต่างกัน ได้แก่ การให้ความร้อนโดยวิธีการลวก(blanchaing) การฆ่าเชื้อด้วยวิธีการ pasteurization หรือ sterilization หรือการรายงานถึงการใช้ความดันสูง หรือการใช้เครื่องมือที่มีการเปลี่ยนแปลงสนมไฟฟ้า(plused electric fields) มาร่วมในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เหล่านี้ด้วย แต่ทว่าการใช้ความร้อนนั้นอาจทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการ เช่นการเปลี่ยนแปลงสี เนื้อสัมผัส กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนที่ต่ำที่สุดที่ยังมีประสิทธิภาพเพียงพอในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ไม่ต้องการเหล่านี้

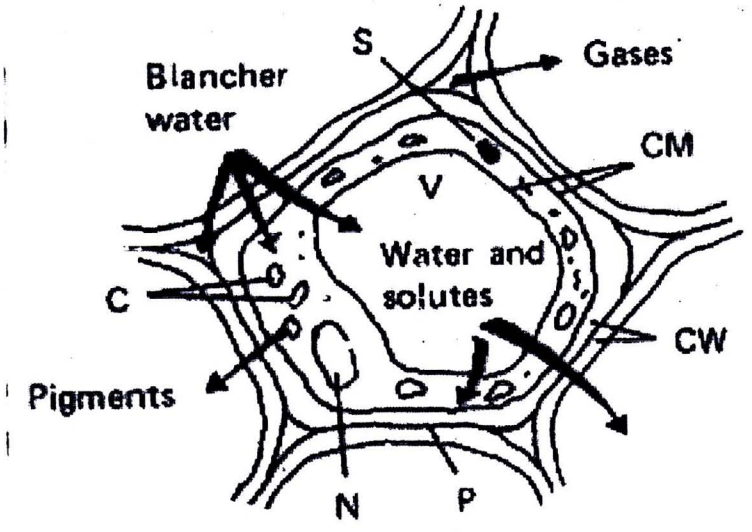
ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการลวก(blanching time) ได้แก่ ชนิดและขนาดของชิ้นส่วนผักหรือผลไม้ อุณหภูมิที่ใช้ในการลวกและวิธีการให้ความร้อน ในกระบวนการทำให้แห้ง ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกอาหารที่ไม่เพียงพอที่จะทำลายเอนไซย์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่น รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างการเก็บรักษาดังนั้นการลวกอาหารที่ไม่สมบูรณ์อาจมีผลเสียมากกว่าไม่ลวก เพราะเป็นเพียงการทำลายเนื้อเยื่อของอาหารแต่ไม่เพียงพอที่จะทำลายเอนไซย์ได้ และอาจทำให้เอนไซย์กับสารตั้งต้นรวมตัวกันได้ง่ายขึ้น หรือ การทำลายเอนไซย์กับสารตั้งต้นรวมตัวกันได้รวมตัวกันได้ง่ายขึ้น

หรือ การทำลายเอนไซย์ชนิดหนึ่งอาจไปเพิ่มการทำงานของเอนไซย์ชนิดหนึ่งอาจไปเพิ่มการทำงานของเอนไซย์ชนิดอื่นและไปเร่งให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียมากขึ้น

2. เพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปลื้อน อาหารที่ผ่านการลวกทีไม่สมบรูณ์จะยังคงมีจุลินทรีย์เริ่มต้นในปริมาณสูง

3. เพื่อทำลายเนื้อเยื่อของผักผลไม้นุ่มขึ้นและปริมาณลดลง ซึ่งจะช่วยให้การบรรจุอาหารลงภาชนะทำได้ง่ายมากขึ้นและยังเป็นการไล่อากาศที่มีในช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) และช่วยทำให้เกิดสูญญากาศในกระป๋องได้ง่ายขึ้น

4. เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับผลิตภัณย์ก่อนเข้ากระบวนการแปรรูปต่อไป ซึ่งมีผลทำให้กลิ่นรสรวมถึงโครงสร้างของผักและผลไม้มีคุณภาพทางเนื้อสัมผัสดีขึ้นด้วย และทำให้การปอกเปลลือกทำได้ง่ายขึ้นแต่การลวกมีข้อเสียคือการสูญสียสารอาหารโดยเฉพาะวิตามิน (Mate และ คณะ ,1998) ความร้อนจากการลวกมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางด้านโภชนาการของอาหาร ซึ่งทำให้เนื้อเยื่อพืชมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยมีลักษณะดังรูปที่ดังนี้ผนังเซลย์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (CW) การเปลี่ยนแปลงเมมเบรรนของไซโทพลาสซึม (CM) สตาร์ชเกิดเจลาติไนเซชัน (S) โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินเปลี่ยนไป (P) โปรตีนในนิวเครียสและไซโทพลาสซึมเสียสภาพธรรมชาติ (N) คลอโรพลาส และโครโมพลาสมีรูปร่างเปลี่ยนไป(C)เป็นต้น



รูปที่2.6 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์พืชที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการลวก

ที่มา : Fellow (1990)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการลวก

1. สารอาหาร

สารอาหารที่ละลายน้ำได้รวมทั้งวิตามิน และเกลือแร่ ส่วนใหญ่เกิดการชะล้าง หรือถูกทำลายด้วยความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ความสุกและชนิดของอาหาร วิธีการการเตรียมอาหาร โดยเฉพาะการตัดการผ่าร่างต่างๆบางๆหรือหั่นเป็นรูปร่างต่างๆ รวมไปถึงอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของชิ้นส่วนอาหาร วิการลวกที่ใช้ นอกจากนี้พบว่าการลวกโดยอุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาสั้นกว่าทำให้การสูญเสียวิตามินเกิดน้อยกว่าการลวกที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่ใช้เวลานาน วิธีการทำให้เย็น และอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต่ออาหารทั้งในการลวกและกานทำให้เย็นด้วยน้ำโดยทั่วไปสามารถใช้ปริมาณการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกเป็นดรรชนีที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของอาหารและความรุนแรงของการลวก ดังรายละเอียดตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 วิธีการลวกผักและการสูญเสียกรดแอสคอร์บิก

วิธีการลวก	การสูญเสียกรดแอสคลอบิก(%)		
	ถั่ว	บรอคโคลี	เมล็ดถั่วลันเตา
ลวกด้วยน้ำร้อน-ทำให้เย็นลงด้วยน้ำ	29.1	38.7	15.1
ลวกด้วยน้ำร้อน-ทำให้เย็นลงโดยอากาศ	25.0	30.6	19.5
ลวกโดยไอน้ำ-ทำให้เย็บลงด้วยน้ำ	24.2	22.2	17.7
ลวกโดยไอน้ำ-ทำให้เย็นลงด้วยอากาศ	14	9.0	18.6

ที่มา: Fellow(1990)

2. สีและกลิ่นรส

การลวกทำให้อาหารบางชนิดมีสีสดใสขึ้น เนื่องจากอากาศและฝุ่นละอองบนผิวถูกกำจัดออกไปนิยมเติม sodium carbonate (0.215% w/w) หรือ Calcium oxide ลงในน้ำที่ใช้ลวกเพื่อป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์ ผักจึงยังคงสีเขียว การเกิดปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ (enzymic browning reaction) ในแอปเปิ้ล มันฝรั่งชิ้นและมะเขือสามารถป้องกันได้โดยการแช่ลงในน้ำเกลือเจือจาง (2% w/w) ก่อนลวก การลวกที่ทำอย่างเหมาะสมจะทำให้กลิ่นและรสชาติของผักและผลไม้เปลี่ยนแปลงไปไม่เด่นชัดนัก แต่การลวกที่ไม่เหมาะสมสามารถทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติเหม็นหืนขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแห้งหรืออาหารแช่แข็ง เวลาที่ใช้ในการลวกผักแต่ชนิดจะชะยะเวลาไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับขนาด ลักษณะของผักและผลไม้ชนิดนั้นๆ โดยเวลาที่ใช้กับผักชนิดต่างๆที่มีการใช้โดยทั่วไป สรุปดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เวลาในการลวกผักในน้ำร้อน 100 °C ก่อนการแช่เยือกแข็ง

ผัก	เวลาในการลวก(นาที)
<u>หนย่อไม้ฝรั่ง</u>	
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง น้อยกว่า 5/16นิ้ว	2
ขนากส้นผ่าศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว-9/16 นิ้ว	3
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10/16 นิ้ว	4
<u>เม็ล็ดถั่วลันเตา</u>	
ขนาดเล็ด	1-1.5
ขนาดกลาง	2-3
ขนาดใหญ่	3-4
<u>หัวบีท</u>	
ขนาดเล็กทั้งหัว	3-5
ลูกเต๋า	3
บรอคโคลี	2-3
ข้าวโพด	2-3
ผักโขม	1.5

ที่มา: Fellow(1990)

3. ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

อุณหภูมิและเวลาในการลวกอาจทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาการเปลี่ยนไป การลวกผักส่วนใหญ่จะใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ สำหรับผลไม้มักมีการเติม calcium chloride ลงในน้ำที่ใช้ลวก เพื่อทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อเยื่อยังคงแข็งอยู่ได้เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้องระหว่างแคลเซียมไอออนกับสารประกอบเพคตินเป็นเกลือแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ซึ่งไม่ละลายน้ำจึงสามารถรักษาเนื้อสัมผัสให้คงความแน่นอนกรอบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเพิ่มความข้นประเภทคอลลอยด์ (colloidal thickener) เช่น เพคติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและแอลจิเนต Van Buran (1960) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการลวกที่มีต่อเนื้อสัมผัสแครอท โดยใช้อุณหภูมิในการลวก 65-70°C เปรียบเทียบกับในอุณหภูมิน้ำเดือด 100°C พบว่าเมื่อลวกแครอทที่อุณหภูมิต่ำจะให้ความแน่นเนื้อ (firm) สูงกว่าเมื่อลวกที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่ Bourne (1974) ปรับปรุงเทคนิคการลวกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ลวกแครอทที่อุณหภูมิต่ำก่อนจะลวกซ้ำที่อุณหภูมิน้ำเดือด ก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าการลวกในครั้งแรก (อุณหภูมิต่ำ) ที่อุณหภูมิดียวกันแต่ใช้เวลาน้อยกว่าจะให้ความแน่นเนื้อน้อยกว่าแครอทที่ใช้อุณหภูมิต่ำแต่เวลานานกว่า

สานกงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 16 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน 246423
เลขเรียกหนังสือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำหรับในถั่วเขียว Eheart และ Odland (1973) ได้ใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ที่ความเข้มข้นร้อนละ 0.1,0.2 และ 0.3 เติมลงในน้ำเดือด พบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จะให้ถั่วเขียวมีสีคงตัวที่สุด นอกจากนี้ Eheart และ Odland (1973) ศึกษาถึงการใช้สารลายแอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถช่วยปรับปรุงสีของบรอคโคลีมีและหัวกะล่ำ (Brussel Sprouts) ให้ดีขึ้นได้ และยังได้ศึกษาการลวกโดยใช้ไอน้ำและก๊าซแอมโมเนียที่ได้จากสารละลายแอมโมเนียทีได้จากสารลายแอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NH_4HCO_3)ร้อยละ 0.1 พบว่าทำให้บรอคโคลีมีสีดีขึ้น ปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงขึ้น และคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสดีขึ้นด้วย ในขณะที่ Stanley และคณะ (1995) ใช้แคลเซียมคลอไรด์และ/หรือกรดซิตริกเติมลงในน้ำลวกของถั่วเขียวและแครอทก่อนนำไปบรรจุกระป๋อง พบว่าถั่วเขียวและแครอทที่ไดมีความแน่นเนื้อมากกว่าแบบที่ไม่ได้เติมแคลเซียมและกรด เนื่องมาจากไอออนของแคลเซียมทำปฏิกิริยากับเพคติน (pectin) เกิดแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ซึ่งไม่ละลายน้ำจึงทำให้ถั่วเขียวและแครอทที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น

Hoogsand และ Doesburg (1961) ศึกษาถึงระยะเวลาในการลวกที่ผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสารเพคตินในกะหล่ำดอก พบว่าปริมาณเพคตินและความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเมื่อใช้เวลาในการลวกนานขึ้น

Sanjuan และคณะ (2001) ใช้ stepwise blanching ซึ่งเป็นการลวกที่อุณหภูมิต่ำ เวลาสั้น(short blanching) ก่อนที่จะลวกซ่ำที่อุณหภูมิน้ำเดือดอีกครั้งเพื่อศึกษาการลวกดอกบรอคโคลี (broccoli florets) แล้วจึงนำไปหาอัตราคืนตัว (rehydration rate) ที่อุณหภูมิต่างๆกัน พบว่าการทำ short blanching ที่อุณหภูมิ 60-65 ^{o}C และอุณหภูมิที่ทำ rehydration rate คือ 25-55 ^{o}C จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อแน่นสูงที่สุด

Devece และคณะ (1999) ได้ศึกษาการลวกเห็ด Agaricus bisporous โดยใช้วิธีการลวก 3 วิธีคือ การใช้น้ำร้อน การใช้ไมโครเวฟ และใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน พบว่าการใช้น้ำร้อยและไมโครเวฟร่วมกันทั้ง 2 วิธีสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ได้ดีที่สุด แต่ยังคงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล(browning) ขึ้นเล็กน้อย และมีการสูญเสียปริมาณ antioxidant มากที่สุด ในขณะที่ Rodriguez-Lopez และคณะ (1999) ได้ใช้ไมโครเวฟที่มีความถี่ 2450 MHz ในการลวกเห็ดซึ่งพบว่าสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) ได้เช่นกัน

Mate และคณะ (1998) ได้ศึกษาวิธีการลวกมันฝรั่ง(potato slices)โดยใช้น้ำที่ไม่มีไอออน (deionized water) ที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C และเวลาต่างๆกันก่อนที่จะนำไปทำแห้ง พบว่าสามารถหยุด

ปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำให้มันฝรั่งเกิดสีเข้มได้ แต่โครงสร้างของเนื้อเยื่อมันฝรั่งอ่อนลง (weaken structure) และเกิดเจลาติไนส์เซชั่น (gelatinzation) ขึ้นด้วย Akpapunam และ Abiante (1991) ได้ศึกษาการลวกมันฝรั่งก่อนผลิต potato chips โดยการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ1 ที่เวลาต่างๆแล้วนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C พบว่าชิ้นมันฝรั่งที่ได้มีสีและการยอมรับโดยรวมดีขึ้น แต่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิคลดลงร้อยละ 26-76 °C

Sham และคณะ (2000)ได้ศึกษาการลวกแอปเปิ้ล (apple chips) โดยใช้ไอน้ำลวกเป็นเวลา 2 นาที แล้วจุ่มชิ้นแอปเปิ้ลลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์(calcium chloride) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1,2,3,4และ5เป็นเวลา 1นาที ก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าแคลเชียมคลอไรด์ทำให้เกิดรสขมขึ้นแต่สามารถเพิ่มความกรอบได้จาการทดสอบทางประสาทสัมผัส

Breidt และคณะ (2000) ได้ศึกษาการลวกแตงกวาก่อนนำไปทำแตงกวาดองเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ โดยลวกที่อุณหภูมิ 55-95 C 15นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 80 °C มีการวสูญเสียคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด และให้เนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดจากกการทดสอบทางประสาทสัมผัส วีการลวกผักและผลไม้แบบต่างๆ และผลที่ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ผ2.5 **(16,17, 20,21 ,32)**

ตารางที่ 2.5 แสดง วิธีการลวกผักและผลไม้ชนิดต่างๆ และผลที่ได้

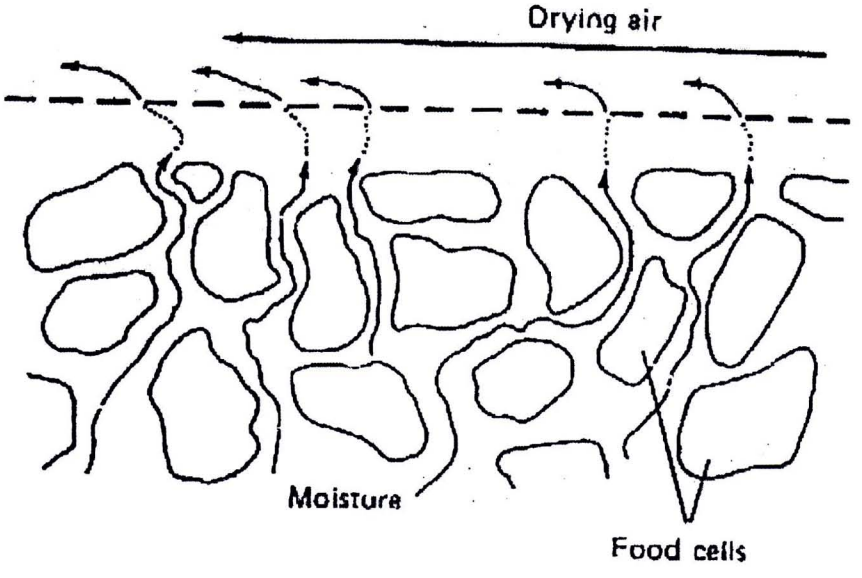
วัตถุดิบ	วิธีการทดลอง	ผลที่ได้	อ้างอิง
แครอท	ใช้อุณหภูมิ2ช่วงคือ -65-70°C 4-15นาที -น้ำเดือด 4-15 วินาที	65-70C° ให้ความแน่นเนื้อดีกว่า รสชาติหวานอร่อยกว่าอุณหภูมิน้ำเดือดในเวาลาเท่ากัน	Van Buren และคณะ(1979)
แครอท	ใช้อุณหภูมิต่ำที่ 50, 55, 60 และ 65 เวลา15,30,45,60และ 90 นาที แล้วลวกซ้ำที่ 100 °C เป็นเวลา 6 นาที โดยมีชุดควบคุมคือการลวกที่อุณห๓มิ 100°C เป็นเวลา 8 นาที แล้วนำไปทำแห้ง	55 °C เวลา 15, 30 และ 45 นาทีมีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุม 60และ65 °C เวลา 15 นาที มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุม และมีรสชาติดีที่สุด	Bourn (1992)
กะหล่ำดอก	น้ำร้อน 74°C เป็นเวลา 3-15 นาที	ปริมาณเพคตินและความแน่นเนื้อลดลงเมื่อใช้เวลามากขึ้น	Hoogsand และ Doesburg (1961)

วัตถุดิบ	วิธีการทดลอง	ผลที่ได้	อ้างอิง
บรอคโคลีและหัวกะหล่ำ	ใช้สารละลาย NH_4HCO_3 0.1%	ปรับปรุงสีให้ดีขึ้น	Eheart และ Odland (1973)
บรอคโคลีและหัวกะหล่ำ	ใช้ stepwise blamching คือลวกที่ 50,55,60,65 และ 70 °C ก่อนแล้วจึงใช้น้ำร้อนเดือดลวกอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชม. จากนั้นนำมาหาอัตราการคืนตัวที่อุณหภูมิ 25,40,55,65 และ 80 °C	การทำ stepwise blamching ที่อุณหภูมิการคืนตัวที่ 25-55°C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อมากที่สุด และการทำ stepwise blamching ที่ 50 °C และอุณหภูมิการคืนตัวที่ 25 และ65 °C ทำให้เหลือปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด	Sanjuan และคณะ (1995)
บรอทโคลี	ใช้ไอน้ำและก๊าซแอมโมเนียมที่ได้จาก NH_4HCO_3 0.1%	สีและปริมานกรดแอสคอร์บิกดีขึ้นคะแนนการยอมรับด้านสีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสดีขึ้น	Eheart และ Odland (1973)
ถั่วเขียวและแครอทบรรจุกระพป๋อง	เติมแคลเวียมคลอร์ไรด์และ/หรือกรดซิตริกในน้ำร้อน	ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแน่นเนื้อมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมแคลเวียมและกรด	Stanley และคณะ (1995)
ถั่วเขียว	ใช้ NH_4HCO_3 0.1%ข้มข้น 0.1,0.2และ0.3% เติมในน้ำเดือด	NH_4HCO_3 ความเข้มข้น -0.1% ให้สีคงตัวดีขึ้น - 0.2และ0.3% ให้สีคงตัวไม่ดี	Eheart และ Odland (1973)
เห็ด	ลวกโดยใช้ไมโครเวฟ ความถี่ 2450MHzเพื่อหาปริมาณ Polyphenoloxidase (PPO) ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล	สามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ได้	Rodringuez-Lopez และคณะ(1999)
เห็ด	ใช้วิธีการลวก 3วิธี 1. น้ำร้อนที่ 92 °C 1นาที 2. ไมโครเวฟที่ 85 °C 1นาที3.) ทั้งสองวิธีร่วมกันโดยการใช้ไมโครเวฟที่ 85°C 1 นาที แล้วจุ่มลงตัวอย่างลงในน้ำร้อนที่92°C 20 วินาที	การใช้น้ำร้องและไมโครเวฟร่วมกันสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ได้ดีที่สุด แต่มีการสูญเสีย antioxidant content และเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลน้อยเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	Rodringuez-Lopez และคณะ(1999)

วัตถุดิบ	วิธีการทดลอง	ผลที่ได้	อ้างอิง
แผ่นมันฝรั่ง (potato slices)	ใช้น้ำที่ไม่มีไอออน(deionized water) ที่ 90 °C เวลา12-30 นาที แล้วจึงนำเข้าการทำแห้งด้วย air dryer	สามารถหยุดการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีเข้ม (dark) ได้ ทำให้โครงสร้างอ่อนลง(weaken struture)และเกิด starch gelatinization ขึ้น	Mate และคณะ (1998)
ชิ้นมันฝรั่ง(sweet potato chip)	ลวกน้ำในน้ำร้อนที่มี sodium-metabisufite 1% แล้ว dehydrte ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 0,9,105,120,135,150และ165 นาที	สีและการยอมรับรวมดีขึ้น และปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลง 26-76%	Akpapunam และคณะ(1991)
ชิ้นแอปเปิ้ล (apple chip)	ใช้ไอน้ำลวกเป็นเวลา 2 นาที และจุ่มทันทีในสารละลาย $CaCl_2$ ความเข้มข้น 0,1,2,3,4 และ 5% เป็นเวลา 1นาที แล้วจึงทำแห้งโดยใช้ air dyer (70c,30นาที)และ miceowave dry(1.5kW,4นาที)	$CaCl_2$ สามารถเพิ่มความกรอบได้แต่ทำให้เกิดความขมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส	Sham และคณะ (2001)
แตงกวา(เพื่อนำไปทำแตงกวาดอง)	ลวกที่อุณหภูมิ 55-95°C เป็นเวลา15นาที เพื่อลดจุลินทรีย์	ที่อุณหภูมิ80°C เวลา15 นาทีมีการสูญเสียคลอโรฟิลย์น้อยที่สุด และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสให้เนื้อสัมผัสที่สุดด้วย	Breidt และคณะ (2001)
กะหลล่ำปลี (cabbage),ผักกาด (turnip),กะหล่ำใบ(collard),มันฝรั่งและใบถั่ว	ลวกเพื่อศึกษา antinutritional factor ได้แก่ phytic acid,tannic acid ซึ่งพบปริมาณมากที่สุด และoxalic acid โดยใช้การลวกแบบใช้น้ำร้อนเดือดและแบบการใช้ไมโครเวฟ	ปริมาณ phytic acid,tannic acid และoxalic acid ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	Mosha และคณะ (1995)

2.4 การแปรรูปอาหารโดยใช้เครื่องอบแห้ง

การอบแห้งเป็นการลดความชื้นของชิ้นส่วนอาหารจนถึงระดับที่สามารถหยุดการเจริญของจุลินทรีย์ได้ คือ Aw(water activity) ลดต่ำลงกว่า0.70 โดยความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยวิธีการนำความร้อน(conductive heat transfer) การพาความร้อน(convective heat transfer)และการแผ่รังสีความร้อน (radiiative heat transfer) ความร้อนทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร ซึ่งการเคลื่อนย้ายของน้ำในชิ้นอาหารออกมาได้ 2 วิธีคือ การเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบ (capillary force) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปร่ง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้น ขาดตอนลง อีกวิธีหนึ่ง คือ การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (diffusion) ผ่านเซลล์ เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์หรือช่องแคบๆ น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้าลง เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารระเหยกลายเป็นไอออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ (รูปที่ 2.10) อุณหภูมิที่ใช้การอบแห้งจะขึ้นอยู่กับความดัน ในขณะที่เวลาที่ใช้อบจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชิ้นอาหารระหว่างการอบแห้ง

ที่มา : Fellow (1990)

1. ธรรมชาติของอาหาร

   อาหารที่มีเนื้อโปร่ง การเคลื่อนของน้ำภายในอาหารจะเกิดได้เร็วกว่าอาหารที่เนื้อแน่น ส่วนอาหารที่มีน้ำตาลสูง มีลักษณะเหนียว เหนอะหนะ จะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ จึงแห้งช้า และอาหารที่ผ่านการนวด ลวก คลึง ซึ่งทำให้เซลล์ภายในแตกจะช่วยทำแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร

   ขนาดและรูปร่างของอาหารจะเป็นตัวกำหนดพื้นที่ผิวซึ่งจะสัมผัสกับลมร้อน ที่มีความสำคัญในการถ่ายเทน้ำออกจากอาหาร เช่น อาหารที่มีรูปร่างเหมือนกัน อาหารชิ้นเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าอาหารชิ้นใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศร้อนมาก แต่ในกรณีที่มีการทับถมกันมากของอาหารชิ้นเล็ก จะมีการระเหยน้ำได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศร้อนเท่านั้น ดังนั้นการทำแห้งจึงเป็นไปอย่างช้าๆ ทั้งที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อหน่วยน้ำหนักมาก Yahya และคณะ(2000) ได้ศึกษาการทำแห้งผักและผลไม้เมื่อใช้วิธีอบแห้งแบบเดียวกัน คือแบบตากแดด (natural drying) และแบบใช้เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (solar drying) ในหัวหอม (Onion) แบบแผ่นบาง (slice) จะทำแห้งได้เร็วกว่าหัวหอมแบบเป็นหัว (lobe)

3. ตำแหน่งของอาหารในเตา

   น้ำในอาหารที่วางในตำแหน่งที่สามารถรับลมร้อนได้ดี หรือสัมผัสกับลมร้อนได้ดี น้ำจะเกิดการระเหยออกจากอาหารอย่างรวดเร็ว

4. ปริมาณอาหารต่อถาด

   ปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป จะทำให้อาหารที่อยู่ส่วนล่างไม่ได้สัมผัสอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแต่ไอน้ำของอาหารที่เกิดขึ้นไม่สามารถแพร่กระจายออกมาข้างนอกอาหารได้ จึงทำให้แห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

   เครื่องทำแห้งที่ออกแบบเป็นระบบปิด อากาศแห้งที่รับไอน้ำจากอาหารแล้วถ่ายเทไอน้ำออกสู่ภายนอกได้ไม่สะดวก ทำให้มีไอน้ำสะสมอยู่มาก ความสามารถในการับไอน้ำจึงลดลง การทำแห้งจึงทำได้ช้า

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน

   หากอากาศมีความร้อนคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ จึงมีผลต่อการทำแห้ง ทำให้การแพร่กระจายของน้ำในอาหารดีขึ้นและกลายเป็นไอน้ำได้ง่ายขึ้น การทำแห้งจึงทำได้เร็วขึ้น

7. ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากอาหาร เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นทำให้การเคลื่อนย้ายไอน้ำดีขึ้น นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสหมุนเวียนของอากาศภายในเตา อากาศจึงสัมผัสกับอาหารได้ดีขึ้น

คุณสมบัติอาหารภายหลังการอบแห้ง

ในระหว่างการอบแห้งอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพและเคมีซึ่งเมื่อนำมาคืนรูปจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะด้อยกว่าผลิตผลสดอย่างชัดเจน สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่

1. การหดตัว

   การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารหดตัวจากผิวด้านนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ แต่ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำหนักมากเมื่อถูกความร้อนจะหดตัวบิดเบี้ยวมากในการทำแห้งอย่างช้าๆ

2. การเปลี่ยนสี

   อาหารที่ผ่านการทำแห้งส่วนใหญ่จะมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่ใช้หรือปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล รวมทั้งอุณหภูมิของช่วงเวลาการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงและเวลานาน

3. การจับตัวเป็นก้อนแข็ง (case hardening)

   การจับตัวเป็นก้อนแข็งเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ผิวหน้าแห้ง แต่อาหารภายในยังไม่แห้งซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนในช่วงแรกสูงเกินไป ทำให้น้ำระเหยจากส่วนผิวเร็ว จนน้ำด้านในของอาหารเคลื่อนที่มายังผิวหน้าอาหารไม่ทัน หรือ อาจมีสารละลายน้ำตาล โปรตีน เคลื่อนที่มายังบริเวณผิวของอาหารแล้วแข็งตัว ปิดกั้นไม่ให้น้ำจากภายในอาหารระเหยออกมาได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูง และอากาศที่มีความชื้นสูงในการทำแห้ง

4. สูญเสียความสามารถในการคืนสภาพ (rehydration)

   การคืนสภาพของอาหารแห้งทำได้โดยการเติมน้ำ แต่คุณสมบัติของอาหารไม่กลับสภาพเหมือนกับอาหารสด เพราะร้อนจะไปทำลายความยืดหยุ่นของเซลล์แป้งและโปรตีน ทำให้สูญเสียความสามารถในการดูดรน้ำกลับ ยกเว้นอาหารที่ทำแห้งโดยการแช่เยือกแข็ง

5. การสูญเสียคุณค่าทางสารอาหารและสารระเหย
การทำแห้งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของวิตามินอี และเบตาแคโรทีน ซึ่งเป็นสีที่อยู่ในผักและผลไม้ ในกรณีที่ใช้เวลาในการทำแห้งนาน คุณค่าทางอาหารยิ่งเสียไปมาก ปริมาณวิตามินซี โดยเฉพาะกรดแอสคอร์บิกและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งมีมากในผักและผลไม้มีการสูญเสียมากที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น แต่วิธีการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดการสูญเสียวิตามินซีได้ (Lee และคณะ,2000) และปริมาณวิตามินจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น**(21,22,23,24,25,28,29,30,31,32)**

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การอบแห้ง

หลักการการใช้เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน

ความร้อนจากแหล่งกำเนิดจะถ่ายเทไปยังวัตถุโดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และแผ่รังสี (radiation) ทั้งนี้จะถูกควบคุมโดยตัวไวความร้อนและระบบควบคุมอุณหภูมิ การใช้เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน Tray dryer เป็นการอบแห้งโดยนำผลิตภัณฑ์ วางใส่ถาดเรียงเป็นชั้นๆ ในตู้อบ ที่มีการเป่าลมร้อนผ่าน heater เหมาะสำหรับโรงงานขนาดเล็ก ใช้ระยะเวลาในการอบประมาณ 10-12 ชั่วโมง เหมาะสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ Tunnel dryer เป็นเครื่องอบแห้งแบบกึ่งอัตโนมัติที่ยังคงใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องมาใช้เพิ่มมากขึ้นก็ตาม เนื่องจากเป็นเครื่องแบบง่ายๆ สารพัดประโยชน์ สามารถอบผลิตภัณฑ์ไม่จำกัดขนาดและรูปร่าง วิธีการใช้งานคือนำผลิตภัณฑ์ใส่ถาดที่อยู่ในรถ ซึ่งจะเคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์ลมร้อนตามความยาวจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง อาจออกแบบการเคลื่อนที่ของลมร้อน ได้หลายรูปแบบ การใช้ลมร้อนแบบขนานกับรถมีข้อดีในการเพิ่มอัตราการระเหยในช่วงแรกและลดการเกิด ความเสียหายจากความร้อนได้ แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะสัมผัสกับลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำลงเรื่อยๆ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลงในภายหลังและไม่สามารถลดความชื้นให้ต่ำลงต่อไปได้ จึงเหมาะสำหรับ กับการใช้ลมร้อนสวนทาง โดยการใช้แบบขนาน อุณหภูมิสูงในช่วงแรกและใช้แบบสวนทางอุณหภูมิต่ำในช่วงหลัง

หลักการการใช้เครื่องอบแห้งแบบอบแห้งสุญญากาศ

Vacuum drying เป็นการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดภายใต้บรรยากาศปกติ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี แต่กระบวนการนี้จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดำเนินกระบวนการสูง จึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มี มูลค่าสูงหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีความชื้นต่ำโดยไม่เกิดการทำลายของตัวผลิตภัณฑ์ ชนิดของเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศมี Vacuum shelf dryer เป็นระบบที่ง่ายที่สุดสำหรับเครื่องอบแห้งสุญญากาศ เครื่องประกอบด้วยตู้สุญญากาศ ซึ่งภายในมีชั้นรองรับถาดวางผลิตภัณฑ์ ตัวชั้นอาจได้รับความร้อนจากไฟฟ้าซึ่งจะถ่ายเท ความร้อนไปยังอาหาร โดยการนำความร้อนหรือใช้อากาศร้อนเป็นตัวพาความร้อนไปยังชิ้นผลิตภัณฑ์ ตัวตู้

สุญญากาศจะต่อ กับอุปกรณ์สร้างระบบสุญญากาศที่อยู่ภายนอกตู้ ซึ่งอาจเป็นปั๊มสุญญากาศหรือ steam ejector อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับระบบ คือคอนเดนเซอร์ซึ่งเป็นตัวเก็บไอน้ำอาจอยู่ภายในหรือนอกตู้ แต่ควรติดตั้งอยู่ก่อนหน้าปั๊มสุญญากาศเพื่อป้องกันไม่ให้ไอน้ำเข้าไปในปั๊ม เครื่องนี้จะเหมาะสำหรับการผลิตแบบ batch สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย เหมาะสำหรับการใช้ระดับสุญญากาศสูงๆ สามารถใช้ได้กับ ผลิตภัณฑ์ในทุกรูปแบบ ตั้งแต่รูปของเหลว ของเหลวข้น ผง ชิ้นๆ **(5 ,12,30,31,32)**

2.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษาผักและผลไม้

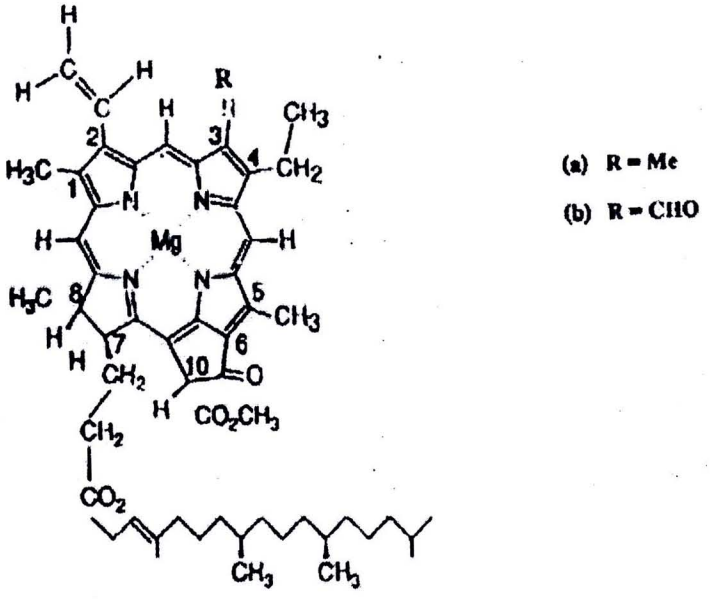
2.5.1 การสูญเสียวิตามิน

การอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง ซึ่งแปรตามวิธีการอบแห้งที่ใช้ วิตามินจะลดลงมากขึ้น เมื่อใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้น การอบแห้งโดยการตากแดดจะสูญเสียวิตามินมาก การอบแห้งอะพริคอทผ่าครึ่งด้วยแสงแดด พบว่า สูญเสียโปรวิตามินเอร้อยละ 13-14 แต่การอบแห้งผักด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะสูญเสียวิตามินน้อยลง (Fellow, 1990)

2.5.2 การสูญเสียสารสีธรรมชาติ

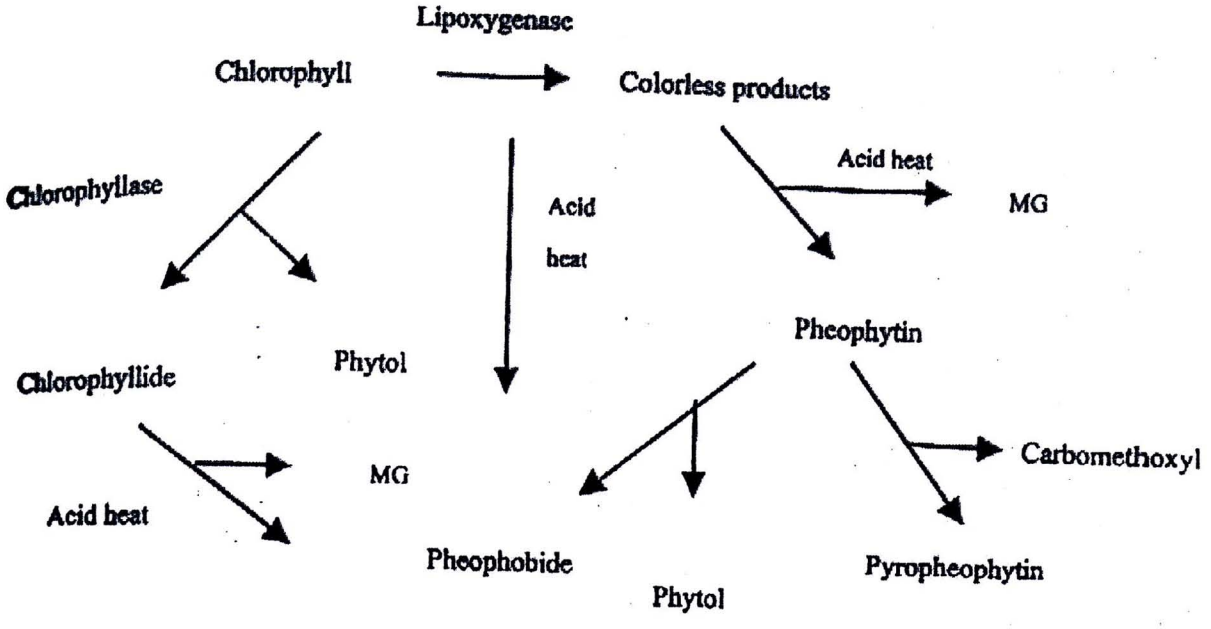
สีเป็นปัจจัยในการชี้บ่งคุณภาพของอาหารที่มีอิทธิพลต่อผู้บริโภค สีธรรมชาติที่พบในผัก คือ แคโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และรงควัตถุชนิดอื่น เช่น แอนโทไซยานิน ซึ่งสามารถใช้เป็นปัจจัยที่ชี้บ่งคุณภาพในการยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ระหว่างกระบวนการให้ความร้อน เป็นสาเหตุให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวสว่างเป็นสีเขียวชาได้ (olive brown) (Sanjuan และคณะ,2001) ในการอบแห้งแครอท โดยใช้เครื่องอบลมร้อน (air drying) จะมีบีตา-แคโรทีน เหลืออยู่เพียงร้อยละ 60 ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (vacuum freeze drying) มีบีตา-แคโรทีนเหลือถึงร้อยละ 80 (Fellow, 1990) แคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เป็นสารสีที่ไม่ละลายน้ำและละลายได้ในไขมัน แคโรทีนอยด์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการอบแห้ง เพราะโครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์มีพันธะคู่มาก สารประกอบแคโรทีนนอยด์ส่วนใหญ่ คือ แคโรทีนและออกซีแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้แล้วการลวกจะยังมีผลต่อเนื่องเพราะทำให้บีตาแคโรทีนอยด์ในแครอทลดลง ทั้งในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษาสำหรับคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีเขียวที่พบในพัก มีโครงการสร้างดังรูปที่ 2.11 โดยมีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยวงแหวน pyrrole 4 วงยึดด้วยมีเทนคาร์บอน ตรงกลางเป็นอะตอมแมกนีเซียมซึ่งจับกับไนโตรเจนด้วยพันธะโควาเลนต์ 4 พันธะและมีหมู่ไฟทอลในโมเลกุลจึงใช้ตรึงรงควัตถุไวต่อแสงให้กับโครงสร้างส่วนไฮโดรโฟบิกของเยื่อลาเมลลาในคลอโรพลาสจึงมีสมบัติไม่ละลายน้ำ คลอโรฟิลล์จัดเป็น conjugated protein เมื่อถูกความร้อนจะแปรสภาพไป โดยที่เซลล์เนื้อเยื่อของพืชถูกทำลายบางส่วน มีผลให้การแพร่ผ่านเยื่อบุรอบๆ chloroplast เกิดมากขึ้น และกรดในพืชถูกปล่อย

ออกมาทำปฏิกิริยากับคลอโรฟิลล์สร้าง pheophytin เนื่องจากการแทนที่ของไฮโดรเจนในตำแหน่งแมกนีเซียมเกิดเป็นรงควัตถุสีเหลือง นอกจากนี้คลอโรฟิลล์ยังถูกทำลายได้ง่ายในช่วงพีเอชต่ำ (Zapsalis และ Bech, 1985) อะตอมแมกนีเซียมจะสูญเสียในสารละลายกรดอ่อน ทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็น pheophytin ซึ่งเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อได้รับความร้อน ส่วนในสารละลายกรดแก่ทำให้เกิด pheophobide เนื่องจากการสูญเสียอะตอมของแมกนีเซียมและหมู่ phytol นอกจากนี้คลอโรฟิลล์อาจจะถูกไฮโดรไลท์ด้วยเอนไซม์ chlorophyllase ไปเป็น methyl chlorophyllide เนื่องจากการสูญเสียหมู่ phytol ทำให้คลอโรฟิลล์ละลายน้ำได้มากขึ้น แต่คลอโรฟิลล์มีความคงตัวต่อสารละลายที่มี pH เป็นด่างตั้งแต่ 8 ขึ้นไป (Meyer, 1960) แต่ถ้าใช้ด่างร่วมกับออกซิเจนมีผลให้เกิดการลดรูปของคลอโรฟิลล์ ในส่วนที่เป็นหมู่ phytol เกิดสารเรียกว่า chlorine (รูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ (a) คือ chlorophyll A และ (b) คือ chlorophyll B

ที่มา : Klien (1992)



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนรูปของคลอโรฟิลล์ (MG:methyl group)

ที่มา : Klien (1992)

ช่วงที่พีเอชสูงเกินไปอาจทำให้ผักมีเนื้อสัมผัสไม่ดี เนื่องมาจากการที่ด่างไฮโดรไลท์เซลลูโลสได้ ดังนั้นการใช้สารเคมีประเภทด่างในการลวกผักต่างๆ แม้จะช่วยรักษาความคงตัวของคลอโรฟิลล์และสีได้ แต่ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายในการบริโภค (Zapsalis และ Bech, 1985) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH เวลา แอคติวิตีของเอนไซม์ออกซิเจน และแสง

2.5.3 การเกิดสีน้ำตาลและบทบาทของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การเก็บรักษาผักและผลไม้อบแห้งเป็นเวลานานๆ จะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนของสีเป็นสีน้ำตาล ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบที่เร่งด้วยเอนไซม์และแบบที่ไม่อาศัยเอนไซม์ แบบที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมโนและออร์โทไดฟีนอลให้เป็นวงแหวนควิโนน ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อและเกิดปฏิกิริยา condensation ได้เป็นสารสีน้ำตาลเรียกว่าเมลานิน (melanins) ปฏิกิริยาเหล่านี้ถูกเร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ดังนั้นการอบแห้งผักและผลไม้จึงต้องลวกก่อนเพื่อทำลายเอนไซม์จึงช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลไม่ให้เกิดขึ้นได้

ปัจจุบันใช้รมก๊ามะถันหรือจุ่มสารละลายซัลไฟด์ก่อนอบแห้งเพราะช่วยควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้ระดับหนึ่งแต่ผู้บริโภคจำนวนหนึ่งมีความไวต่ออาหารที่มีสารซัลไฟด์ทำให้เกิดอาการหืดหอบ มีการศึกษาพบว่าการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ร่วมกับสารดูดออกซิเจนจะช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อแอปเปิ้ลอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาได้ซึ่งการเก็บรักษาแอปเปิ้ลอบแห้งในภาวะที่มีสารดูดออกซิเจนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้ากว่าการเก็บรักษาในภาวะปกติ นอกจากนี้แล้วก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และซัลไฟด์ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ตั้งแต่ก่อนลวกวัตถุดิบและยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วย โดยเฉพาะเมื่อเอนไซม์ไม่ได้ถูกทำลาย เช่นการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

การเกิดปฏิกิริยา maillard browning เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่อะมิโนกับหมู่คาร์บอนิล ทำให้เกิดโพลีเมอร์ของสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidin) ซึ่งปฏิกิริยานี้บางครั้งเป็นประโยชน์แต่ส่วนใหญ่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะทำให้เกิดสีและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนและสูญเสียกรดอะมิโนไลซีน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปฏิกิริยานี้คือ น้ำตาล เอมีน pH อุณหภูมิ และ Aw

2.5.4 การสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสูญเสียรสชาติ

กลิ่นและรสชาติของผักและผลไม้อบแห้งเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค สารให้กลิ่นและรสชาติเป็นสารที่ระเหยได้ง่ายเช่น น้ำมันหอมระเหย จึงมีการศึกษาเปรียบเทียบการสูญเสียสารให้กลิ่นและรสชาติของผักด้วยวิธีการอบแห้งแบบธรรมดาและอบแห้งแบบเยือกแข็ง โดยแบ่งผักออกเป็น 3 กลุ่มคือ ผักที่ไม่มีสารหอมระเหยเป็นส่วนประกอบ เช่นถั่วและดอกกะหล่ำปลี ผักที่มีสารระเหยได้ง่าย เช่นหอมหัวใหญ่ และผักที่มีทั้งสารที่ระเหยและไม่ระเหย เช่นแครอท พบว่าความผิดปกติของกลิ่นและรสชาติของผักอบแห้งที่เกิดขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เช่นปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งโดยวิธีแช่เยือกแข็งจะมีกลิ่นและรสชาติที่ดีกว่าวิธีการอบแห้งแบบธรรมดายกเว้นหอมหัวใหญ่ที่ใช้การอบแห้งแบบธรรมดามีกลิ่นแรงกว่า เพราะขณะอบแห้งเนื้อหอมจะหดตัวและจับสารให้กลิ่นไว้ภายใน การเกิดกลิ่นผิดปกติและกลิ่นอับจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาและความชื้นของผักอบแห้ง เช่น ถั่วอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 6-7 จะเกิดกลิ่นผิดปกติภายหลังเก็บไว้นาน 15-18 เดือน ที่อุณหภูมิ 15^0C ถ้าหากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20^0C จะเกิดกลิ่นผิดปกติภายหลังเก็บไว้นาน 9-12 เดือน และที่อุณหภูมิ 37^0C จะลดเวลาการเก็บรักษาเหลือเพียง 2-3 เดือน (Fellow, 1990)

2.5.5 ลักษณะของเนื้อสัมผัสและการคืนรูป

ในการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน จะทำลายลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างถาวรเพราะเกิดการหดตัวเนื่องจากการสุกอย่างช้าๆ เมื่อแช่น้ำจะเกิดการคืนรูปที่ไม่สมบูรณ์ สาเหตุคือมีการสูญเสีย differential permeability ใน protoplasmic membrane การสูญเสีย turgor pressure ภายในเซลล์ โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติสตาร์ชเกิดผลึก และมีการสลายพันธะไฮโดรเจนของสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ กลไกการระเหยออกของน้ำมีผลกับโครงสร้างของเซลล์ เช่น มีการสูญเสีย selective permeability ของ cytoplasmic membrane ของเซลล์ซึ่งมีหน้าที่รักษาสภาพความเต่งและความ

กรอบของผัก เมื่อมีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์จะทำให้ผนังเซลล์เสียรูปทรงและยุบตัวทำให้เซลล์รวมทั้งเซลล์ข้างเคียงเหี่ยวลง การเติมสารบางชนิดลงไปเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผักและผลไม้ภายหลังการแช่น้ำให้คืนตัว และลดระยะเวลาการอบแห้ง โดยใช้เกลือและสารประกอบโพลีไฮดรอกซี เช่นน้ำตาลและกลีเซอรอลใช้เป็น predrying treatment การใช้โซเดียมคาร์บอเนตร่วมกับน้ำตาลซูโครสร้อยละ 60 ทำการ predrying treatment ก่อนการอบแห้งเซเลอรีพบว่ามีคุณภาพการคืนตัวดีที่สุดเมื่อแช่น้ำคือ ร้อยละ 75 หรือทำการ presoaking treatment ในสารละลายผสมของเกลือและน้ำตาลที่อุณหภูมิ 4^0C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เมื่อนำไปอบแห้งพบว่าเพิ่มเปอร์เซ็นต์การคืนตัว

2.5.6 อิทธิพลของ Aw

Aw เป็นอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (P) ต่อความดันไอน้ำของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน แม้ว่าที่ค่า Aw ต่ำกว่า 0.6 แต่ปฏิกิริยาเคมียังเกิดได้ซึ่งจะทำให้อาหารมีสี กลิ่น รสชาติ และความคงตัวเปลี่ยนไประหว่างการแปรรูป จากการเก็บรักษาหอมหัวใหญ่อบแห้งที่มีค่า Aw 0.32 จะเกิดสีน้ำตาลเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือเมื่อ Aw เพิ่มขึ้น เช่น เก็บรักษาได้นานกว่า 21 เดือนที่อุณหภูมิ 30^0C Aw 0.33 โดยมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นน้อยมาก เมื่อ Aw เพิ่มเป็น 0.43 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 และ 40^0C จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลภายหลังจากเก็บรักษาไว้เพียง 83 วัน และ22 วันตามลำดับ (Fellow, 1990) จึงใช้ Aw เป็นตัวชี้บ่งหรือทำนานการเสื่อสลายและการเน่าเสียของอาหารซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของอาหารอบแห้ง

2.5.7 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาผักและผลไม้อบแห้งขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทางธรรมชาติของผักและผลไม้ ภาวะการวางจำหน่ายหรือการเก็บรักษารวมทั้งชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ นอกจากนี้ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษานั้นสามารถเร่งปฏิกิริยาการเสื่อมสลายยังเร่งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียอีกด้วย ระยะเวลาและแสงก็มีผลกับรงควัตถุเช่น คลอโรฟิลล์และแคโรทีนรวมถึงวิตามินบางชนิดด้วย ก๊าซออกซิเจน รวมไปถึงวิธีการอบแห้งที่ใช้หรือการทำ pretreatment ก่อนการอบแห้งและระยะเวลาก่อนที่จะแสดงลักษณะที่ผิดปกติ

2.6 การเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร

การเน่าเสียของอาหารขึ้นกับจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ในอาหารซึ่งรวมถึงสิ่งแวดล้อม อาหารส่วนใหญ่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากมาย แต่เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมเฉพาะดังนั้นจึงมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถเติบโตและทำให้อาหารเน่าโดยทั่วไปจะเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดเดียวเท่านั้นแต่บางครั้งก็อาจเกิดจากจุลินทรีย์สองหรือสามชนิด จำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหารขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ คือ

2.6.1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์สู่อาหาร

ปนเปื้อนจากอากาศ น้ำ ดิน และอาจมาจากตัวอาหารเอง ได้แก่ใน พืชผัก ผลไม้ และสัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการปนเปื้อนในระหว่างการจำหน่ายและการผลิต โดยอาจมาจากเครื่องมือเครื่องใช้ภาชนะบรรจุ หรือคน

2.6.2 การผ่านกระบวนการ (Pretreatments)

อาหารที่มีการผ่านกระบวนการ อาจเป็นการกำจัด หรือทำลายจุลินทรีย์บางชนิด นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในอาหารได้อีกด้วย แต่บางครั้งอาจเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์บางชนิดลงไป เช่น การล้าง หากน้ำที่ใช้ไม่สะอาดก็เป็นการเพิ่มจุลินทรีย์ขึ้น

2.6.3 การเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร

หากจุลินทรีย์มีการเจริญในอาหาร จะเป็นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ให้มากขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเน่าเสียของอาหาร โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ

ปัจจัยภายใน ได้แก่

- โครงสร้างทางชีววิทยาของอาหาร เช่น อาหารที่มีโครงสร้างห่อหุ้มภายนอก ทำให้จุลินทรีย์เข้าไปภายในได้ยาก
- ส่วนประกอบทางโภชนาการของอาหาร ซึ่งเป็นสารที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการเจริญ แตกต่างกันไปตามชนิดของจุลินทรีย์
- สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่มีอยู่โดยธรรมชาติในอาหาร เช่น Lysozyme ในไข่จะทำลายผนังเซลล์จุลินทรีย์ได้
- ระดับ pH ของอาหาร จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เติบโตได้ดีที่ pH เป็นกลาง คือ ประมาณ 6.5-7.5 ราและยีสต์เติบโตได้ดีที่ระดับ pH ต่ำกว่าในแบคทีเรีย คือ ราเติบโตได้ที่ pH 5.5-6.5 ยีสต์ pH ที่ 4-5 ในขณะที่แบคทีเรียอยู่ที่ pH 6-7.5
- ออกซิเดชัน-รีดักชัน โพเทนเชียลของอาหาร ซึ่งแบ่งตามความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์พบว่าเราเกือบทั้งหมดเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ยีสต์ส่วนใหญ่เติบโตได้ดีในที่ที่มีออกซิเจน และแบคทีเรียมีทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต
- ความชื้นของอาหาร แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสีย มีค่าปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ในการเติบโต (Aw) ที่น้อยที่สุด คือ 0.91 ส่วนยีสต์ และราที่ทำให้อาหารเน่าเสีย คือ ที่ 0.88 และ 0.80 ตามลำดับ แต่ราสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารที่มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 12 และอาหารแห้งโดยทั่วไปจะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10 ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นในอาหารให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิดสามารถถนอมอาหารให้เก็บได้นาน ตารางที่ 2.7 เป็นการ

เปรียบเทียบความชื้นในอาหารสดและความชื้นที่เหมาะสมของอาหารแห้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 2.6 ความชื้นในอาหารสดและอาหารแห้ง

วัตถุดิบ	ความชื้น (%)		ความชื้นลดลง (%)
	อาหารสด	แปรรูปเป็นอาหารแห้ง	
นมสด	83	2-3	96-97
ไข่ (ทั้งฟอง)	74	5	93
เนื้อสัตว์	75	5-10	87-93
ใบชา ชาผง	80	5-10	87-93

ที่มา : สมบัติ ขอทวีวัฒนา (2529)

ปัจจัยเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ซึ่งมีผลต่อการอยู่รอดและการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร ได้แก่ การใช้ความร้อนหรือรังสีในระหว่างกระบวนการผลิต โดย Negi และคณะ (2001) ได้ศึกษาถึงการทำแห้งผักใบเขียว 2 ชนิดคือ Savoy beets (*Beta vugaris var. bengalensis*) และ Fenugreek (*Trigonella foenum*) โดยใช้วิธีอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บไว้ได้ถึง 9 เดือน พบว่าการเก็บที่ดีที่สุดเมื่อใช้บรรจุภัณฑ์ประเภท polyethylene film 2 ชั้น ทั้งที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิต่ำ

ปัจจัยนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อมที่เก็บ ปริมาณก๊าซในสภาพแวดล้อมที่เก็บอาหาร และความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหาร ซึ่งมีทั้งการแข่งขัน การยับยั้ง และการส่งเสริมการเจริญซึ่งกันและกัน**(14,15,16,17,20,21, 26,27,32)**