บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet corn) ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) ข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดเหนียว (waxy corn) และข้าวโพดคั่ว (popcorn) ถูกจัดรวมอยู่ในกลุ่ม ข้าวโพดฝักสด (Specialty corns) ซึ่งพื้นที่การปลูกข้าวโพดฝักสดจะมีพื้นที่ปลูกไม่มากเหมือนข้าวโพดไร่หรือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่ข้าวโพดฝักสดก็เป็นที่ยอมรับและปลูกกันแพร่หลายแทบทุกจังหวัด เนื่องจากข้าวโพดฝักสด เป็นพืชที่ปลูกง่ายใช้ระยะเวลาสั้นในการผลิต ข้าวโพดหวานมีระยะเวลาปลูกประมาณ 65-75 วัน และข้าวโพดฝักอ่อนมีระยะเวลาปลูกประมาณ 45-45 วัน ข้าวโพดฝักสดที่สำคัญต่อเศรษฐกิจประเทศไทยคือ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดฝักอ่อน (วันชัย และ สุขพงษ์, 2550)

การผลิตข้าวโพดฝักสดในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ผลิตฝักสดเพื่อบริโภคโดยตรง การผลิตแบบนี้จะพบในพื้นที่ปลูกข้าวโพดโดยทั่วไป แต่ไม่ค่อยมาก โดยทั่วไปเกษตรกรจะปลูกปีละประมาณ 3 ครั้ง คือ ต้นฤดูฝนประมาณเดือนเมษายน ปลายฤดูฝนประมาณต้นเดือนสิงหาคม และต้นฤดูหนาวประมาณเดือนพฤศจิกายน ชนิดของข้าวโพดที่เกษตรกรนิยมปลูก ได้แก่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเทียน และข้าวโพดเหนียว

2. ผลิตฝักสดเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมการแปรรูป เป็นการผลิตที่มีระบบมาตรฐานสูง ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ที่มีชลประทาน เช่น ในเขตภาคตะวันตก เช่นจังหวัดราชบุรี กาญจนบุรี นครปฐม และในเขตพื้นที่ภาคเหนือ เช่นจังหวัดลำพูน ลำปาง เชียงใหม่ และพะเยาเป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีโรงงานอุตสาหกรรมอาหารบรรจุกระป๋องอยู่บริเวณใกล้เคียง ข้าวโพดฝักสดที่เกษตรกรนิยมปลูกได้แก่ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดฝักอ่อน (ทวีศักดิ์, 2531)

ข้าวโพดหวาน จัดเป็นพืชอยู่ในตระกูล Gramineae ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับหญ้าหรือข้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* (เพื่อนเกษตรกร, 2545) ข้าวโพดหวานมีถิ่นกำเนิดในแถบบริเวณอเมริกากลาง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศสหรัฐอเมริกามาช้านานสำหรับประเทศไทยนั้นมีการปลูกทั่วไป แต่พื้นที่ปลูกไม่มากจนกระทั่ง ปี 2537 ได้มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวโพดหวานในประเทศไทย จึงทำให้ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไทยในปัจจุบัน (ทวีศักดิ์, 2540) ในประเทศไทยข้าวโพดหวานมีการปลูกตลอดทั้งปี และจังหวัดที่มีการปลูกข้าวโพดหวานมากคือ เชียงใหม่ ราชบุรี สุพรรณบุรี และบุรีรัมย์ (นุชจรินทร์, 2545)

การแปรรูปข้าวโพดหวานในระดับอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ มักทำการแปรรูปในลักษณะข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องและข้าวโพดหวานแช่แข็ง โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานรายใหญ่ของโลก โดยปริมาณการส่งออกข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง 20,000 ตัน / ปี หรือคิดเป็นมูลค่า 600 ล้านบาท และข้าวโพดหวานแช่แข็งมีการส่งออกประมาณ 1,000 ตัน / ปี หรือคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 50 ล้านบาท (นุชจรินทร์, 2545) นอกจากผลิตภัณฑ์สองชนิดนี้แล้ว ในประเทศไทยยังมีการนำข้าวโพดหวานมาแปรรูปเป็นน้ำนมข้าวโพด ซึ่งปัจจุบันมีการจำหน่ายเป็นการค้าทั้งในรูปน้ำนมข้าวโพดพาสเจอไรซ์ สเตอริไรซ์ และยูเอชที อีกทั้งยังมีการจำหน่ายข้าวโพดหวานในลักษณะฝักสดที่ผ่านการนึ่งแล้ว

ลักษณะของพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เหมาะแก่การแปรรูป ควรมีลักษณะดังนี้ (สุรเชษฐ, 2542)

1. เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว ให้ผลผลิตน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูง 1,500-2,500 กิโลกรัม/ไร่
2. ให้ความหวานร้อยละ 14- 16 บริกซ์
3. เนื้อนุ่ม ไม่แข็ง เปลือกหุ้มเมล็ดบาง และไม่เหนียว
4. รสชาติดี และมีกลิ่นหอมของข้าวโพดหวาน
5. ฝักมีสีเหลืองสด และไม่มีสีคล้ำเมื่อผ่านขบวนการแปรรูป

ข้าวโพดให้คุณค่าทางอาหารด้านพลังงานสูง เพราะมีคาร์โบไฮเดรต เป็นส่วนประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีโปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารอื่น ๆ ได้อีกหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพดซึ่งนำมาปรุงอาหารต่างๆและอาจนำมาหมักเป็น เหล้า เบียร์ วิสกี้ ข้าวโพดยังเป็นธัญพืชที่ให้แคลอรี และวิตามินเอสูงที่สุดในบรรดาธัญพืชทั้งหมด นอกจากนี้แล้วข้าวโพดยังมีโปรตีนมากกว่าข้าวเจ้าแต่น้อยกว่าข้าวสาลี ในปัจจุบันคนนิยมแปรรูปข้าวโพดเป็นเครื่องดื่ม เนื่องจากดื่มได้สะดวก รสชาติคล้ายนม อาจเรียกว่านมข้าวโพด อุดมด้วยคุณค่าทางอาหาร และยังมีวิตามินซี วิตามินเอในรูปเบต้าแคโรทีน และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่างๆในร่างกาย และยังประกอบไปด้วยลูเทียน (lutein) และซีแซนทิน (zeaxenthin) ซึ่งเป็นสารแคโรทีนอยด์ที่สามารถช่วยป้องกันสายตาเสื่อมสภาพได้เป็นอย่างดี (อนัญญา, 2546)

2.2 พันธุ์ข้าวโพดหวาน

พันธุ์ข้าวโพดหวานในประเทศไทย ได้แก่เอทีเอส-1 เอทีเอส-2 เอทีเอส-5 สองสี สุวรรณ-1 สุวรรณ-2 ไฮบริด สวีท-50 และสวีท-45 (ทวีศักดิ์, 2540 ; สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2543) ข้าวโพดหวานพันธุ์ที่ปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่ คือ เอทีเอส-2 และเอทีเอส-5 เนื่องจาก ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และฝักมีคุณภาพดี ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-5 และเอทีเอส-2 คือ 14-16 องศาบริกซ์ และ15 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (สุรเชษฐ, 2543)

ข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-2 และ เอทีเอส-5 จัดเป็นข้าวโพดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทางเกษตรอย่างสม่ำเสมอ เช่น ขนาดฝัก ความสูงฝัก อายุวันออกดอกตัวผู้และวันออกไหม วันเริ่มเก็บเกี่ยว และช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำนมของข้าวโพดพันธุ์เอทีเอส-5 สูงกว่าพันธุ์เอทีเอส-2 (Tri Indrarini และอภิรักษ์, 2548) ทำการศึกษาผลของพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดหวานที่มีต่อองค์ประกอบของน้ำนมข้าวโพด พบว่าข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-5 ให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมข้าวโพดมากกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-2 โดยที่อายุการเก็บเกี่ยวหลังออกไหม 19 วัน มีปริมาณผลผลิต 34.00±5.47 (ร้อยละ, น้ำหนัก / น้ำหนักโดยน้ำหนักเปียก)

ข้าวโพดหวานจะออกช่อและทำการผสมระหว่างเกสรตัวผู้ซึ่งอยู่ส่วนบนของต้นข้าวโพดกับดอกตัวเมีย เพื่อผลิตเมล็ดข้าวโพดหวาน โดยดอกตัวเมียจะมีไหมอยู่ที่ส่วนบนของดอก เพื่อช่วยในการผสมเกสร หลังจากกระบวนการผสมเกสรเสร็จสมบูรณ์จะเกิดเมล็ดข้าวโพดหวานขึ้นที่ฝัก สำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-2 และเอทีเอส-5 จะใช้เวลาในการออกไหมหลังจากการปลูกประมาณ 48 – 52 วัน (สุรเชษฐ, 2543 ; กรมวิชาการเกษตร, 2545) โดยทั่วไปข้าวโพดทั้งสองพันธุ์นี้จะทำการเก็บเกี่ยวหลังจากวันที่ข้าวโพดหวาน ประมาณร้อยละ 50 ของจำนวนต้นทั้งหมดที่มีการออกใหม่ เป็นระยะเวลา 19-23 วัน ซึ่งเรียกว่า ระยะน้ำนม (ทวีศักดิ์, 2540)

คุณภาพของข้าวโพดหวาน ลักษณะคุณภาพของข้าวโพดหวานแช่ทั้งฝัก ที่ผู้บริโภคต้องการคือใกล้เคียงของสดมีความหวานสูงตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมจำเพาะของข้าวโพด (aroma) ไม่มีการเติมแต่งกลิ่นรส มีเนื้อสัมผัสที่แน่น กรอบ มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง และต้องมีสีเหลืองสดไม่คล้ำหรือซีดขณะเก็บรักษา

(Azanza *et al.*, 1996) รายงานว่า คุณลักษณะทางกายภาพ และ องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานสัมพันธ์กับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ เป็นอย่างดี และสามารถจัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้เป็น 3 กลุ่มตามองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพคือ ด้านรสชาติ คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ ความหวาน (sweetness) ปริมาณซูโครส ความฉ่ำ (succuness) ความเป็นแป้ง (starchiness) ปริมาณสตาร์ช ด้านเนื้อสัมผัส คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ ความกรอบ ความนุ่มของเปลือกหุ้มเมล็ด ลักษณะเมล็ดข้าวโพด และความฉ่ำ ด้านกลิ่น คุณลักษณะที่มีบทบาทสำคัญ ได้แก่ กลิ่นข้าวโพด กลิ่นผิดปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เช่นกลิ่นหญ้า (grassy) และกลิ่นของสารที่ระเหยได้ ไม่ระบุชนิดอื่นๆ โดยที่สัดส่วนความสำคัญของคุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่นที่มีผลต่อความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวม คือร้อยละ 45.1, 30.5 และ 24.4 ตามลำดับ

ความหวานของข้าวโพดหวานจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ด ซึ่งถูกควบคุมโดยกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนา (Azanza *et al.*, 1996) ปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวโพดหวาน จะมีผลต่อความหวานมากกว่าปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสหรือกลูโคส (Reyes *et al.* , 1982)

2.3 องค์ประกอบของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานมีปริมาณน้ำตาลสูงโดยเฉพาะน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 20.6 (Pomeranz, 1987 ; Hall, 2003) ข้าวโพดหวานมีคุณภาพด้านการรับประทาน (eating quality) สูง และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเนื่องจากมีกลิ่นหอม ซึ่งกลิ่นรสในข้าวโพดหวานประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด ได้แก่ เอธานอล (ethanol) อะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) เมธานีไธออล (methanethiol) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) และไดเมธิลซัลไฟด์ (dimethyl sulfide) ซึ่งไดเมธิลซัลไฟด์เป็นสารประกอบ เคมีที่มีความสำคัญมากที่สุดในกลิ่นรสของข้าวโพดหวาน (Azanza *et al.* , 1996)

โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบหลักในข้าวโพดหวาน คือ เซอีน (zein) หรือโปรลามิน (prolamins) และคอร์น กลูเตลิน (corn glutelin) เซอีนเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ ขณะที่กลูเตลินละลายในด่าง (Pomeranz, 1987; Lasztity, 1996) และสำหรับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตหลักในข้าวโพดหวานมีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 1.18-1.26 (Pomeranz , 1987) ประกอบ ด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 83.0 ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดลิโนเลอิก (linoleic acid ; C18 : 2) ร้อยละ 57.4 อย่างไรก็ตามคุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดหวานขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และช่วงอายุการเก็บเกี่ยว (Makhlouf *et al.* , 1995)

การเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนเกิดขึ้นได้ในภาวะที่แตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ความร้อน การเปลี่ยนพีเอช การเติมเกลือ เป็นต้น เมื่อโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทั้งทางเคมี ทางกายภาพ เช่น การละลายลดลง มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสายโพลีเปปไตด์ที่คลายตัวออกเป็นสายยาวจะเกาะตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ตกตะกอนได้ง่าย หรืออาจเกาะตัวกันมีลักษณะโครงสร้างเป็นตาข่าย 3 มิติ เกิดการแข็งตัวกลายเป็นเจลได้ การที่โปรตีนเกิดการแข็งตัวกลายเป็นเจลเมื่อได้รับความร้อน เรียกว่า coagulation (Deman, 1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานต่อ 1 ถ้วย (154 กรัม)

องค์ประกอบ	หน่วย	ต่อ 1 ถ้วย (154 กรัมน้ำหนักเนื้อ)
Proximates		
Water	g	116.97
Energy	kcal	132.44
Energy	kJ	554.40
Protein	g	4.96
Total lipid (fat)	g	1.82
Carbohydrate, by difference	g	29.29
Fiber, total dietary	g	4.16
Ash	g	0.96
Vitamins		
Vitamin C, ascorbic acid	mg	10.47
Thaiamin	mg	0.31
Riboflavin	mg	0.09
Niacin	mg	2.62
Pantothenic acid	mg	1.17
Vitamin B-6	mg	0.08
Folate	meg	70.53
Vitamin B-12	mcg	0.000
Vitamin A, IU	IU	432.74
Vitamin E	mg	0.14

ที่มา : Hall (1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 สารอาหารหลักในข้าวโพด ได้แก่ (อนัญญา, 2546)

1. คาร์โบไฮเดรท เนื้อในของเมล็ดข้าวโพดที่แก่จัดมีสารอาหารคาร์โบไฮเดรทประมาณ ร้อยละ 72 จึงจัดเป็นอาหารจำพวกแป้งที่ให้พลังงานสูงกล่าวคือ 1 กรัมให้พลังงาน 4 แคลอรี่

2. ไขมัน เมล็ดข้าวโพดที่แก่จัด มีไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 4 สามารถสกัดเป็นน้ำมันใช้ประกอบอาหาร น้ำมันข้าวโพดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นในปริมาณสูงถึงร้อยละ 40 ซึ่งจะมีฤทธิ์ควบคุมโคเลสเตอรอลให้อยู่ในระดับปกติ ช่วยลดหรือแก้ไขโรคความดันโลหิตสูง เนื่องจากมีโคเลสเตอรอลสูงได้

3. โปรตีน ข้าวโพดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 4 โปรตีนในข้าวโพดมีประโยชน์ต่อร่างกายน้อย เพราะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ ไลซีน และทริบโตแฟน ดังนั้นควรรับประทานข้าวโพดร่วมกับถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ เพื่อให้ข้าวโพดมีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น

4. วิตามิน ข้าวโพดมีวิตามินบี1และวิตามินบี 2 ในปริมาณ 0.08-0.18 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม มีไนอะซีนในปริมาณต่ำ 1.1-1.5 มิลลิกรัม ประเทศที่มีการบริโภคข้าวโพดเป็นอาหารหลักจะเกิดเป็นโรคเพลลากา (pellagra) มาก เพราะขาดสารอาหารไนอะซีน สำหรับวิตามินเอ มีเฉพาะในข้าวโพดสีเหลือง

5. เกลือแร่ ข้าวโพดมีส่วนประกอบเกลือแร่ที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย เช่น แคลเซียม และเหล็กแต่ก็มีในปริมาณน้อยมาก

2.3.3 สีของข้าวโพด

รงควัตถุให้สีเหลืองในข้าวโพดคือกลุ่มของสารประกอบแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งมีรงควัตถุหลักคือ zeinoxanthin และ ß-zeacarotene สารประกอบ zeinoxanthin เป็นสารที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ (biological inactive) ส่วนสารประกอบ ß- zeacarotene มีคุณสมบัติเป็น provitamin A แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ß-carotene ข้าวโพดหวานที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีสีเข้มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความร้อนทำให้แคโรทีนอยด์เกิด isomerization เปลี่ยนรูปจาก trans-form เป็น cis-form จะมีสีเข้มขึ้น (Hutchings, 1994) (Gross, 1991) พบว่าในข้าวโพดหวานที่ผ่านการบรรจุกระป๋องจะมีปริมาณแคโรทีนลดลงแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่วัดได้ของข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 กลิ่นข้าวโพด

องค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานอีกประการหนึ่ง คือ กลิ่นข้าวโพด (aroma) โดยส่วนใหญ่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีเมื่อได้รับความร้อนขณะแปรรูป (Azanza *et al.*,1994) (Williams and Nelson, 1972) Williams และ Nelson (1973) ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการลวกข้าวโพดหวานก่อนการแช่เข็งต่อศักยภาพในการเกิด DMS (DMS potential) ในเมล็ดข้าวโพดภายหลังการลวกน้ำเดือด พบว่าที่เวลาลวก 10 นาที ศักยภาพในการเกิด DMS ลดลงร้อยละ 60-75 และที่ 20 นาที จะลดลงถึงร้อยละ 81-92 นั่นคือการลวกมีผลทำให้สูญเสียกลิ่นข้าวโพด ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการลวกเพื่อรักษาคุณภาพด้านกลิ่นข้าวโพดให้เหมาะสม

2.4 น้ำนมข้าวโพด

น้ำนมข้าวโพด จัดอยู่ประเภท เครื่องดื่มจากธัญพืช เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนที่ใช้วัตถุดิบมาจากพืช เครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายได้แก่ น้ำนมถั่วเหลืองและนมข้าวโพด ซึ่งในปัจจุบันมีการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรม เช่นนมถั่วเหลืองพาสเจอไรซ์ สเตอริไรส์ และ ยู.เอช.ที. ทั้งแบบบรรจุขวดและบรรจุกล่อง

ปัจจุบันน้ำนมข้าวโพดมีการจำหน่ายเป็นการค้าและกำลังได้รับความสนใจ จากการเปรียบเทียบประโยชน์ของน้ำนมข้าวโพดกับน้ำนมวัว พบว่า น้ำนมข้าวโพดมีไขมันต่ำกว่าน้ำนมวัว โดยบริษัทมาลีสามพราน จำกัด ผู้ผลิตน้ำนมข้าวโพดตรามาลี ไอ-คอร์น ได้ระบุว่าน้ำนมข้าวโพดมีไขมันเพียงร้อยละ 0.49 ในขณะที่น้ำนมวัวมีไขมันประมาณร้อยละ 4.0 - 4.4 (Walstra *et al.*, 1999) ประการที่สอง คือ ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอล น้ำนมข้าวโพดตรามาลี ไอ-คอร์น ระบุว่าไม่มีกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอล ในขณะที่น้ำนมวัวมีกรดไขมันร้อยละ 1.9 และคอเลสเตอรอลร้อยละ 0.01 (Fox and McSweeney, 1999 ; Walstra *et al.*, 1999) นอกจากนี้น้ำนมข้าวโพดยังมีวิตามินเอ 24 อินเตอร์เนชั่นแนลยูนิต (IU) วิตามินบีหนึ่ง 0.020 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.030 มิลลิกรัม วิตามินบีหก 0.020 มิลลิกรัม วิตามินซี 3.7 มิลลิกรัม และไนอะซิน 0.520 มิลลิกรัม ในน้ำนมข้าวโพด 100 กรัม (USDA, 2004)

การทำน้ำนมข้าวโพดควรใช้ข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เป็นน้ำนม แล้วใช้ข้าวโพดที่สดไม่มีรอยเน่าเสีย ภาชนะที่นำมาต้ม ภาชนะบรรจุก็ควรจะสะอาด และสามารถรักษาคุณภาพของข้าวโพดไว้ได้ ควรล้างข้าวโพดให้สะอาดก่อนการแปรรูป การจะซื้อน้ำนมข้าวโพดสำเร็จรูปควรพิจารณาเลือกซื้อจากผู้ผลิตที่เชื่อถือได้ บรรจุในภาชนะที่มีมาตรฐาน เก็บไว้ได้นาน มีข้อความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายละเอียดต่างๆ ระบุไว้บนภาชนะอย่างครบถ้วนชัดเจน และวันที่ควรบริโภค วันที่หมดอายุที่ระบุไว้บนภาชนะ (อนัญญา, 2546)

2.5 การพาสเจอไรซ์

การพาสเจอไรซ์ (pasteurization) หมายถึง การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำเดือด วัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่ทำให้เกิดโทษ และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากการสูญเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์ในอาหาร (วราวุฒิ, 2538) การพาสเจอไรซ์เป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมาก โดยมุ่งทำลายแบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างสปอร์และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ (pathogenic bacteria) ส่วนจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่ทนความร้อนของการพาสเจอไรซ์จะทำให้อาหารเสียได้ (นิธิยา, 2543) การพาสเจอไรซ์ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย เนื่องจากในอาหารอาจมีจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์ทำให้อาหารเสีย หรือเสื่อมคุณภาพ การใช้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์เพื่อทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งหรือทำให้จุลินทรีย์บาดเจ็บ มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลงหรือไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้หลังการพาสเจอไรซ์แม้ว่าจุลินทรีย์จะตายไม่หมด แต่ยังมีปัจจัยอื่นๆช่วยในการควบคุมจุลินทรีย์ได้อีก เช่น pH และการใช้อุณหภูมิต่ำ เป็นต้น (สุมณฑา, 2545) ความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารน้อยมากความรุนแรงของความร้อนและอายุการเก็บรักษายังขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของอาหาร อาหารที่มีพีเอชสูงกว่า 4.6 ซึ่งเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) จะต้องทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโทษให้หมด ส่วนอาหารที่มีพีเอชต่ำกว่า จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ต้องอาศัยความเย็นช่วยในการเก็บรักษา (นิธิยา, 2543)

ระบบการพาสเจอไรซ์ แบ่งได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้ (นรินทร์, 2538)

1. ระบบไม่ต่อเนื่อง (batch pasteurization) เป็นระบบที่ใช้กันมากในระยะต้นๆ ที่เริ่มใช้กระบวนการนี้หรือในกรณีที่มีปริมาณผลิตภัณฑ์น้อย ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ประมาณ 1,500 – 2,000 ลิตร โดยการใช้ถังที่มี 2 ชั้น ที่สามารถต่อเข้ากับท่อไอน้ำ และท่อน้ำเย็นที่มีวาล์วควบคุม ภายในถังจะมีเครื่องกวนที่หมุนด้วยมอเตอร์ การให้ความร้อนอาจจะใช้ความร้อนด้วยน้ำร้อนแทนไอน้ำ ที่ด้านข้างของถังจะติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้สำหรับวัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ การให้ความร้อนอาจกระทำโดยระบบอัตโนมัติหรือใช้คนเป็นผู้ควบคุมก็ได้

2. ระบบต่อเนื่อง (continuous pasteurization) เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบแรก โดยการทำให้กระบวนการพาสเจอไรซ์เป็นไปอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การป้อนวัตถุดิบถึงการบรรจุ ระบบนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้กระบวนการพาสเจอรไรส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถทำการผลิตได้ในปริมาณมากๆ โรงงานบางแห่งจะผลิตได้ถึง 10,000 ลิตรต่อชั่วโมง ระบบนี้เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

การพาสเจอไรซ์แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้ (ทนง, 2540)

1. แบบใช้อุณหภูมิต่ำ ระยะเวลานาน (low temperature long time - LTLT) คือระบบที่ใช้อุณหภูมิ ระหว่าง 62.8 – 65.6°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นทันที

2. แบบใช้อุณหภูมิสูง ระยะเวลาสั้น (high temperature short time - HTST) คือระบบที่ใช้อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 15 วินาที

ตัวอย่างวัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์ แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างวัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์อาหารชนิดต่างๆ

อาหาร	วัตถุประสงค์หลัก	วัตถุประสงค์รอง	สภาวะการแปรรูป
pH< 4.5 น้ำผลไม้	ทำลายเอนไซม์เปคตินเอสเทอเรส และโพลีกาแลคตูโลเนส	ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น ยีสต์ และฟังไจ	65°C, 30 นาที 77°C, 1 นาที 88°C, 15วินาที แล้วลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ถึง 3-7°C
pH> 4.5 น้ำนม	ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เช่น *Brucella abortis* และ *Mycobacterium tuberculosis*	ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและทำลายเอนไซม์บางชนิด	63°C, 30 นาที 71.5°C, 15วินาที
ไข่เหลว	ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค	ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย	64.4°C, 2.5 นาที 60°C, 3.5 นาที

ที่มา : Fellows (1997)

การใช้คำว่า การพาสเจอไรซ์ เป็นการบ่งชี้ว่ามีการใช้ความร้อนเพียงเล็กน้อยกับอาหารเท่านั้น ซึ่งอาหารอาจยังไม่ได้บรรจุภาชนะหรือบรรจุอยู่ในภาชนะแล้วก็ได้ (นิธิยา, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพาสเจอไรซ์แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (ทนง, 2540)

1. การพาสเจอไรซ์อาหารที่บรรจุในภาชนะแล้ว (in bottle processing) พวกอาหารเหลว เช่น เบียร์ หรือน้ำผลไม้ที่บรรจุขวดหรือถุงแล้วสามารถพาสเจอไรซ์ได้ด้วยน้ำร้อน แต่ถ้าของเหลวบรรจุในภาชนะแก้ว การใช้ความร้อนอาจทำให้เกิด thermal shock ทำให้ขวดแตกได้ ดังนั้นความแตกต่างระหว่างน้ำร้อนและภาชะบรรจุไม่ควรเกิน 20°C และน้ำที่ใช้ลดอุณหภูมิอาหารให้เย็นลงไม่ควรเกิน 10°C ถ้าใช้ภาชนะโลหะหรือพลาสติกจะไม่เกิดปัญหานี้ สามารถพาสเจอไรเซชันได้โดยใช้ steam-air mixture หรือใช้น้ำร้อนก็ได้ หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงให้เหลือ 40°C เพื่อระเหยเอาน้ำที่ผิวนอกของภาชนะบรรจุออกจนแห้ง ทำให้ภาชนะบรรจุไม่เกิดเป็นสนิมที่ขวดหรือฝากระป๋อง และช่วยให้การติดฉลากได้ง่าย การพาสเจอไรซ์ โดยใช้อุโมงค์น้ำ (steam tunnel) จะให้ผลดีกว่าเพราะได้รับความร้อนเร็ว ใช้เวลาน้อยและทำให้เย็นโดยใช้น้ำเย็นพ่นฝอยหรือแช่ในอ่างน้ำก็ได้

2. การพาสเจอไรซ์อาหารที่ยังไม่ได้บรรจุในภาชนะ จะใช้วิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิว (surface heat exchanger) หรือต้มในหม้อ (boiling pan) ซึ่งจะใช้กับอุปกรณ์แบบต่อเนื่อง หรือใช้ plate heat exchanger ข้อดีของการใช้วิธี plate heat exchanger เมื่อเปรียบเทียบกับการพาสเจอไรซ์อาหารที่บรรจุในภาชนะแล้ว ได้แก่

1. ความสม่ำเสมอของความร้อนที่ได้รับ
2. อุปกรณ์ไม่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายน้อย
3. ใช้พื้นที่และแรงงานน้อย
4. เปลี่ยนแปลงชนิดของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย
5. ควบคุมภาวการณ์พาสเจอไรเซชันได้ง่าย

ผลของการพาสเจอไรซ์ที่มีต่ออาหาร

เนื่องจากการพาสเจอไรซ์เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของอาหารเพียงเล็กน้อย และอายุการเก็บของอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ก็สั้นกว่า เมื่อเทียบกับการสเตอริไรเซชันด้วยความร้อนซึ่งเก็บรักษาได้นานหลายเดือน (นิธิยา, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพาสเจอไรซ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่ออาหาร ดังนี้ (นิธิยา, 2543)

1. สี กลิ่น และรสชาติ การพาสเจอไรซ์ไม่มีผลใดๆต่อสีของน้ำนมสำหรับน้ำนม เมื่อได้รับ ความร้อนจะมีการสูญเสียสารระเหยบางชนิดระหว่างการพาสเจอไรซ์

2. วิตามิน สำหรับน้ำนมจะมีการสูญเสียซีรั่มโปรตีน คือ แลคโตอัลบูมิน และแลคโตกลอบูลินประมาณร้อยละ 5 และสูญเสียวิตามินอื่นเล็กน้อย

วิตามินเป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ และเป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย (มิลลิกรัมหรือไมโครกรัม) ร่างกายของคนเราสังเคราะห์วิตามินไม่ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ดังนั้นปริมาณของวิตามินในอาหารต่าง ๆ ทั้งที่ได้จากธรรมชาติ หรืออาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปจึงมีความสำคัญ การสูญเสียวิตามินสามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ได้สารใหม่ที่ไม่มีคุณค่าทางชีวภาพ (นิธิยา, 2543)

ในกระบวนการแปรรูปอาหาร หรือระหว่างการเก็บรักษา วิตามินเอและแคโรทีนถูกทำลายได้ประมาณร้อยละ 5-40 และภาวะที่ใช้แปรรูปอาหารตามปกติ เช่น การพาสเจอไรซ์น้ำนมจะไม่มีการสูญเสียวิตามินเอและแคโรทีน แต่จะสูญเสียเมื่อน้ำนมสัมผัสกับแสง ดังนั้นการใช้ภาชนะบรรจุที่ทึบแสงจะช่วยรักษาปริมาณวิตามินเอและแคโรทีนได้ ส่วนวิตามินอีทนต่อกรด แต่ไม่ทนต่อด่าง แสงอุลตราไวโอเลต และออกซิเจน (นิธิยา, 2543) วิตามินซีมีความคงตัวต่ำย่อยสลายได้ง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน

2.6 การสลายตัวของวิตามิน

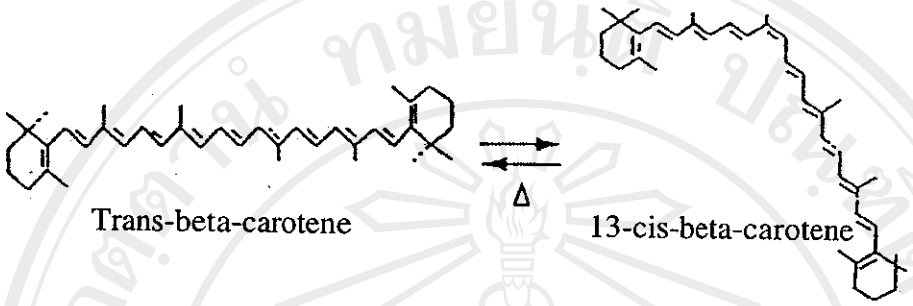
2.6.1การเสื่อมสลายของแคโรทีนอยด์

1. เกิดจากปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน (isomerization) ปฏิกิริยานี้เกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความร้อน แสง และกรด

ก) ความร้อน แคโรทีนอยด์ ที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นรูป *trans* form หากได้รับแสงและมีความร้อนหรือรังสี จะทำให้โครงสร้างเกิดการบิดตัวไป 180 องศา เปลี่ยนเป็นรูป *cis* form (รูป 2.7) ซึ่งรูป *cis* form จะไม่ค่อยเสถียร มีการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสั้นลง สีที่ปรากฏจะอ่อนกว่า *trans* form และมี vitamin A activity น้อยกว่ารูป *trans* form (นิธิยา, 2545) การเกิด thermal isomerization เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต โดยอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์ และอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนจะมีผลต่อการสูญเสียแคโรทีนอยด์มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงไม่ควรใช้ความร้อนแบบ high temperature short time (HTST) และควรเก็บรักษาตัวอย่างอาหารที่มีสารแคโร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทีนอยด์ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการสูญเสียแคโรทีนอยด์ไว้ได้ Lisiewska and Kmiecik (2000) รายงานว่าการเก็บรักษาชิ้นมะเขือเทศที่อุณหภูมิ -30°C สูญเสียเบต้า-แคโรทีนและสารประกอบอื่นๆ น้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากัน



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโมเลกุลของเบต้า-แคโรทีน เนื่องจากความร้อน (ที่มา : Goodwin, 1980)

ข) ความเป็นกรด ในสภาพเป็นกรดทำให้เบต้า-แคโรทีน เปลี่ยนเป็น epoxide isomer ซึ่งเกิดจากการจับตัวของออกซิเจนที่พันธะคู่ของวงแหวนในโครงสร้าง เกิดเป็น 5, 6-epoxide ซึ่งมีสีจางกว่าเบต้า-แคโรทีน และสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ส่วนมากจะคงตัวในสภาพด่าง (Goodwin, 1980)

2. เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ก) ออกซิเจน เมื่อแคโรทีนอยด์สัมผัสกับอากาศ ตำแหน่งพันธะคู่ในโครงสร้างของโมเลกุลจะไปจับกับออกซิเจนเกิดเป็นสีน้ำตาลของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) สารประกอบคาร์บอนิลและสารระเหยอื่นๆ ปฏิกิริยานี้เป็น direct oxidation อัตราการสูญเสียแคโรทีนอยด์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไม่ได้ขึ้นกับออกซิเจนเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความเข้มของแสงและความร้อนเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาด้วย (Crawley, 1993) การเก็บรักษาสารแคโรทีนอยด์ในภาวะที่มีออกซิเจนเบต้า-แคโรทีน จะสูญเสียเป็นอันดับแรก แคนตาแซนทินไวต่อการเกิดออกซิเดชันน้อยสุดและอะโพ-แคโรทีนอล (apo-carotenal) มีอัตราการสูญเสียเร็วที่สุด แต่ bixin ที่สกัดได้จาก annatto มีความเสถียรมากเมื่อเก็บรักษาไว้ในภาวะที่มีอากาศ

การป้องกันการออกซิเดชันจากออกซิเจน สามารถกระทำได้โดยการเติมสารต้านออกซิเดชัน เช่น กรดแอสคอร์บิก และบิวทิวเลทไฮดรอกซีเทอลูอีน (butylated hydroxytoluene ; BHT) เป็นต้น (นิธิยา, 2545) หรือไม่ให้อาหารสัมผัสกับอากาศขณะเก็บรักษาเช่น ใช้น้ำมันเคลือบผิวหรือบรรจุก๊าซเฉื่อยในภาชนะบรรจุ หรือแบบสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เนื่องจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ และทำให้แคโรทีนอยด์เกิดออกซิเดชันไปด้วย เรียกว่า co-oxidation เป็นปฏิกิริยาแบบ indirect oxidation สามารถป้องกันได้โดยใช้กรดไขมันชนิดอิ่มตัวในการผสมกับแคโรทีนอยด์

ค) การปนเปื้อนของโลหะ อิออนของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้แคโรทีนอยด์เสื่อมสภาพ และถ้ามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวรวมอยู่ด้วย การเสื่อมสลายจะยิ่งเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น โลหะทองแดงจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไลโคพีนให้เร็วขึ้น 3.6 เท่า เนื่องจากอิออน ของทองแดงจะไปเร่งให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ได้เร็วขึ้น

ง) แสงสว่าง ปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากแสงสว่าง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น และรสชาติ การเกิดออกซิเดชันจากแสงสว่างจะรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนในอากาศด้วย

จ) เอนไซม์ การเสื่อมสลายของแคโรทีนอยด์ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ จะเกิดขึ้นได้เนื่องจากแคโรทีนอยด์ที่อยู่ภายในเซลล์ในรูปของ pigment-pretein complex ซึ่งมีความเสถียรมาก ดังนั้นต้องมีสารที่สามารถมาทำลายโครงสร้างนี้ได้ คือ เอนไซม์ เมื่อแคโรทีนอยด์อยู่ในรูปอิสระ ก็จะเกิดการเสื่อมสลายได้ง่าย เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์

การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีในอาหาร วิธีที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่ คือ วิธี liquid chromatography โดยการสกัดสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งตัวทำละลายอาจเป็นชนิดเดียวหรือเป็นตัวทำละลายผสม 2 ชนิด ที่มีขั้ว (polar) มาก-น้อยแตกต่างกัน และต้องระวังในการเลือกใช้ตัวทำละลายบางชนิดเมื่อผสมกันแล้วอาจได้สารอื่นเกิดขึ้นได้

หลักการพื้นฐานของวิธี liquid chromatography คือการให้สารที่ต้องการแยกอยู่ในรูปของสารละลาย โดยนำตัวอย่างมาผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปผ่านสารดูดซับ (stationary phase) ซึ่งสารดูดซับจะอยู่ในรูปใดขึ้นกับชนิดของสารดูดซับ และวิธี chromatography ที่ใช้ สารละลายตัวอย่างจะเคลื่อนที่ผ่านสารดูดซับโดยมีตัวทำละลายพาเคลื่อนที่ไป (mobile phase) สารที่เป็นส่วนประกอบในสารละลายตัวอย่างชนิดใดที่ติดอยู่กับสารดูดซับได้ดีจะเคลื่อนที่ไปบนสารดูดซับได้ช้ากว่าสารที่ติดอยู่กับสารดูดซับได้ไม่ดี ดังนั้นสารประกอบที่ละลายอยู่ในสารละลายตัวอย่างจะแยกออกจากกันได้ ตามความสามารถในการจับอยู่กับสารดูดซับ โดยวิธี liquid chromatography สามารถแบ่งออกได้หลายแบบ ได้แก่ (แม้นและอมร, 2534 ; Gross, 1987 ; Ball, 1992 ; Reinhard, 1996 ; Rodriguez-Amaya, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คอลัมน์โครมาโทกราฟี (Open Column Chromatography) เป็นการบรรจุสารที่สามารถแยกสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายมาแล้ว ตัวอย่างของสารดูดซับที่ใช้ในการบรรจุในคอลัมน์ เช่น ซิลิกาเจล (silica gel), แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) และ MgO-HyfloSupercel (Bauernfeind, 1981 ; Rodriguez-Amaya, 2003) ซึ่งการวิเคราะห์สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ด้วยวิธีนี้จะแยกได้เพียงกลุ่มใหญ่ของแคโรทีนอยด์ คือ แคโรทีนและแซนโทฟิลล์ แต่วิธีนี้ก็เป็นวิธีที่ยอมรับในการวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC (2000) (Buckle and Rahman, 1979 ; Hart and Scott, 1995)

โครมาโทกราฟีแบบผิวบาง (Thin Layer Chromatography, TLC) เป็นการนำสารดูดซับที่ใช้ในการแยกไปเคลือบบนแผ่นกระจก แล้วให้สารละลายตัวอย่างที่สกัดมาวิ่งไปบนแผ่นเคลือบ วิธีนี้สามารถจำแนกสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ได้ถึงไอโซเมอร์ของมันว่าเป็นชนิด α, β และ γ แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าอยู่ในรูปของ *trans* form หรือ *cis* form (Baloch *et al.*, 1997)

โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High-Performance Liquid Chromatography, HPLC) ใช้หลักการในการแยกเหมือนกับ open column chromatography แต่วิธีนี้จะสามารถจำแนกชนิดของสารแคโรทีนอยด์ได้ละเอียดมากถึงระดับที่สามารถแยกรูป *cis* และ *trans* form ได้ (Mercadante *et al.*, 1997) นอกจากนี้เป็นวิธีที่ใช้สารตัวอย่างน้อย (1 กรัมหรือน้อยกว่า) ใช้เวลาในการแยกน้อย (Hsieh and Karel, 1983) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการแยกสารเชิงปริมาณให้มีความถูกต้อง (Schoefs, 2002)

ก๊าซโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) วิธีนี้ใช้อุณหภูมิสูงในการแยกสาร จึงไม่นำมาใช้การแยกสารแคโรทีนอยด์ เนื่องจากสารแคโรทีนอยด์ที่แยกด้วยวิธีนี้จะไม่เสถียรวิธีการแยกทั้ง 3 วิธีแรกจะต้องนำสารที่แยกได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสง เพื่อวิเคราะห์ว่าสารที่แยกออกมาได้เป็นแคโรทีนอยด์ชนิดใด และมีปริมาณเท่าใด โดยใช้สมบัติที่ว่าสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์แต่ละชนิดจะสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดแตกต่างกัน และตัวทำลายต่างชนิดกันก็จะทำให้สารชนิดเดียวกันดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดได้แตกต่างกันด้วย

2.6.2 การสลายตัวของวิตามินซี (Degradation of vitamin C)

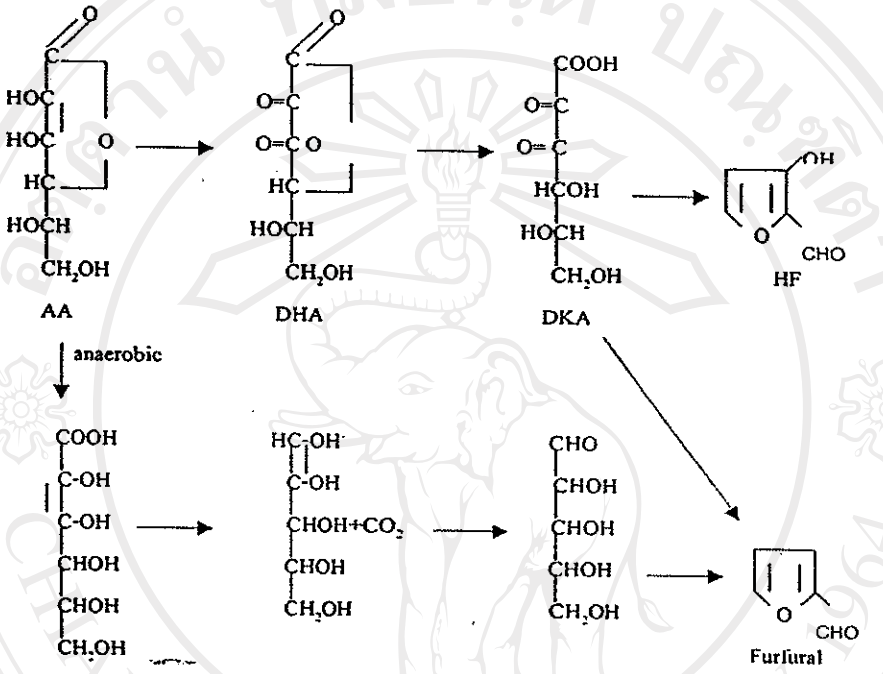
การสลายตัวของวิตามินซีเกิดได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจน (oxidative degradation) และไม่มีออกซิเจน (anaerobic degradation) ดังนี้

1. การสลายตัวที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative degradation)

วิตามินซีในรูปของ Ascorbic acid สลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งมีออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดซ์ ดังรูป 215 เมื่อ Ascorbic acid ได้ โดยปฏิกิริยารีดักชันในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นเบส อย่างไรก็ตามหาก DHAA ถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น 2, 3-diketogulonic acid (DKA) จะทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดการสูญเสียวิตามินซีเนื่องจาก DKA ไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินซี DKA สามารถเปลี่ยนต่อเป็น hydroxyfurfural (HF) หรือ furfural ซึ่งไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินซีเช่นกัน ส่วนมากปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินซีมักเกิดภายใต้สภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ได้แก่ เอนไซม์ และโมเลกุลของโลหะหนักบางชนิด



ภาพที่ 2.2 ปฏิกิริยาการสลายตัวของวิตามินซี

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่วิตามินซีละลายอยู่ในน้ำ ปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินซีสามารถเกิดได้แม้ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า auto-oxidation อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดได้อย่างช้าๆ ทั้งนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นกับ pH ของสารละลายที่วิตามินซีละลายอยู่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาต่ำเมื่อสารละลายเป็นกรด และเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีความเป็นด่าง

2. การสลายตัวในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic degradation)

นอกจากการสลายตัวของวิตามินซีโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว วิตามินซียังสามารถสลายตัวได้แม้ในสภาพไม่มีออกซิเจนแต่อัตราการสลายตัวจะต่ำกว่าการสลายตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่ผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี

1. อุณหภูมิเก็บรักษา

อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่ออัตราการสลายตัวของวิตามินซีในผักและผลไม้ การเพิ่มอุณหภูมิเก็บรักษาจะทำให้วิตามินซีสลายตัวมากขึ้น

2. ระยะเวลาการเก็บรักษา (Storage time)

การเก็บรักษาผักและผลไม้สดหรือน้ำผลไม้คั้น มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการสลายตัวของวิตามินซี โดยการเก็บรักษาเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซีมากขึ้น

3.การหั่นและการตัดแต่ง (Cutting and trimming)

การหั่น การตัดแต่งผักผลไม้ทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี และทำให้วิตามินซีในเซลล์พืชมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ได้มากกว่าผลไม้ที่ไม่ผ่านการแปรรูป จึงส่งผลให้มีพืชที่ผ่านการแปรรูปมีปริมาณวิตามินซีลดลง

4. บรรยากาศที่ใช้เก็บรักษา (Storage atmosphere)

การลดปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศที่ใช้เก็บรักษาผักผลไม้หรือน้ำส้มคั้นสามารถชะลอการสลายตัวของวิตามินซีได้ เนื่องจากออกซิเจนทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์วิตามินซีเป็น DHA และ DKA เมื่อมีออกซิเจนน้อยลงจึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้น้อยลงส่วนการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์นั้น รายงานการวิจัยส่วนใหญ่พบว่าไม่สามารถชะลอการลดลงของวิตามินซีได้

5. ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH)

วิตามินซีซึ่งอยู่ในสารละลายที่เป็นกรด จะมีอัตราการสลายตัวต่ำกว่าวิตามินซีที่อยู่ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นด่างหรือเป็นกลาง ทั้งนี้ น่าจะเนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิล ในกรดอาจจะไปทำปฏิกิริยา chelation กับ Cu^{2+} มีผลต่อความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Cu^{2+} โดยส่วนมากพบว่าอัตราการสลายตัวของวิตามินซีในผลไม้หรือน้ำคั้นมักช้ากว่าในผักทั้งนี้อาจเนื่อง มาจากผลไม้หรือน้ำคั้นมีความเป็นกรดสูงกว่าในผัก

6. การเติมสารเคมี (Chemical additives)

การเติมสารในกลุ่มฮาโลเจน เช่น คลอไรด์หรือโบรไมด์ มีผลชะลอการลดลงของวิตามินซี เนื่องจากสารในกลุ่มฮาโลเจนไปลดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยยับยั้งการจับกันระหว่าง Cu^{2+} กับวิตามินซี

7. การแปรรูป (Processing)

วิตามินซีในผักผลไม้และน้ำคั้น มีรายงานว่าการแช่แข็งจะสามารถชะลอการสลายตัวของวิตามินซีได้ นอกจากนั้นปริมาณวิตามินซีในผลิตผลยังเพิ่มขึ้นหลังจากกระบวนการแช่แข็งโดยไนโตรเจนเหลว ส่วนการลวกน้ำร้อนและการทำพาสเจอไรซ์ นั้นสามารถชะลอการลดลงของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิตามินซีระหว่างการเก็บรักษาได้ เนื่องจากการลวกน้ำร้อนและการทำพาสเจอไรซ์มีผลไปทำลายเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินซี แต่ก็ส่งผลให้ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้ก่อนการเก็บรักษามีค่าลดลง เนื่องจากวิตามินซีละลายออกมาในน้ำขณะที่ลวกน้ำร้อน และวิตามินซีเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนในระหว่างการทำพาสเจอไรซ์ (George, 1998)

2.7 บรรจุภัณฑ์พลาสติก

2.7.1 บรรจุภัณฑ์ หมายถึง สิ่งห่อหุ้มหรือบรรจุผลิตภัณฑ์ รวมทั้งภาชนะที่ใช้เพื่อการขนส่งผลิตภัณฑ์ จากแหล่งผู้ผลิตไปยังแหล่งผู้บริโภคหรือแหล่งใช้ประโยชน์ เพื่อวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการป้องกัน และรักษาผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพ ตลอดจนคุณภาพใกล้เคียงกับเมื่อแรกผลิตให้มากที่สุด นอกจากนี้อาจกล่าวได้ว่า หีบห่อหรือบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตและหีบห่ออาจสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านการตลาดวัตถุประสงค์ด้านการเก็บรักษา เป็นต้น (ประชิด, 2531)

2.7.2 พลาสติก คือ วัสดุที่ประกอบด้วยมาโครโมเลกุลที่มีอยู่ตามธรรมชาติมารวมกันมากมายหลายๆโมเลกุล แล้วเกาะกันอย่างหนาแน่นด้วยพันธะต่างๆ และมีการเรียงตัวที่ต่างกัน ทำให้เกิดเป็นโพลิเมอร์ต่างๆ (เช่น ยางธรรมชาติ เซลลูโลส โปรตีน เป็นต้น) หรือได้จากการสังเคราะห์สารประกอบโมเลกุลต่ำ เช่น ethylene, benzol, formaldehyde (ประชิด, 2531)

พลาสติก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (ปุ่น และสมพร, 2541)

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือเรซิน เป็นพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด มีสมบัติพิเศษคือ เมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้ ชนิดของพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก ได้แก่

1.1 โพลีเอทิลีน (Polyethylene : PE) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่นและทนความร้อนได้พอควร เป็นพลาสติกที่นำมาใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ถุง ขวด แท่นรองรับสินค้า

โพลีเอทิลีน มีการผลิตขึ้นทั้งในรูปที่มีความหนาแน่นต่ำและสูง ได้แก่

โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE-Low density polyethylene) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.91 ถึง 0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีการใช้อย่างกว้างขวาง เพราะว่าราคาไม่แพง ยืดหยุ่นได้ ทนทานมากและทนต่อสารเคมี LDPE ถูกขึ้นรูปเป็นขวด หีบห่ออาหาร และของเล่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (HDPE-High density polyethylene) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.95 ถึง 0.97 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร HDPE มีความแข็งกว่าและโปร่งแสงน้อยกว่าชนิดความหนาแน่นต่ำ HDPE ใช้ทำถุง ถังน้ำมันรถ หีบห่อและท่อน้ำ

1.2 โพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP) เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่าโพลีเอทิลีน ทนต่อสารไขมันและความร้อนสูง ใช้ทำแผ่นพลาสติก ถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนร้อน หลอดดูดพลาสติก เป็นต้น

1.3 โพลีนสไตลีน (Polystyrene : PS) มีลักษณะโปร่งใส เปราะ ทนต่อกรดและด่าง ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร ใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ เป็นต้น

1.4 SAN (Styrene – acrylonitrile) เป็นพลาสติกโปร่งใส ใช้เป็นชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น

1.5 ABS (acrylonitrile- butadiene – styrene) สมบัติคล้ายโพลิสไตรีน แต่ทนสารเคมีดีกว่าเหนียวกว่า โปร่งแสง ใช้ผลิตถ้วย ถาด เป็นต้น

1.6 โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride : PVC) ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร แต่ป้องกันไขมันได้ดี มีลักษณะใส ใช้ทำขวดบรรจุน้ำมัน และไขมันปรุงอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่นไวน์ เบียร์ ใช้ทำพลาสติก ทำแผ่นลามิเนตชั้นในของถุงพลาสติก

1.7 ไนลอน (Nylon) เป็นพลาสติกที่มีความเหนียวมาก คงทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ ทำแผ่นลามิเนตสำหรับทำถุงพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ

1.8 โพลิเอทิลีน เทอร์ฟาธาเลต (Polyethylene terepathalate : PET) มีลักษณะเหนียวมาก โปร่งใส ราคาแพง ใช้ทำแผ่นฟิล์มบางๆบรรจุอาหาร และมีคุณสมบัติเป็นขวดที่ดีโดยเฉพาะสำหรับบรรจุน้ำอัดลม เนื่องจากมีค่าการแพร่ผ่านของก๊าซต่ำมาก

1.9 โพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate : PC) มีลักษณะโปร่งใส แข็ง ทนแรงยืด และแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง ใช้ทำถ้วย จาน ชาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting plastic) เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ คือ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมีได้ดีเกิดคราบและรอยเปื้อนได้ยาก พลาสติก แบบนี้เมื่อหลอมตัวเป็นรูปใดแล้ว จะเป็นรูปแบบอย่างนั้นถาวรหมายความว่าจะเอามาหลอมเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ได้ กล่าวคือเกิดการข้ามต่อไปมาระหว่างสายโซ่โมเลกุลของโพลีเมอร์ (cross linging among polymer chains) เมื่อพลาสติกเย็นแข็งตัวแล้ว จะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวได้อีกโดยใช้ความร้อน หากแต่จะสลายตัวทันทีที่อุณหภูมิสูงถึงระดับ การทำพลาสติกชนิดนี้เป็นรูปร่างลักษณะต่างๆต้องใช้ความร้อนสูง และต้องการแรงอัดด้วย

เทอร์โมเซตติงพลาสติก ได้แก่

2.1 เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ (melamine formaldehyde) ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทนความร้อนได้ถึง 140°C และทนปฏิกิริยาเคมีได้ดี เมลามีนใช้ ทำบรรจุภัณฑ์อาหารหลายชนิด

2.2 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (phenol-formaldehyde) ทนทานต่อตัวทำละลาย สารละลายเกลือและน้ำมัน ใช้ทำฝาจุกขวดและหม้อ

2.3 อีพอกซี (epoxy) ใช้เคลือบผิวของอุปกรณ์ภายในบ้านเรือน ใช้ทำโฟมแข็ง

2.4 โพลีเอสเตอร์ (polyester) ใช้ทำพลาสติกสำหรับเคลือบผิว ขวดน้ำ ฟิล์มและ ยาง

2.5 ยูรีเทน (urethane) ชื่อเรียกทั่วไปของเอทิลคาร์บาเมต

2.6 โพลียูรีทีน (polyurethane) ใช้เป็นกาว และน้ำมันชักเงา พลาสติก และยาง

คุณสมบัติของขวดพลาสติก (Roberson, 1993)

1. ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ พลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี คือ โพลีอะคริโลไนไตรล์ (polyacrylo nitrile) และ โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)
2. ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน พลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี คือ โพลีอะคริโลไนไตรล์, โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) และ (EVOH)
3. มีความใส พลาสติกที่มีความใสดี คือ โพลีนสไตลีน (PS), โพลิเอทิลีน เทอร์ฟาธาเลต (PET) และ โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)

การเกิด migration ของบรรจุภัณฑ์พลาสติก คือ การเคลื่อนที่ของสารซึ่งเป็นองค์ประกอบของโพลีเมอร์ภายในตัวพลาสติกนั้นไปยังอาหารที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดนั้น โดยการเกิด migration นั้นจะต้องอาศัยอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะว่าความร้อนเป็นปัจจัยทำให้สายโพลีเมอร์ที่เกาะกันอยู่นั้นเกิดการขยับตัวและกิ่งของสายโพลีเมอร์บางส่วนนั้น จะเกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลุดออกจากสายโพลีเมอร์ ซึ่งสารที่หลุดออกมานั้นจะเป็นสารชนิดใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของสายโพลีเมอร์นั้นว่าเป็นชนิดใด เช่น พลาสติกประเภทโพลิเอทิลีน เทอร์ฟาธาเลต (PET) นั้น เมื่อเกิดการ migrationขึ้น สารที่จะหลุดออกมาก็คือ acetaldehyde ซึ่งอัตราการเกิด migration นั้นจะขึ้นกับระดับของอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงอัตราการเกิด migration ก็สูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนระยะเวลาที่อาหารสัมผัสกับบรรจุภัณฑ์พลาสติกนั้น เป็นเหมือนตัวกำหนดระยะเวลา ในการเกิด migration หมายความว่าเมื่อเวลาผ่านไปนานปริมาณของสารที่ migration ไปยังอาหารก็จะมากขึ้นไปตามระยะเวลาด้วย (รวิศ, 2541)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tri Indrarini และ อภิรักษ์ (2548) ทำการศึกษาผลของพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานที่มีต่อองค์ประกอบของน้ำนมข้าวโพด พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-5 ให้ปริมาณผลผลิตน้ำนมข้าวโพดมากกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์เอทีเอส-2 โดยที่อายุการเก็บเกี่ยวหลังออกใหม่ 19 วัน มีปริมาณผลผลิต 34.00±5.47 (ร้อยละ, น้ำหนัก / น้ำหนักโดยน้ำหนักเปียก)

Nindo, C.I *et al.*, (2007) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายตัวของวิตามินซีกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาของน้ำองุ่น น้ำมะนาว และน้ำส้ม พบว่าอัตราการสลายตัวของวิตามินซีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น

สราวดี (2548) ได้ศึกษาผลกระทบและระยะเวลาการให้ความร้อนต่อปริมาณAnthocyanin, Total Phendic, ร้อยละ polymetic และ Degradation Index ของน้ำในมังคุดพร้อมดื่ม, น้ำมังคุด:น้ำกระเจี๊ยบ (1:1), น้ำมังคุด:น้ำองุ่น (1:1) โดยนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 75°C, 85°C และ 95°C เป็นระยะเวลา 0, 5, 10, 20, 40 และ 80 นาที พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณ Anthocyanin, Total Phendic, ร้อยละ polymetic และ Degradation Index อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยทำให้ปริมาณ Anthocyanin ลดลงประมาณร้อยละ 20-90 เนื่องจากความร้อนทำให้ Anthocyanin เกิดเป็น polymer ส่วนคุณภาพในด้านกายภาพนั้น พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อน ส่งผลต่อการแยกชั้นของน้ำมังคุด โดยระยะเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้น จะทำให้เกิดการแยกชั้นมากขึ้น ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการแยกชั้นน้อยลง

นลินา (2541) ทำการศึกษาผลของพันธุ์และสภาวะการแปรรูปต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานแช่แข็งทั้งฝัก ศึกษาข้าวโพดหวานฝักสดพันธุ์ลูกผสม 27127 และข้าวโพดพันธุ์ ATS1 โดยทำการลวกข้าวโพดก่อนการแช่แข็งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 4, 8, 12, และ 16 นาที พบว่ามีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดลดลง ปริมาณเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสในเมล็ดข้าวโพดทั้งสองพันธุ์ถูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยับยั้งอย่างสมบูรณ์ที่เวลาลวกมากกว่า 12 นาทีขึ้นไป และพบว่าข้าวโพดแช่แข็งทั้งฝักที่ผ่านการลวกนาน 8 นาทีขึ้นไปมีแนวโน้มได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าข้าวโพดแช่แข็งที่ไม่ผ่านการลวก

รัชฎา (2535) ทำการศึกษาอิทธิพลของความร้อนในกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณน้ำตาล สี และเนื้อสัมผัสของของข้าวโพดหวานสามพันธุ์ คือ พันธุ์ HSSW (HS) C_2F_2 พันธุ์ลูกผสม 27127 และพันธุ์ HSS (HS) 11 พบว่า ปริมาณแคโรทีนของข้าวโพดหวานพันธุ์ HSSW (HS) C_2F_2 และพันธุ์ลูกผสม 27127 ก่อนการแปรรูปด้วยความร้อนมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์ HSS (HS) 11 พบปริมาณแคโรทีน 3167.75, 2404.50 และ358.50 (IU) ตามลำดับ และหลังการแปรรูปด้วยความร้อน พบว่าข้าวโพดหวานทุกสายพันธุ์เมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนแล้วปริมาณแคโรทีนจะลดลง แต่ปริมาณแคโรทีนที่ลดลงไม่มีความสัมพันธุ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าสี L, a*, b* ของข้าวโพดหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved