บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์น้ำพริกหนุ่ม

น้ำพริกหนุ่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคที่ทำจากพริกที่ยังไม่แก่ เช่น พริกหนุ่ม พริกอ่อน พริกใหญ่ หรือพริกยำ บดผสมให้เข้ากันกับกระเทียม หอม ที่เผาหรืออบให้สุกแล้วปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำปลา อาจปรุงแต่งด้วยมะเขือเทศส้ม เนื้อปลาสุก น้ำปลาร้าต้มสุกที่กรองแล้ว หรือปลาร้าสับที่ทำให้สุก น้ำพริกหนุ่มทั่วไปควรมีส่วนประกอบที่ใช้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ สี กลิ่น และรสชาติต้องดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่น รสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสต้องมีเนื้อหยาบ มีความนุ่ม ชุ่มฉ่ำและต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ และห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีสังเคราะห์ทุกชนิด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

2.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำพริกหนุ่ม (มผช. 293/2547)

น้ำพริกหนุ่มเป็นอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ จึงต้องมีการควบคุมกรรมวิธีการผลิตอย่างเข้มงวดเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ คุณภาพทางจุลชีววิทยาในน้ำพริก-หนุ่ม ต้องมีไม่เกินที่กำหนด ดังนี้

1. จุลินทรีย์รวมทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
2. *Salmonella* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
3. *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
4. *Clostridium perfringens* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
5. *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็นต่อตัวอย่าง 1 กรัม
6. ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ส่วนประกอบสำคัญในการผลิตน้ำพริกหนุ่ม

2.3.1 พริก

พริกเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในชีวิตประจำวัน และทางด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงแต่งรสชาติของอาหารทั้งในรูปพริกสด พริกแห้ง หรือพริกป่น รวมทั้งผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ นอกจากนั้น ยังมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก เป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญ (สุชีลา, 2548)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของพริกหนุ่ม (ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	พริกหนุ่ม
พลังงาน (cal)	44
ความชื้น (g)	85.2
โปรตีน (g)	1.5
ไขมัน (g)	0.5
คาร์โบไฮเดรต (g)	8.4
เส้นใยอาหาร (g)	2.2
แคลเซียม (mg)	103
ฟอสฟอรัส (mg)	27
เหล็ก (mg)	0.5
ไทอามีน (วิตามิน บี 1) (mg)	0.07
ไรโบฟลาวิน (วิตามิน บี 2) (mg)	0.01
ไนอาซิน (mg)	0.1
วิตามินซี (mg)	204
เบต้า-แคโรทีน (µg)	-

ที่มา: ธัญนีต์, 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พริกหนุ่มเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Solanaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Capsicum annuum* Linn. var. *acuminatum* Fingarh มีชื่ออังกฤษว่า Chili Spur Pepper สารที่มีรสเผ็ดร้อนในพริก คือ capsaicin สารนี้อยู่บริเวณไส้ของผลพริก เมื่อพริกถูกผิวหนังจึงทำให้รู้สึกร้อน ถ้าถูกผิวหนังบริเวณที่มีความไว เช่น ริมฝีปาก รูจมูก เปลือกตา จะทำให้รู้สึกปวดแสบปวดร้อนมาก ในยา

พื้นบ้าน พริกใช้เป็นยาขับลม บำรุงธาตุและแก้อาการเป็นตะคริว capsaicin มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{18}H_{27}NO_3$ ชื่อทางเคมีเรียกว่า 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide ปริมาณ capsaicin จะแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์พริกความแก่อ่อน สถานที่ และฤดูกาลเพาะปลูก (นิจศิริ, 2534)

พริกพันธุ์แม่ปิง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* Linn. var. Maeping ปรับปรุงโดยบริษัทเพื่อนเกษตร มีลักษณะทรงต้นตั้งเป็นพุ่มเป็นรูปตัววี สูงประมาณ 1-1.5 เมตร เมื่อเริ่มให้ผล (อายุ 90 วัน หลังจากย้ายกล้าลงปลูก) และจะสูงประมาณ 150 เซนติเมตร ทรงพุ่มกว้างประมาณ 80 เซนติเมตร ผลห้อยลง ผลอ่อนสีเขียวผลแก่สีแดง ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ผลค่อนข้างอ้วนปานกลาง รสชาติเผ็ดทั้งผลสดและผลแห้ง ผลจะเกิดอยู่ตามข้อของกิ่งเกือบทุกกิ่ง พริกสด 1 กิโลกรัม มีประมาณ 70 ผล ใบค่อนข้างใหญ่ แต่ในขณะที่ต้นยังอ่อนอยู่ ใบจะมีขนาดใหญ่กว่าปกติ ต่อเมื่อติดผลแล้วใบในรุ่นหลังจึงจะมีขนาดเล็กลง (ชวนพิศ, 2550)

2.3.2 กระเทียม

กระเทียมเป็นพืชอยู่ในวงศ์ *Alliaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. สารสำคัญที่พบในกระเทียม คือ Allicin ซึ่งกระตุ้นการหลั่งของเอนไซม์จากกระเพาะอาหาร กระตุ้นการหดและบีบตัวของลำไส้ ทำให้การย่อยอาหารและการขับถ่ายมีประสิทธิภาพ Allicin สามารถรวมตัวกับวิตามินบี 1 และโปรตีนได้ จึงช่วยในการดูดซึมอาหารที่ลำไส้ และ Allicin ยังสามารถรวมกับโปรตีนของเชื้อโรคซึ่งเท่ากับเป็นการทำลาย หรือฆ่าเชื้อโรคนั้น ๆ (นิจศิริ, 2534)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกระเทียม (ต่อส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม)

ส่วนประกอบ	กระเทียม
พลังงาน (cal)	140
ความชื้น (g)	63.1
โปรตีน (g)	5.6
ไขมัน (g)	0.1
คาร์โบไฮเดรต (g)	29.1
เส้นใยอาหาร (g)	0.9
แคลเซียม (mg)	5
ฟอสฟอรัส (mg)	140
เหล็ก (mg)	5.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ส่วนประกอบ	กระเทียม
ไทอามีน (วิตามิน บี 1) (mg)	0.17
ไรโบฟลาวิน (วิตามิน บี 2) (mg)	0.02
ไนอาซิน (mg)	4.0
วิตามินซี (mg)	15
เบต้า-แคโรทีน (µg)	-

ที่มา: ธัญนีต์, 2542

2.3.3 หอม

หอมอยู่ในวงศ์ *Amaryllidaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* Linn. ในหัว-หอมมี coumarins ซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหย มีรสขม เผ็ดร้อน ทำให้เกิดความรู้สึกระคายเคือง แสบจมูก (รุ่งรัตน์, 2540)

2.4 การเสื่อมเสียของอาหาร

อาหารเน่าเสียมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือหลายสาเหตุ คุณสมบัติของอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลง คือ อาหารมีลักษณะนิ่ม เน่า หรือมีกลิ่นรสผิดปกติ การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ เกิดจากสาเหตุทางเคมีและเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้การเน่าเสียอาจมีสาเหตุทางกายภาพ เช่น การบรรจุและขนส่ง ทำให้วัตถุดิบแตกหัก มีรอยช้ำ รอยขีดข่วนฉีก-ขาดของเซลล์ที่ผิวและเนื้อเยื่อของอาหาร (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546)

2.4.1 เอนไซม์

เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ที่ทำหน้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร ทำให้อาหารเกิดการย่อยสลายตัวเอง เช่น ย่อยน้ำตาล โปรตีนและไขมัน ในผักและผลไม้เอนไซม์จะทำให้ผักและผลไม้สุกนิ่ม เละ สูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสและทำให้อาหารเน่าเสีย

2.4.1.1 โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase: PPO)

ชื่อตามระบบ คือ o-diphenol: oxygen oxidoreductase; EC 1.10.3.1 มีชื่อสามัญต่าง ๆ กัน ซึ่งเรียกตามชื่อสับสเตรต เช่น ไทโรซิเนส (tyrosinase) โพลีฟีนอลเลส (polyphenolase)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

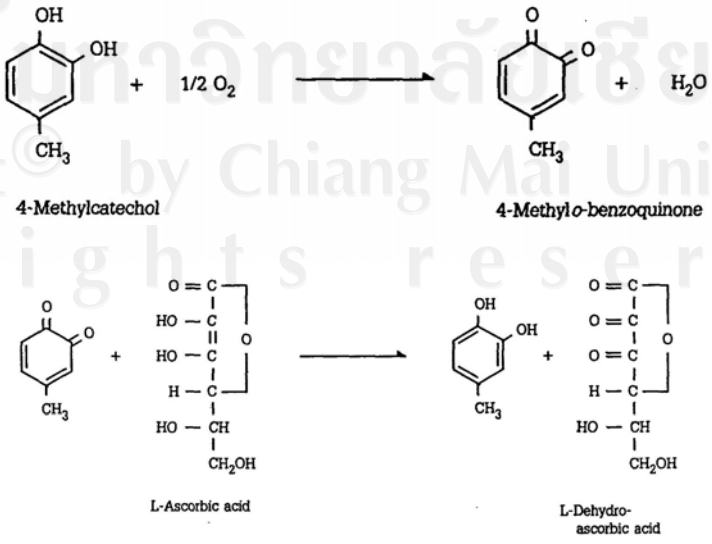
ฟีนอลเลส (phenolase) แคเทคอลออกซิเดส (catechol oxidase) และแคเทคอลเลส (catecholase) โพลีฟีนอลออกซิเดสใช้ในการบ่มชา กาแฟ ยาสูบ เพื่อให้เกิดสีน้ำตาล (ปราณี, 2535) แต่เอนไซม์ชนิดนี้ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการเพราะจะมีผลต่อคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสและทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง (Gauillard and Richard-Forget, 1997) เมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดบาดแผลเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสสัมผัสกับออกซิเจนกระตุ้นให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเพิ่มมากขึ้น เร่งปฏิกิริยาออร์โท-ไฮดรอกซิเลชัน (o-hydroxylation) ของโมโนฟีนอล (monophenol) เปลี่ยนไปเป็นออร์โท-ไดฟีนอล (o-diphenol) และเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนออร์โท-ไดฟีนอลเป็นออร์โท-ควิโนน (o-quinone) (Chararra *et al*., 2001) ซึ่งออร์โท-ควิโนนจะรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่หรืออาจรวมตัวกับกรดอะมิโนที่เป็นอิสระหรือกลุ่มอะมิโนของโปรตีนกลายเป็นสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) (นิธิยา, 2549)

การเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของโพลีฟีนอลออกซิเดส (ปราณี, 2535)

การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นได้ด้วยกระบวนการ ดังต่อไปนี้

(1) การลด O_2 (molecular oxygen) หรือการกำจัดสับสเตรต (substrate limitation) จะไปลดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

(2) การเติมสารรีดิวซ์ (reducing agents) ซึ่งจะช่วยป้องกันการสะสม (accumulation) หรือสร้างโพลีเมอร์ (polymerization) ของออร์โท-เบนโซควิโนน (o-benzoquinone) ตัวอย่างสารรีดิวซ์ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ไปรีดิวซ์ออร์โท-เบนโซควิโนนกลับไปเป็นออร์โท-ไดฟีนอลทันทีที่ออร์โท-เบนโซควิโนนถูกสร้างขึ้น ดังนั้น ปฏิกิริยาสีน้ำตาลจะไม่เกิด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(3) การเติมสารประกอบจับโลหะ (metal complexing agents) เช่น NaF, Azide ซึ่งจะยับยั้งปฏิกิริยาโดยจับกับ essential copper ซึ่งเป็น prosthetic group ของเอนไซม์

(4) การให้ความร้อน จะทำให้โปรตีนในเอนไซม์เสียสภาพธรรมชาติ

2.4.1.2 เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase: POD)

ชื่อตามระบบ คือ donor: hydrogen-peroxide oxidoreductase; EC 1.11.1.7 เปอร์-ออกซิเดสเป็นเอนไซม์อยู่ทั่วไปในพืชชั้นสูงทุกชนิด โดยเฉพาะ fig sap และ horseradish จะพบมาก และยังพบในเนื้อเยื่อสัตว์บางชนิดและจุลินทรีย์ (Rodrigo *et al*., 1996; Whitaker, 1994) เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นตัวรับ (acceptor) ไฮโดรเจนอะตอมและสารประกอบอื่นที่มาทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวให้ (donor) ไฮโดรเจนอะตอม ชนิดของเปอร์ออกซิเดสแบ่งได้ดังนี้

(1) Iron-containing peroxidases

(1.1) Ferriprotoporphyrin peroxidases

เอนไซม์บริสุทธิ์จะมีสีน้ำตาล มีเฟอร์ริโพรโทพอร์ไฟริน-III เป็นหมู่พรอสเทติกพบทั่วไปในพืชชั้นสูง เช่น horseradish, turnip, Japanese radish, fig sap พบในสัตว์ เช่น trytophan pyrrolase, iodine peroxidase of thyroid พบในจุลินทรีย์ เช่น cytochrome c-peroxidase ในยีสต์ หมู่พรอสเทติกถูกแยกออกจากส่วนของโปรตีนได้ด้วย acidic acetone

(1.2) Veroperoxidases

มีหมู่พรอสเทติกเป็นสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่เฟอร์ริโพรโทพอร์ไฟริน-III และแยกออกจากส่วนของโปรตีนด้วย acidic acetone หรือ silver sulfate ไม่ได้ และเอนไซม์บริสุทธิ์จะมีสีเขียว มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 570-690 และ 430 นาโนเมตร ได้แก่ เปอร์ออกซิเดสที่พบในไมเยโล-ไซต์ (myelocytes) เรียกว่า myeloperoxidases ในนมเรียกว่า lactoperoxidases

(2) Flavoprotein peroxidases

ได้แก่ เปอร์ออกซิเดสที่มีหมู่พรอสเทติกเป็น FAD (Flavin Adenine Dinucleotide) เช่น เปอร์ออกซิเดสที่สกัดจากรา *streptococci* sp. (*Streptococcus faecalis*) และเนื้อเยื่อสัตว์หลายชนิดลักษณะปฏิกิริยาของเปอร์ออกซิเดส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

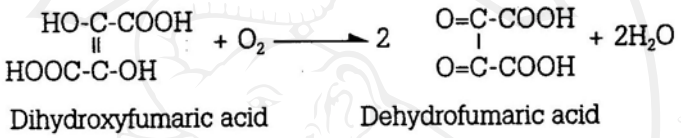
(2.1) Peroxidic reaction

$$H_2O_2 + AH_2 \longrightarrow 2H_2O + A \text{ หรือ } HAAH$$

เป็นปฏิกิริยาหลักของเปอร์ออกซิเดส *in vitro* ที่มีสับเสตรตเป็นสารประกอบฟีนอล เช่น พารา-ครีซอล (p-cresol) ไกวเอคอล (guaiacol) เรโซซินอล (resorcinol) และอะนิลีน (aniline)

(2.2) Oxidatic reaction

ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีโมเลกุลของออกซิเจนและสับสเตรตเป็นสารประกอบ พวกกรด-ไดไฮดรอกซีฟูมาริก (dihydroxyfumaric acid) กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และไฮโดร-ควิโนน (hydroquinone)



Dihydroxyfumaric acid Dehydrofumaric acid

(2.3) Catalytic reaction

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

ปฏิกิริยาแคทาเลติกเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ตัวให้ไฮโดรเจน (AH_2) และเปอร์ออกซิเดสสามารถทำหน้าที่เหมือนแคทาเลส โดยเปลี่ยน H_2O_2 ไปเป็น H_2O และ O_2 ตามปฏิกิริยาได้บ้าง แต่ช้ากว่าปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดสและออกซิเดสอย่างน้อย 1000 เท่า

(2.4) Hydroxylation

ในกรณีที่ปฏิกิริยามีตัวให้ไฮโดรเจนเป็นกรดไฮโดรฟูมาลิกและโมเลกุลของออกซิเจน เปอร์-ออกซิเดสจะสามารถเติมหมู่ OH ให้กับสารอะโรมาติก (aromatic) หลายชนิด เช่น พารา-ครีซอล ไทโรซีน ฟีนิลอะลานีน กรดเบนโซอิก และกรดซาลิไซลิก

Dihydroxyfumaric acid *p*-Cresol Dehydrofumaric acid 4-Methylcatechol

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.1.3 ไลพอกซิเจนเนส (Lipoxygenase: LOX)

ชื่อตามระบบ คือ linolate: oxygen oxidoreductase; EC 1.13.11.12 ไลพอกซิเจน-เนสพบทั่วไปในพืชหลายชนิด โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว (legumes) ได้แก่ alfalfa, peas, beans, peanuts, radishes และมันฝรั่ง นอกจากจะพบไลพอกซิเจนเนสในพืชแล้วยังพบในเนื้อเยื่อสัตว์ สัตว์ (ปราณี, 2535) เอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสจะเร่งปฏิกิริยา bioxygenation ของ polyunsaturated fatty acid (PUFA) เปลี่ยนสาร cis, cis-1, 4-pentadiene unit เป็น conjugate hydroperosydienoic acids เอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสมีประโยชน์ใช้ในการฟอกสีแป้งข้าวสาลี และแป้งถั่วเหลือง (นิธิยา, 2549) แต่เอนไซม์ชนิดนี้ให้สี กลิ่นรสที่ไม่ดี และมีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระในพืช (Baysal and Demirdoven, 2007) เนื่องจากเกิด hexanal ซึ่งเป็นสารกลุ่มแอลดีไฮด์ (aldyhyde) ทำให้เกิดกลิ่นหืนในพืชได้ (Robinson, 2001)

เอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันก่อให้เกิดผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมต่อคุณภาพของอาหาร ดังนี้ (นิธิยา, 2549)

1. เกิดการย่อยสลายไขมันที่จำเป็น เช่น กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราคิโนดิก (arachidonic acid)

2. ผลผลิตจากปฏิกิริยาทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) จะไปทำลายสารอาหารอื่น เช่น วิตามิน และโปรตีน

3. ผลผลิตจากปฏิกิริยาทำให้เกิดกลิ่นและรสแปลกปลอม (off-flavor and ador) ซึ่งถ้าเป็นกรณีของผลิตภัณฑ์พวก beans และ peas กลิ่นรสแปลกปลอมนั้นจะเกิดการหืน

4. เกิดการเปลี่ยนสี ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของแคโรทีนและคลอโรฟิลล์ (carotene and chlorophyll oxidation)

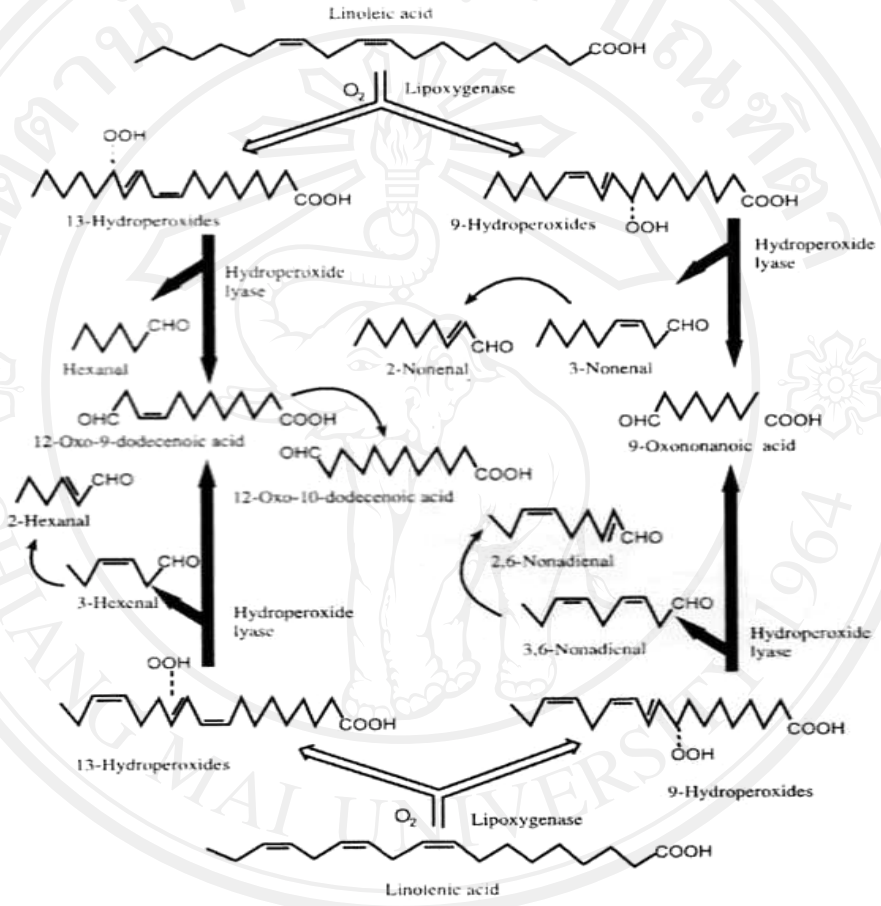
การยับยั้งการเกิดออกซิเดชันในอาหารโดยเอนไซม์นั้นค่อนข้างซับซ้อน และยับยั้งได้ไม่ทั้งหมด เช่น การลดอุณหภูมิการเก็บอาหารด้วยการแช่แข็ง พบว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชันยังคงดำเนินต่อไปได้ในอุณหภูมิต่ำ นอกจากผลเสียที่มีต่อคุณภาพอาหารจะเกิดมาจากบทบาทของไลพอก-ซิเจนเนสแล้วยังมีผลกระทบในด้านทำให้คุณภาพของอาหารเป็นที่ต้องการ คือ

1. การฟอกสี (bleaching action) ในกระบวนการทำขนมปังซึ่งเกิดจากแคโรทีนถูกออกซิ-ไดส์หรือถูกฟอกสี

2. เกิดกลิ่นรสที่ต้องการ อาจเกิดขึ้นบ้างถ้าควบคุมชนิดสับสเตรตและภาวะการเกิดออกซิเดชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกโดยมีเอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสเร่งปฏิกิริยา (Robinson, 2001)



กรดลิโนเลอิกมีพันธะคู่ในโมเลกุล 2 ตำแหน่ง ระหว่างคาร์บอน 5 อะตอม ทำให้เกิดออกซิเดชันได้ง่าย หมู่เมทิลีนตำแหน่ง 11 จะถูกกระตุ้นโดยพันธะคู่ที่อยู่ทั้งสองด้าน เกิดเป็น pentadienyl radical intermediate จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนทำให้เกิด 9- และ 13-dienehydroperoxide ในปริมาณที่เท่ากัน และสามารถเกิดไอโซเมอร์เป็นซิสและทรานส์ได้ทั้งสองตำแหน่ง โดยเกิด 9- และ 13- hydroperoxide ที่อยู่ในรูป cis, trans isomer และ trans, trans isomer ซึ่งจะเปลี่ยนไปมาได้ (นิธิยา, 2549) hydroperoxide จะสลายตัวต่อโดยเอนไซม์ไลเอส (lyase) ได้สารประกอบที่มีกลิ่นหืน ซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอน 9 และ 6 อะตอม เช่น สารในกลุ่ม แอลดีไฮด์ คีโตน และแอลกอฮอลก์ (Robinson, 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาก พบกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหาร รวมทั้งตามมือและทางเดินอาหารของคนและสัตว์ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารสามารถแบ่งออกได้ตามหน้าที่ของจุลินทรีย์ คือ กลุ่มที่ก่อให้เกิดประโยชน์กับอาหาร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับอาหารในลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น กระบวนการหมัก (fermentation) น้ำนมถูกเปลี่ยนไปเป็นเนยแข็ง (cheese) น้ำตาลถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ และผักเปลี่ยนเป็นผักดอง (วราวุฒิ, 2538) กลุ่มที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่สุขภาพของผู้บริโภคทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisioning) เกิดจากร่างกายได้รับสารพิษ ซึ่งอาจพบได้ในพืช สัตว์และผลผลิตจากจุลินทรีย์ โรคติดเชื้อในอาหาร (food infection) เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียเข้าไปในร่างกาย (สุมาลี, 2535) และกลุ่มที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารที่ผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้ ทั้งในแง่ของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและรูปลักษณะของอาหาร (วราวุฒิ, 2538)

2.4.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร

(1) แหล่งไนโตรเจนและคาร์บอน

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถใช้โปรตีนเป็นทั้งแหล่งไนโตรเจนและแหล่งคาร์บอน เช่น แบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายโปรตีน (proteolytic bacteria) สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบเล็กน้อยหรือไม่มี โดยแบคทีเรียนี้จะย่อยสลายโปรตีนให้ได้เป็นกรดอะมิโน สำหรับคาร์บอนเป็นส่วนประกอบของไซโทพลาซึม เอนไซม์ ผนังเซลล์และส่วนอื่นๆ ของเซลล์ จุลินทรีย์สร้างพลังงานขึ้นมาจากการเผาผลาญสารประกอบคาร์บอนโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน แหล่งคาร์บอนที่จุลินทรีย์ทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรียใช้ได้ง่าย คือ น้ำตาลกลูโคส

(2) แร่ธาตุ

แร่ธาตุเกี่ยวข้องกับระบบเอนไซม์ แร่ธาตุบางชนิดทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (coenzyme) เช่น แมงกานีส แมกนีเซียมและสังกะสีเป็นโคเอนไซม์ในกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) แร่ธาตุในกลุ่มอโลหะ (nonmetallic elements) เช่น ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของแหล่งพลังงานที่เรียกว่า ATP (adenosine triphosphate)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 แร่ธาตุที่จำเป็นต่อกิจกรรมของเอนไซม์

แร่ธาตุ	เอนไซม์
Calcium	Amylase, Proteinase
Cobalt	Peptidase
Copper	Tyrosinase, Oxidase
Iron	Cytochrome, Electron-transport systems in mytochondria, Ferredoxin
Magnesium	Phosphatase, ATP reactions, Carboxylases
Manganese	Peptidase, Isomerase
Molybdenum	Nitrate reduction, Xanthine oxidase
Potassium	Phosphopyruvate, Transphosphorylase, Fructokinase
Zinc	Dehydrogenase, Peptidase, Carbonic anhydrase

ที่มา: Banwart, 1983

(3) ความชื้น

ความชื้นเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในอาหารน้ำมีอยู่หลายสภาพด้วยกัน เช่น สภาพอิสระ (free water) สภาพที่จับอยู่กับโมเลกุลของอาหาร (bound water) ถ้าทำให้น้ำอิสระลดลงมาระดับหนึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ เช่น ผักต้องปรับให้ความชื้นต่ำประมาณ 35% ในขณะที่ผลไม้ต้องปรับความชื้นเพียง 15-20% เนื่องจากในผลไม้มีปริมาณน้ำตาลมากกว่าในผัก เมื่อความชื้นของผลไม้ลดลงส่งผลให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารกันบูด (preservative agent) ไปในตัว

(4) ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity: a_w)

ค่ากิจกรรมของน้ำของอาหาร คำนวณได้จากความดันไอของอาหาร (vapor pressure of food) หารด้วยความดันไอของน้ำ (vapor pressure of water) ที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$a_w = \frac{\text{vapor pressure of food}}{\text{vapor pressure of water}}$$

ค่ากิจกรรมของน้ำของน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1.00 อัตราการเจริญของเติบโตของแบคทีเรียเร็วกว่าของยีสต์หรือเชื้อรา กรณีอาหารมีค่ากิจกรรมของน้ำสูง จะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากแบคทีเรีย ในทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตรงกันข้าม ถ้าอาหารถูกควบคุมค่ากิจกรรมของน้ำให้ลดลง สาเหตุการเสื่อมเสียอาหารชนิดนั้นจะเนื่องมาจากเชื้อรา ตามปกติจุลินทรีย์มีค่ากิจกรรมของน้ำที่สูงสุด (maximum) เหมาะสม (optimum) และต่ำที่สุด (minimum) วิธีการหนึ่งในการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ คือ การปรับค่าของค่ากิจกรรมของน้ำของอาหารให้มีค่าต่ำกว่าค่ากิจกรรมของน้ำต่ำที่สุด ที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเจริญได้ ค่ากิจกรรมของน้ำของอาหารที่มีความปลอดภัยในระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 0.70 หรือต่ำกว่า แม้อาหารจะถูกควบคุมโดยปรับค่ากิจกรรมของน้ำให้ต่ำ เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ แต่อาหารอาจเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ในอาหารนั้น แม้จะมีอัตราในการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำก็ตาม

ตารางที่ 2.4 ค่ากิจกรรมของน้ำในอาหารประเภทต่างๆ

อาหาร	ค่ากิจกรรมของน้ำ
ผักและผลไม้สด	0.97-1.00
สัตว์ปีกและปลาสด	0.98-1.00
เนื้อสด	0.95-1.00
พุดดิ้ง	0.97-0.99
ไข่	0.97
น้ำผักและผลไม้	0.97
ขนมปัง	0.96
ชีส (ทุกชนิด)	0.95-1.00
เนื้อหมักเกลือ	0.87-0.95

ที่มา: Banwart, 1983

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 ค่ากิจกรรมของน้ำต่ำสุดสำหรับจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในอาหาร

จุลินทรีย์	ค่ากิจกรรมของน้ำ	จุลินทรีย์	ค่ากิจกรรมของน้ำ
Group		**Group**	
Most spoilage bacteria	0.9	Halophilic bacteria	0.75
Most spoilage yeasts	0.88	Xerophilic molds	0.61
Most spoilage molds	0.80	Osmophilic yeasts	0.61
Specific Organism		**Specific Organism**	
Clostridium botulinum, type E	0.97	*Candida scottii*	0.92
Peudomonas spp.	0.97	*Trchosporon pullulans*	0.91
Acinetobacter spp.	0.96	*Candida zeylanoides*	ca. 0.90
Escherichia coli	0.96	*Geotrichum candidum*	ca. 0.9
Enterobacter aerogenes	0.95	*Trichothecium* spp.	ca. 0.90
Bacillus subtilis	0.95	*Byssochlamys nivea*	0.87
Clostridium botulinum, type A and B	0.94	*Staphylococcus aureus*	0.86
Candida utilis	0.94	*Alternaria citri*	0.84
Vibrio parahaemolyticus	0.94	*Penicilium patulum*	0.81
Botrytis cinerea	0.93	*Eurotium repens*	0.72
Rhizopus stolonifer	0.93	*Aspergillus glaucus*	0.70
Mucor spinosus	0.93	*Aspergillus conicus*	0.70
		Aspergillus echinulatus	0.64
		Zygosaccharomyces rouxii	0.62
		Xeromyces bisporus	0.61

ที่มา: นวพร, 2549

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) ศักยภาพของปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation-Reduction Potential: Eh)

การจำแนกชนิดของแบคทีเรีย อาจใช้ความสัมพันธ์ของเชื้อต่อความต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น aerobic bacteria, anaerobic bacteria หรือ facultative anaerobic bacteria ในสภาพที่มีออกซิเจนจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน ในขณะที่สภาพรีดิวซ์จะมีการรับอิเล็กตรอนในอาหารเลี้ยงเชื้อ การตรวจวัดสภาพของปฏิกิริยาค่า Eh ในอาหารหรืออาหารเลี้ยงเชื้อจะถูกวัดออกมาเป็นค่ามิลลิโวลท์ (millivolt) ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่า อาหารนั้นอยู่ในสภาพมีอากาศ แต่ถ้าค่าเป็นลบ แสดงว่า อาหารนั้นอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ

(6) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เซลล์เมมเบรน (cell membrane) ของจุลินทรีย์ยอมให้ประจุของไฮโดรเจน (H^+) หรือประจุของไฮดรอกซิล (OH^-) ผ่านเข้าออกได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์มีระบบบัฟเฟอร์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างจึงทำให้ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์มีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียง 7.0 จุลินทรีย์มีความต้องการค่าความเป็นกรด-ด่างต่อการเจริญเติบโตของมันแยกออกเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด (minimum pH) ที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต (optimum pH) และค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่จุลินทรีย์ยังสามารถเจริญอยู่ได้ (maximum pH) แบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตใกล้ 7.0 แบคทีเรียบางสายพันธุ์สามารถเจริญได้ในสภาพที่ค่อนไปทางกรด เช่น *Lactobacillus* และ *Streptococcus* แบคทีเรียบางชนิดสามารถเจริญได้ในสภาพที่ค่อนไปทางด่าง เช่น *Pseudomonas*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

กลุ่ม	ค่าความเป็นกรด-ด่าง		
	ต่ำที่สุด	เหมาะสม	สูงที่สุด
Bacteria (most)	4.5	6.5-7.5	9.0
Clostridium	4.6-5.0	-	-
C. botulinum	4.8-5.0	-	-
C. perfringens	-	6.0-7.6	8.5
Escherichia coli	4.3-4.4	6.0-8.0	9.0-10.0
Lactobacillus (most)	3.0-4.4	5.5-6.0	7.2-8.0
Pseudomonas (most)	5.6	6.6-7.0	8.0
Samonella (most)	4.0-5.0	6.0-7.5	9.0
Staphylococcus	4.2	6.8-7.5	9.3
S. aureus	4.0-4.7	-	9.5-9.8
Streptococcus (most)	-	6.2	-
Yeast	1.5-3.5	4.0-6.5	8.0-8.5
molds	1.5-3.5	4.5-6.8	8.0-11.0

ที่มา: Banwart, 1983

ในแง่ของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของอาหาร ชนิดของกรดในอาหารเป็นสิ่งจำเป็นในการพิจารณา โดยกรดนั้นอาจเป็นกรดธรรมชาติที่มีอยู่เดิมในอาหาร กรดที่เติมลงไปในอาหารหรือกรดที่ถูกสร้างขึ้นมาในอาหารเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์หรือจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.7 การแบ่งชนิดของอาหารตามระดับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

กลุ่ม	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ตัวอย่างอาหาร
กรดสูง	<3.7	น้ำผลไม้สด แอบเปิ้ล เบอร์รี่ พลัม
กรดหรือกรดปานกลาง	3.7-4.5	แยมผลไม้ น้ำมะเขือเทศ น้ำผัก
กรดต่ำ	>4.5	เนื้อทุกชนิด ผัก ซุปบางชนิด

ที่มา: Ramaswamy and Marcotte

(7) อุณหภูมิ

จุลินทรีย์ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ตามระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 2.8 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในแต่ละกลุ่มที่ถูกแบ่งตามระดับอุณหภูมิ

กลุ่ม	อุณหภูมิ (^{o}C)		
	ต่ำที่สุด	เหมาะสม	สูงที่สุด
Psychrotrophilic	-15.5	10-30	20-40
- Obligate	-15.0	10-20	20-22
- Facultative	-5.5	20-30	30-40
Psychrotrophic	-5.5	25-30	30-40
Mesophilic	5-25	25-40	40-50
Thermophilic	35-45	45-65	60-90
- Obligate	40-45	55-65	70-90
- Facultative	35-40	45-55	60-80

ที่มา: Banwart, 1983

Psychrophiles

จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญระหว่าง 0-30^{o}C ส่วนมากก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารแช่เย็น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อ ปลา หอย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Mesophiles

จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญระหว่าง 35-37^{o}C จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสารพิษในอาหารก็ถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย

Thermophile

จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญระหว่าง 40-70^{o}C ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องซึ่งเรียกว่า flat sour แบคทีเรียในกลุ่มนี้ยังสร้างสปอร์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนได้อย่างดี

2.5 กระบวนการแปรรูปอาหารโดยอาศัยความร้อน

กระบวนการแปรรูปอาหารด้วยวิธีต่างๆ วัตถุประสงค์ที่สำคัญ คือ เพื่อจะถนอมอาหารให้อยู่ยาวนานโดยที่คุณภาพอาหารไม่เปลี่ยนแปลงหรือพยายามให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด กระบวนการที่นิยมใช้กันมาก คือ กระบวนการให้ความร้อน ซึ่งจะทำให้อาหารถูกเก็บไว้รับประทานได้นาน เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและเอนไซม์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบถูกความร้อนทำลาย (นิธิยา, 2544)

2.5.1 การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ (pasteurization)

การใช้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากการเสื่อมเสียเนื่องจากเอนไซม์และจุลินทรีย์ในอาหาร ในการให้ความร้อนด้วยวิธีนี้จะทำให้จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเหลืออยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงพอสมควร จึงทำให้อาหารนั้นมีอายุการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในระดับการค้า (commercial sterility) ดังนั้น อาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จึงจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีการในการถนอมอาหารชนิดอื่นควบคู่กัน ได้แก่ การแช่ตู้เย็น การป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยอาศัยการบรรจุในภาชนะที่ปิดมิดชิด การรักษาสภาพสุญญากาศโดยใช้ภาชนะบรรจุที่บรรจุใต้สภาพสุญญากาศ การเติมสารเคมีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เช่น การเติมกรดอินทรีย์ในผักดอง (วราวุฒิ, 2538) จากการศึกษาของ Gi-Tae *et al.* (2003) ซึ่งทำการพาสเจอไรซ์ซุปผักขมปรุงรสด้วยถั่วเหลืองหมักในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 97^{o}C เวลา 14.5 นาที แล้วนำซุปมาบรรจุขณะร้อนในถุงเพาซ์ปริมาณ 600 กรัม จากนั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 3^{o}C และ 10^{o}C พบว่า จากการพาสเจอไรซ์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในซุปมีการเพิ่มจำนวนอย่างช้าๆ โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำซุปมีมากกว่า 5 log CFU/g ส่วนในผักขมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2 log CFU/g ไม่ตรวจพบโคลิฟอร์ม แลคติคแอสิดแบคทีเรีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(lacticacid bacteria) ยีสต์และรา ซุปผักขมปรุงรสมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C เป็นเวลา 35 วัน และที่อุณหภูมิ 10°C สามารถเก็บรักษาซุปผักขมปรุงรสไว้ได้ 10 วัน นอกจากนี้ สีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี และเนื้อสัมผัสของซุปผักขมปรุงรสมีการเปลี่ยนแปลงทีละน้อย โดยที่ซุปมีสีเขียวลดลง ปริมาณสารอาหารลดลง ส่วนความนุ่มของผักจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น และจากการศึกษาของ Kunkriengwong *et al.* (2005) ในน้ำพริกหนุ่มที่ผลิตในระดับร้านค้าปลีกและใช้หลักการปฏิบัติที่ดี (Good Manufacturing Pratice: GMP) ร่วมกับการใช้ความร้อนระดับพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 62±1°C เป็นเวลา 15 นาที บรรจุน้ำพริกหนุ่มในถุงพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene: PS) ขวดแก้วและถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีน (Polypropylene: PP) ที่ปิดสนิทเปรียบเทียบกับการบรรจุในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอธิลีน (Polyethylene: PE) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C และ 4°C พบว่า น้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในขวดแก้ว ถุงพลาสติกชนิดโพลีสไตรีนและชนิดโพลีโพรพีลีน มีอายุการเก็บรักษา 9 วัน และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 30±1°C และอุณหภูมิ 4±1°C ตามลำดับ ขณะที่น้ำพริกหนุ่มที่บรรจุในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอธิลีนมีอายุการเก็บรักษา 4 วัน และ 7 วัน และจากการประยุกต์ใช้ระบบ GMP ร่วมกับการใช้ความร้อน (62±1°C 15 นาที) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำพริกหนุ่มและรสชาติของน้ำพริกหนุ่มยังคงเป็นที่ยอมรับ

ในด้านความรุนแรงของการให้ความร้อนกับผลของการยืดอายุของอาหารกำหนดโดยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหาร การพาสเจอไรซ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.5) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH<4.5) พาสเจอไรซ์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์อาหารขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่ต้องการทำลายและความไวต่อความร้อนของผลิตภัณฑ์ (วิไล, 2546)

2.5.2 ผลของการพาสเจอไรซ์ต่ออาหาร

เนื่องจากการพาสเจอไรซ์เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของอาหารเพียงเล็กน้อย สารสีในผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์มักไม่ค่อยมีผลกระทบ จากการทำพาสเจอไรซ์ในน้ำผลไม้การพาสเจอไรซ์จะทำให้สูญเสียวิตามินซีและเบต้า-แคโรทีน และอาจเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส การสูญเสียนี้อาจลดลงได้หากไล่อากาศออกก่อนเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่วนสารให้กลิ่นอาจมีการสูญเสียบ้าง ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดอาจมีการเติมกลิ่นสังเคราะห์ลงไปทดแทนกลิ่นที่หายไป (นิธิยา, 2544) Yen and Lin (1996) ศึกษาคุณภาพของเนื้อฝรั่งตีป่นโดยใช้ความดันสูงยิ่งที่ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

600 MPa อุณหภูมิ 25°C เวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับการพาสเจอไรซ์ด้วยแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ที่อุณหภูมิ 88-90°C เวลา 21 วินาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อฝรั่งตีป่นที่ผ่านความดันสูงยิ่งมีน้อยกว่า 10 CFU/ml ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณเพคติน ความข่นและปริมาณวิตามินซี เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อฝรั่งตีป่นสดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ส่วนการพาสเจอไรซ์เนื้อฝรั่งตีป่น สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ดีกว่าการใช้ความดันสูงยิ่ง และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง 200 CFU/ml ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาเก็บรักษาในด้านความหนืด ความข่นและสีเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อฝรั่งตีป่นสดและเนื้อฝรั่งตีป่นที่ผ่านความดันสูงยิ่ง และจากการศึกษาของ Hong *et al.* (2006) ซึ่งศึกษาการพาสเจอไรซ์ กิมจิบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 12.7 นาที พบว่า กิมจิที่ผ่านการพาสเจอไรซ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสและสีที่ดีกว่ากิมจิชุดควบคุม (ไม่ผ่านการพาสเจอไรซ์) แต่ความร้อนทำให้ปริมาณของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) วิตามินซีและกลิ่นรสลดลง

2.5.3 ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์

ความต้านทานความร้อนของยีสต์และสปอร์ของยีสต์ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และเชื้อยีสต์ ตามปกติเซลล์จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนเปียกที่อุณหภูมิ 50-58°C นาน 10-15 นาที ส่วน ascospore จะถูกทำลายด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่าเซลล์ปกติประมาณ 5-10°C โดย ascospore ส่วนใหญ่จะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 60°C นาน 10-15 นาที แต่ก็มี ascospore บางชนิดสามารถทนความร้อนดังกล่าวได้ ถ้าใช้ความร้อนอุณหภูมิ 100°C จะสามารถทำลายเซลล์และสปอร์ของยีสต์ทุกชนิดได้ แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้ความร้อนระดับพาสเจอไรซ์ (อุณหภูมิ 62.8°C นาน 30 นาที หรือ 71.7°C นาน 15 วินาที)

เชื้อราส่วนใหญ่และสปอร์ของราถูกทำลายได้ด้วยความร้อนเปียกที่อุณหภูมิ 60°C นาน 10-15 นาที กรณีความร้อนแห้ง สปอร์ของราสามารถทนต่อความร้อนได้ค่อนข้างดี

ความต้านทานความร้อนของเซลล์แบคทีเรียมีความแตกต่างที่กว้างมากตามสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรีย สำหรับกรณีของสปอร์โดยทั่วไปแล้วสปอร์ของแบคทีเรียที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมและอุณหภูมิที่สูงสุด สำหรับการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิสูงจะมีความสามารถในการต้านทานต่อความร้อนสูงกว่าสปอร์ของแบคทีเรียที่มีอุณหภูมิดังกล่าวอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า (วราวุฒิ, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.4 ความต้านทานความร้อนของเอนไซม์

ตามปกติอุณหภูมิ 79.4°C เพียงพอในการทำลายเอนไซม์ของอาหารหรือจุลินทรีย์ ดังนั้นในการกำหนดให้ใช้อุณหภูมิในการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารจึงมักควบคุมการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวได้ เนื่องจากวัตถุประสงค์หนึ่งของกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ซึ่งสามารถทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา (Witter, 1983) อย่างไรก็ตาม บางครั้งความร้อนที่ใช้ก็ไม่สามารถทำลายเอนไซม์ทุกชนิดได้ เอนไซม์นั้นอาจส่งผลกระทบต่ออาหารได้ในภายหลัง Peng and Jiang (2004) ได้ทำการศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกเกาลัดจีน (*E. tuberosa*) โดยนำไปจุ่มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 วินาที ก่อนนำไปบรรจุใส่ในถาดแล้วห่อด้วยฟิล์มและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 วัน แล้วเปรียบเทียบกับลูกเกาลัดจีนที่ไม่ผ่านการลวก พบว่า ความร้อนสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสัมพันธ์กันกับการลดลงของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) เอนไซม์ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (Phenylalanine ammonia lyase) และเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) และไม่ตรวจพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา Schweiggert *et al.* (2005) ศึกษากิจกรรมเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสในปาปริก้า (paprika) และพริก (chili) โดยพริกทั้งสองชนิดที่ศึกษาจะนำมาลวกทันทีที่เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนนำไปบดและทำแห้งให้เป็นผง โดยใช้อุณหภูมิการลวกระหว่าง 80-100°C เวลา 5 และ10 นาที ใช้วิธีการลวก 2 วิธี คือ แบบใช้น้ำร้อนและแบบใช้ไอน้ำ พบว่า กิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสถูกยับยั้งได้ที่อุณหภูมิ 90°C และ 100°C เวลา 5 นาที สำหรับเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสยังคงมีกิจกรรมเหลืออยู่ในปาปริก้า 3.5% และในพริก 3.3% ส่วนวิธีการลวกแบบใช้น้ำร้อนและแบบใช้ ไอน้ำนั้นให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน ในงานวิจัยของ Chutintrasri and Noomhorm (2006) ศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในสับปะรดตีป่นที่บรรจุในถุงพลาสติกโดยนำผลิตภัณฑ์ไปพาสเจอไรซ์ในน้ำร้อน พบว่า กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลง 60% หลังจากได้รับความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 40-60°C เวลา 30 นาที การเสียสภาพธรรมชาติของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับอุณหภูมิมากกว่า 75°C กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงเหลือ 7% เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 85°C เวลา 5 นาที จากงานวิจัยของ Noryati and Revathi (2006) โดยศึกษาเวลาในการลวก เวลาการระเหย อุณหภูมิ และปริมาณเพคตินต่อลักษณะทางกายภาพของพริกตีป่น (*Capsicum annum* var *kulai*)บรรจุกระป๋องและศึกษากิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอนไซม์ไลพอกซิเจนเนสในพริกตีป่น โดยนำพริกไปลวกที่ช่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 90-100°C เวลา 0-10 นาที อุณหภูมิในการระเหย 60-90°C เวลา 5-20 นาที พบว่า การลวกพริกที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 6 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้อย่างสมบูรณ์ ค่าความสว่างของพริกลดลง พริกมีสีออกส้มและความหนืดของพริกตีป่นเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการระเหยและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาของ Rodrigo *et al.* (2007) ซึ่งทำการพาสเจอไรซ์น้ำมะเขือเทศที่ช่วงอุณหภูมิ 25-90°C พบว่า เอนไซม์ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ไลเอส (hydroperoxide lyase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทนต่อความร้อน การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 12 นาที สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ไลเอสลงได้ 50% และในงานวิจัยของ Yen and Lin (1996) ทำการพาสเจอไรซ์เนื้อฝรั่งตีป่นที่อุณหภูมิ 88-90 °C เป็นเวลา 24 วินาที พบว่า กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสลดลงเหลือ 17%

2.6 ภาชนะบรรจุ

2.6.1 รีทอร์ทเพาซ์ (retort pouch)

หลักการของรีทอร์ทเพาซ์ ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1950 โดยกองทัพสหรัฐอเมริกาต้องการผลิตอาหารสำหรับทหาร เรียกว่า MRE (Meal Ready to Eat) วัตถุประสงค์ของการผลิตรีทอร์ทเพาซ์ ก็เพื่อใช้งานแบบเดียวกับกระป๋องโลหะนำมาบริโภคได้โดยง่าย แต่มีน้ำหนักเบา การวิจัยเพื่อพัฒนาได้ดำเนินมาตลอดจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1965 ประเทศอิตาลีได้ผลิตรีทอร์ทเพาซ์ ในเชิงการค้าขึ้นเป็นครั้งแรก

รีทอร์ทเพาซ์หรือถุงต้มฆ่าเชื้อเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกลามิเนทแบบยืดหยุ่นที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบันและมีแนวโน้มของการใช้เพิ่มขึ้นในอนาคต รีทอร์ทเพาซ์มีคุณสมบัติเด่น คือ มีความยืดหยุ่นและทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ได้ดีสามารถใช้บรรจุอาหารได้หลายชนิด ผลิตจากพลาสติกลามิเนทกับอะลูมิเนียมฟอยล์หรือพลาสติกกับพลาสติก สามารถทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อได้ และยังสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอาหารด้าน สี กลิ่น รส จากความชื้น ก๊าซออกซิเจนและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เมื่อนำมาเก็บที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ยังมีน้ำหนักเบา ไม่ยุบหรือบุบ ไม่เกิดสนิม และที่สำคัญคือสามารถใช้กับเตาไมโครเวฟได้ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2551) เนื่องจาก รีทอร์ทเพาซ์มีรูปทรงที่แตกต่างจากกระป๋องโลหะ ทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีกว่า จึงลดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อได้ หากเปรียบเทียบที่ผลิตภัณฑ์เดียวกันน้ำหนักบรรจุเท่ากัน (จินตนา, 2529)

มีการศึกษาเรื่องการแทรกผ่านภาชนะบรรจุของแบคทีเรีย (Downing, 1996) พบว่า ชั้นลามิเนทของรีทอร์ทเพาซ์จะไม่ยอมให้แบคทีเรียแทรกผ่านได้ นอกจากจะมีรอยแตกในชั้นลามิเนท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถตรวจสอบรอยแตกนั้นได้โดยเทคนิคย้อมสี รอยแตกอะลูมิเนียมฟอยล์ไม่ยอมให้แบคทีเรียผ่านเข้าไปในอาหารได้ตราบใดที่รอยนั้นไม่ทะลุผ่านชั้นพลาสติก

รีทอร์ทเพาซ์นอกจากจะมีคุณสมบัติในการปิดกั้นอาหารแล้ว ยังสามารถทนต่อความร้อนในการบรรจุหรือแปรรูปไม่ว่าจะเป็นการให้ความร้อนแบบปลอดเชื้อ การบรรจุขณะร้อนหรือการฆ่าเชื้อในรีทอร์ทได้สูงถึง 135^{o}C การออกแบบภาชะบรรจุ ความแข็งแรงทำให้สามารถเปิดฝาออกโดยการดึงได้ง่าย ฝาปิดที่พัฒนาจากเทคโนโลยีการทำรีทอร์ทเพาซ์ คือ การใช้โพลีเอสเทอร์อยู่ด้านนอกเพื่อให้สามารถพิมพ์ได้ แข็งแรงไม่ฉีกขาด ชั้นอะลูมิเนียมฟอยล์ให้ความแข็งแรงและมันเงา ป้องกันการแทรกผ่านของความชื้นและออกซิเจน โครงสร้างเหล่านี้ทำให้รีทอร์ทเพาซ์แข็งแรงและปิดสนิททนต่อการกระทบในขณะขนส่ง (วิไล, 2546)

ประเภทของรีทอร์ทเพาซ์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทใส (Transparent Type) ซึ่งสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในถุงได้เนื่องจากมีการใช้พลาสติกอื่นซึ่งมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี เช่น โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์หรือเอทิลินไวนิลแอลกอฮอล์โคโพลีเมอร์ (EVOH) แทนการใช้อะลูมิเนียมฟอยล์ (งามจิตร, 2547) โดยระหว่างชั้นของพลาสติกแต่ละชั้นจะมีชั้นของกาวเป็นตัวทำหน้าที่ยึดพลาสติกแต่ละชั้นให้ติดกัน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2551) และประเภททึบแสงที่มีชั้นอะลูมิเนียม (Aluminium Type) มีทั้งรูปแบบเป็นถุงสี่เหลี่ยมปิดผนึกทั้ง 4 ด้าน หรือแบบขยายก้นถุง (gusset) เพื่อให้ถุงสามารถตั้งได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาออกแบบรีทอร์ทเพาซ์ ให้มีซิปปากถุง เพื่อให้สามารถเปิดถุงได้ภายหลังจากการเปิดแล้ว (งามจิตร, 2547)

ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้ำมันหรือน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนประกอบในปริมาณสูง จะต้องเสริมชั้นโพลีเอสเทอร์เข้าในลามิเนทระหว่างชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์กับชั้นในสุด ที่ทำหน้าที่เชื่อมติด การเสริมโพลีเอสเทอร์เพื่อช่วยให้รีทอร์ทเพาซ์มีประสิทธิภาพในการกันการแทรกซึมของน้ำมันได้ดีขึ้นและยังช่วยป้องกันการร่อนออกจากกันของชั้นลามิเนทด้วย (จินตนา, 2529)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1.1 คุณลักษณะของรีทอร์ทเพาซ์ (บริษัทรอแยลแคน จำกัด, 2551)

1. ชนิดทึบแสง เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป จากการเคลือบติดกันของวัตถุดิบ 4 ชั้น ดังนี้

ชั้นที่ 1. โพลีเอสเทอร์ (Polyester)

(PET= Poly Ethylene Terephthalate) เป็นชั้นนอกสุดของรีทอร์ทเพาซ์

<u>คุณสมบัติ</u>

โปร่งใส ไม่มีสี มีความเหนียวสูง จึงต้านทานแรงดึงและแรงกระแทกได้ดี ทนทานต่อสารเคมี จำพวกกรดและตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดี แต่ไม่ทนต่อด่าง ดูดซึมน้ำได้ต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และไขมันหรือน้ำมันได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ แต่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูง 220-230^{o}C อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานอุณหภูมิสูงสุด 225^{o}C และต่ำสุด -40 ^{o}C ปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้

<u>ทำหน้าที่</u>

เคลือบผิวภายนอกให้เงางาม ป้องกันการขูดขีด

ชั้นที่ 2. ไนลอน (Nylon: NY) เป็นชั้นถัดเข้ามาด้านในชั้นที่ 2

<u>คุณสมบัติ</u>

อ่อนนุ่ม แต่มีความเหนียวแน่น ค่อนข้างใส ไม่มีสี ผ่านกระบวนการผลิตที่ดึงแผ่นฟิล์มให้แผ่กว้างออกทั้งในแนวตั้งและแนวนอน (Biaxially) และกระบวนการป้องกันการเกิด Pin Hole (Orientation) จึงรู้จักกันในนาม Biaxially Orientation Nylon (ONY)

<u>ทำหน้าที่</u>

เสริมความแข็งแรงและเหนียวแน่นให้กับซองและป้องกันการเจาะทะลุ

ชั้นที่ 3. อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil: AL) เป็นชั้นถัดเข้ามาด้านในชั้นที่ 3

<u>คุณสมบัติ</u>

ป้องกันการส่องผ่านของแสง ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและกักเก็บความชื้นได้ดี

<u>ทำหน้าที่</u>

ป้องกันแสงจากภายนอกส่องทะลุเข้าไปทำปฏิกิริยากับอาหารที่อยู่ภายในทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไป ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและเก็บกักความชื้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้

ชั้นที่ 4. โพลีโพรพีลีน (Polypropylene: PP)

เป็นชั้นในสุดที่สัมผัสกับอาหาร เป็นชั้นหลักที่มีความสำคัญของรีทอร์ทเพาซ์ที่ผลิตมาจากโพลี-โพรพีลีนชนิดพิเศษด้วยวิธีการหล่อ เรียกว่า Cast Polypropylene หรือเรียกว่า CPP

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติ

โปร่งใส มีผิวหน้าเป็นมันวาว มีความเหนียว มีความต้านทานต่อการพับและการขีดข่วนสูง ทนทานต่อสารเคมีได้ดี ทั้งกรด ด่าง และตัวทำละลาย ป้องกันการซึมผ่านไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของไขมัน/น้ำมันได้ดี ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก มีความปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้ ทนทานต่อความร้อนได้สูงถึง 125^{o}C ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ที่ 135-150^{o}C CPP ไม่ทนทานต่อการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เพราะจะกรอบแตก ควรใช้ OPP หรือ LLDPE ซึ่งสามารถใช้ได้กับอุณหภูมิต่ำถึง -40^{o}C

ทำหน้าที่

เพิ่มความแข็งแรงของรีทอร์ทเพาซ์ ทนทานต่อความร้อนสูง

คุณสมบัติของ CPP (Cast Polypropylene) (บริษัทรอแยลแคน จำกัด, 2551)

1. ความแข็งแรงของซีลเหมาะสม (suitable heat seal strength) ค่าความแข็งแรงของซีลก่อนฆ่าเชื้อประมาณ 5.0-7.0 กก./15 มม. หรือหลังการฆ่าเชื้อ 4.0-6.0 กก./15 มม. การตรวจสอบโดยวิธี Seal Strength Tester ค่าความแข็งแรงของซีลด้านข้างก่อนฆ่าเชื้อเท่ากับ 5.0 กก./15 มม. หลังฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 3.9 กก./15 มม. ความแข็งแรงของซีลด้านก้นถุง ก่อนฆ่าเชื้อเท่ากับ 5.5 กก./15 มม. หลังฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 4.0 กก./15 มม. มาตรฐานของ JAS (Japanese Agricultural Standard) กำหนดค่าความแข็งแรงของซีลไว้ที่ 2.3 กก./15 มม.

2. ความทนทานต่อการกระทบกระแทก (high impact strength) จากการทดสอบความทนทานต่อการตกกระแทก แนวระนาบ 13 ครั้ง แนวดิ่ง 15 ครั้ง (drop test)

3. กลิ่นและรสน้อย (less odor and taste) เนื่องจาก CPP เป็นชั้นที่อยู่ติดกับอาหาร ชั้น CPP จึงได้รับการพัฒนาให้ลดกลิ่นพลาสติก ซึ่งจะทำให้กลิ่นและรสของอาหารเปลี่ยนแปลง

4. ลดการเกาะติดกันภายใน (anti-blocking) เนื้อฟิล์มด้านในไม่ติดกัน เมื่อนำมาผลิตเป็นซองก็จะได้ซองที่เปิดปากง่ายโดยไม่มีแป้งข้าวโพดผสมอยู่ การเปิดปากซองง่ายจะทำให้การบรรจุทำได้เร็วส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูงกว่าซองที่เปิดยาก

5. มีความทนทานสูง (high durability) ใช้ CPP ชนิดอ่อน ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านความทนทานสูงมาก แตกต่างจาก CPP ชนิดแข็ง ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงของซีลสูง แต่ในการใช้งานจริงไม่มีความทนทาน จากการทดสอบความยืดหยุ่นเหนียวแน่นสูงโดยวิธี Gelvo flex (การบิดไปมา 3000 ครั้ง) มีค่าเท่ากับ 16 รู/A4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ชนิดโปร่งแสง/โปร่งใส

เป็นรีทอร์ทเพาซ์ ชนิดที่ไม่ใช้อะลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบ จึงสามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุไว้ภายในได้ โดยที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและออกซิเจนยังคงอยู่ โดยการทดแทนชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์ด้วยการพ่นละอองซิลิกา (Silica Oxide) หรือละอองอะลูมิเนียม (Aluminized) ลงบนผิวฟิล์มในชั้นโพลีเอสเตอร์หรือไนลอน นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถนำเข้าไปอุ่นในเตาไมโครเวฟได้ เนื่องจากไม่มีส่วนประกอบของอะลูมิเนียมฟอยล์ รีทอร์ทเพาซ์ชนิดโปร่งใสนี้มีอายุการเก็บรักษาต่างๆ กันไปตามชนิดและเทคนิคของกระบวนการเคลือบชั้น Barrier ดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไปมีอายุระหว่าง 3 เดือน ถึง 18 เดือน

ความหนาของชั้นฟิล์ม

- ความหนาของชั้นฟิล์ม จะขึ้นอยู่กับขนาดซอง ซองมีขนาดใหญ่จะมีความหนามาก
- สามารถจำแนกความหนาของชั้นฟิล์มได้ดังนี้

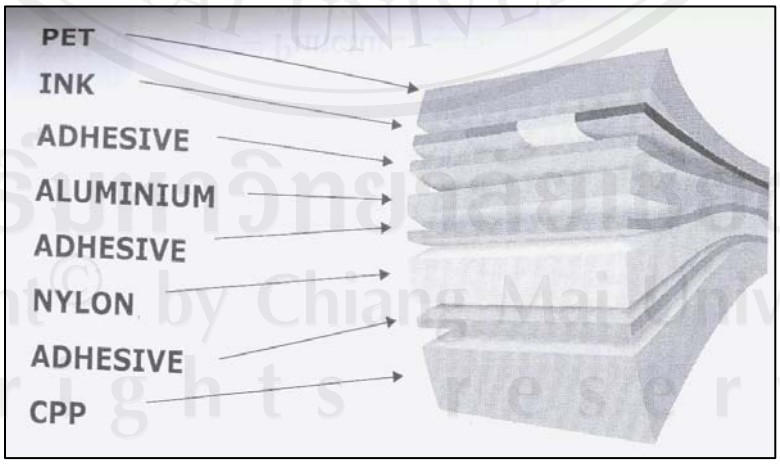
PET : 12 ไมครอน

NY : 1/25 ไมครอน

AL : 7/9 ไมครอน

CPP : 50/60/70/80/100 ไมครอน

เนื่องจากการยึดติดกันของชั้นฟิล์มแต่ละชั้นต้องใช้กาวเข้ามาทำหน้าที่ยึดติดกัน ในการวัดความหนาของถุงจะต้องเผื่อความหนาของชั้นกาวอีก ประมาณ 6-12 ไมครอน (3 ชั้นๆ ละ 2-4 ไมครอน)



รูป 2.1 ส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ผลิตรีทอร์ทเพาซ์

ที่มา: บริษัทรอแยลแคน จำกัด, 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อดีของรีทอร์ทเพาซ์

เมื่อเปรียบเทียบรีทอร์ทเพาซ์กับกระป๋องโลหะและภาชนะบรรจุที่ใช้กับอาหารแช่แข็งอื่นๆ จะพบว่ามีข้อดีกว่าทั้งในด้านผู้ผลิตและผู้บริโภค ดังนี้

1. เนื่องจากรีทอร์ทเพาซ์มีรูปทรงที่บางกว่ากระป๋องโลหะ ดังนั้น เวลาที่ทำให้อุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดหรือจุดศูนย์กลางของรีทอร์ทเพาซ์ขึ้นสูงจนถึงระดับ lethal temperature น้อยกว่าเวลาที่ใช้ในกระป๋องโลหะ นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ที่อยู่บริเวณด้านในของรีทอร์ทเพาซ์จะไม่เกิดลักษณะ over cooked เนื่องจากสัมผัสกับความร้อนสูงเป็นระยะเวลานานเกินไปเหมือนกับที่เกิดในกระป๋องโลหะและคุณภาพต่างๆ เช่น สีของผลิตภัณฑ์จะไม่เปลี่ยนแปลงจากสีธรรมชาติให้ลักษณะกลิ่นรสและสัมผัสที่ดีกว่า การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการจะเกิดน้อยกว่าเช่นกัน
2. การถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ไม่จำเป็นต้องเก็บในอุณหภูมิตู้เย็นหรือที่ต่ำกว่า $0^{o}C$ ก็จะให้อายุการเก็บที่นานเท่าๆ กับผลิตภัณฑ์ทีบรรจุกระป๋องโลหะเหมือนกัน และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์จะสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพของโกดังในโรงงานได้นานถึง 10 ปี โดยที่สภาพผลิตภัณฑ์นั้นยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
3. ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ให้ความสะดวกสบายแก่ผู้บริโภคได้มากกว่า สามารถบริโภคได้โดยไม่ต้องทำการอุ่นให้ร้อนอีกครั้ง แต่หากต้องการจะอุ่นให้ร้อนอีกครั้งสามารถทำได้โดยการต้มรีทอร์ทเพาซ์ในน้ำเดือด 5 นาที และหากเป็นอาหารแช่แข็งต้องใช้เวลาประมาณ 30 นาที
4. รีทอร์ทเพาซ์ สามารถเปิดได้ง่ายและปลอดภัยด้วยการฉีกหรือตัดส่วนบนด้านใดด้านหนึ่งของการปิดผนึกออกโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือช่วย
5. รีทอร์ทเพาซ์จะช่วยลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยให้ลดลงและการเก็บรักษารีทอร์ทเพาซ์จะใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาต่ำกว่ากระป๋องโลหะถึง 85% จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อย
6. รีทอร์ทเพาซ์มีความปลอดภัยจากโลหะหนักและการกัดกร่อน

ข้อเสียของรีทอร์ทเพาซ์

1. เพิ่มต้นทุนในการผลิต เนื่องจากตัวภาชนะมีราคาแพง มีการลงทุนในเรื่องของเครื่องจักรสูง การบรรจุทำได้ช้าและยุ่งยากกว่าการใช้กระป๋องหรือแก้ว
2. การผลิตต้องควบคุมอย่างละเอียด เพราะการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในรีทอร์ทเพาซ์ มีความยุ่งยากมาก เช่น ต้องควบคุมความดันภายในถุงและภายนอกถุงไม่ให้มีความแตกต่างกันมาก ตะเข็บจะแตก
3. ในการขนส่งต้องสิ้นเปลืองหาวัสดุประเภทอื่นมาห่อหุ้มตัวบรรจุภัณฑ์อีกครั้ง เพราะรีทอร์ท-เพาซ์ มีความบางมากจึงเกิดการฉีกขาดหรือทะลุได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved