บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 General Principles of Food Hygiene (Good Manufacturing Practice: GMP)

2.1.1. ความหมายของระบบ GMP

GMP (Good Manufacturing Practice) หรือหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีสำหรับการผลิต เป็นการจัดการสภาวะแวดล้อมขั้นพื้นฐานของกระบวนการผลิต เช่น การควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคล การควบคุมแมลงและสัตว์นำโรค การออกแบบโครงสร้างอาคารผลิต รวมถึงเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ซึ่งเน้นการป้องกันมากกว่าการแก้ไข เป็นระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารขั้นพื้นฐาน (Food Safety Management System) คือ การจัดการเพื่อไม่ให้อาหารก่อผลกระทบทางลบต่อผู้บริโภค เมื่ออาหารนั้นถูกเตรียมหรือบริโภค ระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารจะสมบูรณ์ เมื่อจัดทำระบบ HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) ซึ่งเป็นการจัดการด้านการควบคุมกระบวนการผลิต โดยจะทำการวิเคราะห์และประเมินอันตรายในขั้นตอนการผลิตทั้งหมด ตั้งแต่ตรวจรับวัตถุดิบ จนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์สู่ผู้บริโภค ว่าจุดใด หรือขั้นตอนใดมีความเสี่ยง ต้องควบคุม ถ้าปราศจากการควบคุมที่จุดนั้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เรียกจุด หรือขั้นตอนนั้นๆว่า จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical Control Point; CCP) จากนั้นหามาตรการควบคุมจุดวิกฤต เพื่อให้อาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค กล่าวได้ว่า GMP เป็นพื้นฐานที่สำคัญของ HACCP (สุวิมล กีรติพิบุล, 2543)

2.1.2 ข้อกำหนดของระบบ GMP

ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการผลิตเป็นไปอย่างถูกสุขลักษณะ ป้องกันการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์และเป็นหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจรับรองสุขลักษณะโรงงานแปรรูปทั้งผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องและผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน (กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ, 2547) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โครงสร้างและการออกแบบ
2. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ
3. สารเคมีและวัสดุบรรจุภัณฑ์
4. การรักษาความสะอาดและสุขลักษณะ
5. สิ่งจำเป็นสำหรับสุขลักษณะ
6. บุคลากร
7. การควบคุมการผลิต

หมวดที่ 1 โครงสร้างและการออกแบบ

1. โครงสร้างและการออกแบบ

1.1 ที่ตั้งและบริเวณโดยรอบ

(1) โรงงานตั้งอยู่ในแหล่งที่ไม่มีน้ำท่วมขังหรือมีการป้องกัน

(2) พื้นที่รอบๆตัวอาคารที่อยู่ในความดูแลของโรงงานโล่ง และสะอาดไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

(3) ทางระบายน้ำรอบโรงงานมีขนาดเพียงพอไม่ทำให้เกิดน้ำขังนิ่ง

1.2 พื้นที่และการแบ่งบริเวณผลิต

(1) ห้องผลิตมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการวางอุปกรณ์และการจัดเก็บวัสดุ

(2) ออกแบบพื้นที่การผลิตให้เหมาะสมสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผลิต

1.3 พื้น ผนัง เพดาน โรงงาน

(1) ทำด้วยวัสดุแข็งแรง ผิวเรียบ ไม่ดูดซับน้ำ และทำความสะอาดง่าย

(2) สะอาดไม่มีการหมักหมมของเศษเหลือวัตถุดิบ ท่อใต้เพดานสะอาดไม่รั่วซึม ไม่มีหยดน้ำเกาะเนื่องจากการควบแน่น และไม่มีเศษวัสดุซึ่งอาจตกปลอมปนสู่ผลิตภัณฑ์

(3) พื้นต้องไม่ลื่นในระหว่างการปฏิบัติงาน ไม่มีน้ำขัง รอยต่อของพื้น และผนังมีลักษณะโค้งหรือตัดเฉียง ไม่หักเป็นมุมฉาก

(4) ขอบหน้าต่าง (ถ้ามี) ลาดเอียงอย่างเหมาะสม ผนังส่วนที่เป็นกระจกแก้วมีการป้องกันการแตกกระจายของเศษแก้ว

1.4 ทางระบายน้ำ

(1) ผิวเรียบไม่ขรุขระ และสะอาดมีความลาดเอียงเพียงพอให้น้ำไหลออกได้สะดวก มีฝาปิดปากท่อ เปิดทำความสะอาดได้

(2) มีจำนวนและขนาดเพียงพอกับการระบายน้ำออกไปให้เอ่อล้น

(3) น้ำที่ออกจากบริเวณที่มีการปนเปื้อนสูง ต้องไม่ไหลย้อนกลับไปในบริเวณทำการผลิตอื่นๆที่สะอาดกว่า

1.5 แสงสว่าง

(1) ความเข้มแสงในบริเวณทั่วไปมีอย่างน้อย 220 ลักซ์ และ 540 ลักซ์ ในบริเวณที่มีการตรวจสอบคุณภาพ

(2) มีฝาครอบหลอดไฟในบริเวณผลิตที่วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ไม่ได้ปกคลุมและรักษาความสะอาดของฝาครอบอย่างสม่ำเสมอ

1.6 การระบายอากาศ

(1) บริเวณผลิตมีระบบการระบายอากาศที่ดีสามารถระบายกลิ่นควันไอน้ำ และความร้อนมีการป้องกันการควบแน่นของไอน้ำ

(2) การระบายอากาศไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์

หมวดที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

2. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

(1) วัสดุ อุปกรณ์ทั้งที่สัมผัสกับอาหารโดยตรง และที่ไม่สัมผัสกับอาหารสะอาด มีผิวเรียบ ทำความสะอาดง่าย ไม่ดูดซับน้ำ ไม่เป็นสนิม และไม่ควรมีรอยต่อมาก

(2) เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต ออกแบบเหมาะสม สะดวกในการรักษาความสะอาด และไม่เกิดการปลอมปนของน้ำมันหล่อลื่น หรือน้ำมันเครื่องไปยังผลิตภัณฑ์

(3) อุปกรณ์ที่ล้างสะอาดแล้ว มีที่เก็บเหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

(4) อุปกรณ์ควบคุม ตรวจวัดหรือบันทึก เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) หรือค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity) อยู่ในสภาพดี เที่ยงตรง และมีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่ใช้งานชัดเจน

2.2 อุปกรณ์ทำความสะอาด

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดทำด้วยวัสดุปลอดสนิม ไม่ดูดซับน้ำ และรักษาความสะอาดอยู่เสมอ

(2) ที่เก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดเป็นสัดส่วนและถูกสุขลักษณะ

2.3 ภาชนะใส่เศษเหลือจากการผลิต

(1) ภาชนะใส่เศษเหลือจากการผลิตต้องอยู่ในสภาพถูกสุขลักษณะ ทำด้วยวัสดุไม่ดูดซับน้ำ ทำความสะอาดง่าย และไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์

(2) แยกภาชนะสำหรับใส่เศษเหลือโดยเฉพาะอย่างชัดเจน

หมวดที่ 3 สารเคมีและวัสดุบรรจุภัณฑ์

3. สารเคมีและวัสดุบรรจุภัณฑ์

3.1 สารเคมี

(1) สารปรุงแต่งและสารเคมี ได้รับการรับรองให้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้ มีฉลากชัดเจน และเก็บแยกเป็นหมวดหมู่ในสถานที่ที่เป็นสัดส่วนถูกสุขลักษณะ

(2) สารเคมีที่เป็นพิษมีฉลากชัดเจน เก็บแยกจากอาหาร ใช้ตามคำแนะนำ และพนักงานต้องผ่านการฝึกอบรม

3.2 วัสดุบรรจุภัณฑ์

ต้องทำจากวัสดุที่เหมาะสม สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และป้องกันการปนเปื้อนและสิ่งแปลกปลอมได้ สถานที่จัดเก็บเป็นสัดส่วน มีการรักษาความสะอาด มีการระบายอากาศที่ดี ป้องกันฝุ่นและแมลงได้

หมวดที่ 4 การรักษาความสะอาดและสุขลักษณะ

4. การรักษาความสะอาดและสุขลักษณะ

4.1 ระบบการล้างทำความสะอาด

(1) มีโปรแกรมทำความสะอาด ทั้งวิธีล้างและความถี่เหมาะสม

(2) น้ำยาล้างทำความสะอาดและน้ำยาฆ่าเชื้อมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้ และปลอดภัยกับการใช้ในโรงงานผลิตอาหาร

(3) ตรวจติดตามโปรแกรมการทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 ระบบป้องกันหนู แมลง และสัตว์อื่น

(1) ไม่มีหนู แมลงและสัตว์อื่นในบริเวณโรงผลิตอาหาร

(2) โครงสร้างไม่มีช่องเปิดที่จะเป็นทางเข้าของสัตว์ต่างๆ และไม่เก็บอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ไม่เกี่ยวข้องไว้ในบริเวณนี้

(3) มีโปรแกรมทำความสะอาด และตรวจติดตามร่องรอยของหนู แมลงและสัตว์อื่นๆ ยาที่ใช้กำจัดได้รับการรับรองและดำเนินการโดยพนักงานที่ได้รับการฝึกอบรม

4.3 การกำจัดเศษเหลือและขยะ

(1) บริเวณเก็บถูกสุขลักษณะ ถ้าเก็บนอกอาคารต้องมีฝาปิดมิดชิด

(2) ขนถ่ายเศษเหลือออกจากห้องผลิตอย่างสม่ำเสมอและเหมาะสม

4.4 ระบบการกำจัดน้ำเสีย

มีประสิทธิภาพไม่ก่อให้เกิดแหล่งสะสมของแมลง และเป็นแหล่งแพร่การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ไปยังผลิตภัณฑ์และการผลิต

หมวดที่ 5 สิ่งจำเป็นสำหรับสุขลักษณะ

5. สิ่งจำเป็นสำหรับสุขลักษณะ

5.1 น้ำใช้ในโรงงานและน้ำแข็ง

(1) ระบบการเตรียมน้ำใช้ถูกสุขลักษณะและมีประสิทธิภาพ น้ำใช้ที่สัมผัสกับอาหาร หรือพื้นที่สัมผัสกับอาหารต้องสะอาดและต้องได้มาตรฐานน้ำบริโภค

(2) มีปริมาณเพียงพอกับการใช้ประจำวัน มีการป้องกันไม่ให้มีการปนเปื้อนเข้าไปในระบบน้ำใช้

(3) น้ำแข็งผลิตจากน้ำที่สะอาด เก็บและขนถ่ายถูกสุขลักษณะ

(4) น้ำที่ใช้ทั่วไป และน้ำที่ใช้ในวัตถุประสงค์อื่น มีระบบท่อแยกจากน้ำที่ต้องสัมผัสอาหาร และมีเครื่องหมายแสดงความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

(5) น้ำใช้มีปริมาณคลอรีนหลงเหลือเหมาะสม วัดปริมาณคลอรีนในน้ำใช้อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง สุ่มตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์อย่างสม่ำเสมอ และทางเคมีอย่างน้อยปีละครั้ง

5.2 อ่างล้างมือและอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ

(1) จำนวนเพียงพอและติดตั้งทุกทางเข้าของห้องผลิตและในบริเวณผลิต

(2) อ่างล้างมือสะอาด มีก๊อกน้ำมือไม่สัมผัส มีสบู่เหลวและอุปกรณ์ทำให้มือแห้ง

(3) มีอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อเหมาะสม และตรวจติดตามปริมาณหลงเหลือของน้ำยาอย่างสม่ำเสมอ

5.3 บ่อล้างรองเท้า

มีทุกทางเข้าอาคารผลิตจากภายนอก มีน้ำยาฆ่าเชื้อปริมาณที่เหมาะสมเปลี่ยนถ่ายอย่างสม่ำเสมอ และรักษาระดับน้ำให้เหมาะสม

5.4 ที่เก็บผ้ากันเปื้อน ถุงมือ และรองเท้าบู๊ท

มีที่เก็บเป็นสัดส่วน ถูกสุขลักษณะ ระบายอากาศดี และไม่อับชื้น

5.5 สถานที่เปลี่ยนเสื้อผ้าและเก็บของใช้ส่วนตัว

เป็นสัดส่วน แยกออกจากบริเวณผลิตและบริเวณล้างทำความสะอาดอุปกรณ์สะอาด มีการถ่ายเทอากาศดี ไม่อับทึบ

5.6 โรงอาหาร

สะอาด โต๊ะ และอุปกรณ์ต่างๆอยู่ในสภาพดีและสะอาด

5.7 ห้องสุขา

(1) มีจำนวนเพียงพอกับจำนวนคนงาน

(2) อยู่ในสภาพดีสะอาด ระบายอากาศดี มีแสงสว่างอย่างเพียงพอ มีกระดาษชำระ และถังขยะพร้อมฝาปิดมิดชิด

(3) มีอ่างล้างมือชนิดไม่ใช้มือสัมผัสพร้อมอุปกรณ์ล้างมือ มีอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ และบ่อล้างเท้า

หมวดที่ 6 บุคลากร

6. บุคลากร

6.1 สุขภาพทั่วไป

(1) พนักงานไม่เป็นโรคติดต่อและไม่เป็นพาหะของโรคทางเดินอาหาร ได้รับการตรวจสุขภาพ รวมทั้งโรคทางเดินอาหารก่อนเข้าทำงานครั้งแรก อย่างน้อยปีละครั้ง

(2) พนักงานในห้องปิดไม่มีแผลเปิด แผลติดเชื้อหรือแผลอื่นๆที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์นอกจากมีการป้องกันที่เหมาะสม

6.2 การปฏิบัติตนของพนักงาน

(1) ไม่สูบบุหรี่ บ้วน ถ่มน้ำลาย รับประทานอาหารในห้องผลิต และไม่ไอหรือจามใส่วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ ไม่แคะ แกะ เกา ขณะทำงาน คนที่ไม่ใส่ถุงมือขณะทำงาน ต้องไม่ไว้เล็บยาว และไม่ทาเล็บโดยเด็ดขาด

(2) ไม่ใส่เครื่องประดับ เช่น แหวน นาฬิกา ต่างหู และสร้อยให้ใส่สร้อยพระ แต่ต้องไม่ใส่นอกเสื้อ

(3) พนักงานที่ต้องสัมผัสกับวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ หรือวัสดุบรรจุภัณฑ์ ต้องรักษาความสะอาดของร่างกาย ล้างมือให้สะอาดก่อนและหลังทำงานเมื่อกลับเข้าทำงาน และหลังใช้ห้องสุขา

6.3 การแต่งกาย เหมาะสมกับลักษณะงาน ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์ มีสิ่งปกปิดคลุมผมให้เรียบร้อย เสื้อผ้าและเครื่องแต่งการสะอาด และเปลี่ยนที่โรงงาน

6.4 การฝึกอบรม

(1) บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการตรวจควบคุมสุขลักษณะ และความสะอาดของอุปกรณ์ เครื่องมือและกระบวนการผลิต มีความรู้หรือได้รับการฝึกอบรม

(2) พนักงานที่ทำงานสัมผัสกับอาหาร และหัวหน้าผู้คุมได้รับการฝึกอบรมวิธีการปฏิบัติงานอย่างถูกสุขลักษณะ

หมวดที่ 7 การควบคุมการผลิต

7. การควบคุมการผลิต

7.1 วัตถุดิบและส่วนผสม

(1) สะอาดและมีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภค และบันทึกที่มา และตรวจวัดอุณหภูมิของวัตถุดิบซึ่งควรใกล้เคียง 0^0C

(2) ตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ พร้อมบันทึกผล และคัดแยกวัตถุดิบที่มีลักษณะผิดปกติหรือเน่าเสียออกไป

(3) บริเวณรับวัตถุดิบแยกออกจากบริเวณผลิตอื่นๆ โดยเด็ดขาด รักษาความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ และมีระบบป้องกันแมลง หนู และสัตว์อื่นๆ

(4) การรับวัตถุดิบถูกสุขลักษณะ ล้างด้วยน้ำ และน้ำแข็งที่สะอาดก่อนนำมาผลิต

(5) วัตถุดิบที่ยังไม่นำมาใช้ในทันที แยกเก็บในบริเวณเฉพาะติดฉลาก หรือแสดงเครื่องหมาย

(6) วัตถุดิบแช่เยือกแข็ง ละลายอย่างถูกสุขลักษณะ น้ำที่ใช้ในการละลายหากหมุนเวียนกลับมาใช้อีก ให้เฉพาะวัตถุดิบในรุ่นที่กำลังละลายอยู่เท่านั้น

7.2 การผลิตทั่วไป

(1) ขั้นตอนการผลิตเรียงเป็นระเบียบ ไม่ยอกย้อน และหลีกเลี่ยงความล่าช้าในการผลิต

(2) ปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะ ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ไปยังผลิตภัณฑ์

(3) ควบคุมอุณหภูมิตัววัตถุดิบทุกขั้นตอนไม่สูงกว่า 10^0C สำหรับผลิตภัณฑ์

7.3 การทำให้สุก

(1) ล้างผลิตภัณฑ์ให้สะอาดก่อนนำไปทำให้สุก และทำให้เย็นทันทีอย่างถูกสุขลักษณะเมื่อผ่านขั้นตอนให้ความร้อนแล้ว

(2) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำสุกต้องผ่านการตรวจยืนยัน

(3) ควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำสุก

(4) ป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการปนเปื้อนแล้ว

7.4 การชุบแป้งชุบขนมปัง

(1) เตรียมน้ำแป้งและขนมปังอย่างถูกสุขลักษณะ ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์

(2) ควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการใช้น้ำแป้ง และเปลี่ยนทิศในระยะเวลาที่เหมาะสม

7.5 การแช่เยือกแข็ง

(1) อุณหภูมิแช่เยือกแข็งไม่สูงกว่า -30^{0}C และบันทึกอุณหภูมิทุกครั้งที่ใช้เครื่อง มีจำนวนเพียงพอกับการผลิตประจำวัน

(2) ไม่ล่าช้า ห้องแช่เยือกแข็งและตู้แช่เยือกแข็ง สะอาด

7.6 การตากแห้งและการหมัก

(1) บริเวณตากแห้งและหมักผลิตภัณฑ์ สะอาดไม่มีสัตว์เลี้ยง

(2) การตากแห้งและการหมักต้อง ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผลิตภัณฑ์

7.7 การบรรจุภัณฑ์

(1) บริเวณบรรจุภัณฑ์เป็นสัดส่วนและสะอาด

(2) ปฏิบัติอย่างถูกสุขลักษณะไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน

(3) มีรหัสสินค้ากำกับบนทุกภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่สืบย้อนกลับไปยังแหล่งที่มาของวัตถุดิบและวันเดือนปีของการผลิต

7.8 ห้องเก็บผลิตภัณฑ์

(1) อุณหภูมิห้องเย็น (cold storage) ไม่สูงกว่า -18^{0}C และห้อง chill ไม่สูงกว่า 7^{0}C มีเทอร์โมมิเตอร์หรืออุปกรณ์แสดงอุณหภูมิของห้องเก็บ และจดบันทึกอุณหภูมิของทุกวัน

(2) การจัดการเก็บผลิตภัณฑ์ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน มีช่องว่างแต่ละแถวให้ความเย็นไหลเวียนได้ทั่วถึงทุกกล่อง

(3) ดูแลและรักษาความสะอาดของห้องเก็บตลอดจนทางเดินอย่างสม่ำเสมอ

7.9 ห้องปฏิบัติการสำหรับการตรวจสอบคุณภาพ

(1) มีห้องปฏิบัติการที่มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ได้มาตรฐานสำหรับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพจุลินทรีย์และทางเคมี รวมทั้งการตรวจทวนสอบสุขลักษณะในการผลิต

(2) วิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นวิธีมาตรฐาน

คำนิยามข้อบกพร่อง

Critical (C) หมายถึง การปฏิบัติที่ไม่ไปตามข้อกำหนดของกรมประมง และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

Serious (Sc) หมายถึง การปฏิบัติที่ไม่ไปตามข้อกำหนดของกรมประมง และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคและข้อบกพร่องดังกล่าวไม่จัดอยู่ในระดับ Critical

Major (M) หมายถึง การปฏิบัติที่ไม่ไปตามข้อกำหนดของกรมประมง และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคและข้อบกพร่องดังกล่าวไม่จัดอยู่ในระดับ Critical และ Serious

Miner (N) หมายถึง การปฏิบัติที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมประมง และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ นั้นไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคและข้อบกพร่องดังกล่าวไม่จัดอยู่ในระดับ Critical ,Serious หรือ Major

2.1.3 ขอบเขตการนำไปใช้

หลักเกณฑ์ทั่วไปนี้ได้วางพื้นฐานเพื่อให้เกิดความมั่นใจในเรื่องสุขลักษณะอาหาร และควรใช้หลักเกณฑ์นี้ควบคู่กับข้อกำหนดวิธีปฏิบัติด้านสุขลักษณะ (Code of Hygienic Practice) เฉพาะเรื่องแต่ละเรื่องที่เหมาะสมและควรใช้ร่วมกับข้อแนะนำเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ทางด้านจุลินทรีย์ (Guidelines on Microbiological Criteria) เนื้อหาในเอกสารนี้กำหนดตามห่วงโซ่อาหาร (Food chain) โดยเริ่มตั้งแต่การผลิตในขั้นต้นไปจนถึงผู้บริโภคในขั้นสุดท้ายและเน้นการควบคุมสุขลักษณะที่สำคัญแต่ละขั้นตอนไว้ให้ชัดเจน ข้อกำหนดในเอกสารนี้ได้แนะนำว่าควรนำหลักการตามที่อธิบายไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร และคำแนะนำในการนำไปใช้มาตรฐานเลขที่ มอก. 7000 มาใช้เพื่อความปลอดภัยของอาหาร อาจมีบางสถานการณ์ที่จำเป็น ที่ทำให้ไม่สามารถนำข้อกำหนดเฉพาะในบางส่วนของหลักการนี้ไปปฏิบัติได้ ดังนั้นเนื้อหาในหลักการนี้จะแสดงให้รู้ถึงกรณีดังกล่าว โดยใช้ข้อความว่า "ในกรณีที่จำเป็น" และ "ในกรณีที่เหมาะสม" กำกับไว้ ในทางปฏิบัติถึงแม้ว่าโดยทั่วไปข้อกำหนดจะมีความเหมาะสมด้วยเหตุและผล แต่บางสถานการณ์อาจไม่จำเป็นหรือไม่เหมาะสมด้วยเหตุผลในแง่ความปลอดภัย และความเหมาะสมของอาหาร ในการที่จะตัดสินใจว่าข้อกำหนดใดมีความจำเป็นหรือมีความเหมาะสมหรือไม่ ควรประเมินความเสี่ยงภายในกรอบของหลักการ HACCP วิธีนี้จะช่วยให้การใช้ข้อกำหนดของหลักการนี้มีความยืดหยุ่น

และมีเหตุผลสอดคล้อง ตรงตามวัตถุประสงค์ของการผลิตอาหารที่ปลอดภัย และเหมาะสมสำหรับการบริโภค การปฏิบัติดังกล่าวได้มีการพิจารณาถึงความหลากหลายของกิจกรรม และระดับความแตกต่างของความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องในการผลิตอาหาร โดยมีข้อแนะนำเพิ่มเติมอยู่ในข้อกำหนดเฉพาะสำหรับอาหารแต่ละชนิด

2.1.4 องค์กรที่นำไปใช้

อุตสาหกรรมที่อยู่ในห่วงโซ่อาหาร เริ่มตั้งแต่การผลิตเบื้องต้น จนถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้าย ซึ่งจะทำให้ได้เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นวัตถุดิบที่มุ่งคุณภาพป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตในโรงงาน หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ จะถูกขนส่งไปที่ร้านค้า ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าในห่วงโซ่อาหารมีขั้นตอนหลายขั้นตอนกว่าที่อาหารจะถึงมือผู้บริโภค จึงมีโอกาสทำให้อาหารไม่ปลอดภัยได้

2.1.5 สาระสำคัญของมาตรฐาน

มาตรฐานนี้กำหนดหลักการทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร โดยมีการแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งในส่วนที่ 1 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของหลักการนี้ ในส่วนที่ 2 กล่าวถึงขอบข่าย การใช้และบทนิยาม ส่วนที่ 3 เป็นการกล่าวถึงการผลิตเบื้องต้น (สุขลักษณะของสภาพแวดล้อม การผลิตอย่างถูกสุขลักษณะของแหล่งอาหาร, การปฏิบัติต่ออาหาร การเก็บรักษาและการขนส่ง การทำความสะอาด การบำรุงรักษาและสุขอนามัยส่วนบุคคลในการผลิตเบื้องต้น) ในส่วนที่ 4 กล่าวถึงสถานประกอบการ:การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวก (สถานที่ตั้ง อาคารและห้องเครื่องมือ สิ่งอำนวยความสะดวก) ในส่วนที่ 5 กล่าวถึงการควบคุมการปฏิบัติงาน (การควบคุมอันตรายจากอาหาร จุดสำคัญของระบบการควบคุมสุขลักษณะ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการรับวัสดุ บรรจุภัณฑ์ น้ำ การจัดการและการกำกับดูแล ระบบเอกสารและข้อมูลที่บันทึกไว้ วิธีการเรียกคืน) ในส่วนที่ 6 กล่าวถึงสถานประกอบการ:การบำรุงรักษาและสุขาภิบาล (การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด รายการการทำความสะอาด ระบบการควบคุมสัตว์รบกวน การจัดการเก็บขยะ ประสิทธิผลของการตรวจติดตาม) ในส่วนที่ 7 กล่าวถึงสถานประกอบการ:สุขอนามัยส่วนบุคคล (ภาวะสุขภาพ การเจ็บป่วยและบาดเจ็บ ความสะอาดส่วนบุคคล พฤติกรรมส่วนบุคคล ผู้เยี่ยมชม) ในส่วนที่ 8 กล่าวถึงการขนส่ง (ทั่วไปข้อกำหนด การใช้งานและการบำรุงรักษา) ในส่วนที่ 9 กล่าวถึงข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และการสร้างความเข้าใจให้ผู้บริโภค (สิ่งแสดงรุ่นผลิตภัณฑ์ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ การแสดงฉลาก การให้ความรู้แก่ผู้บริโภค) และในส่วนที่ 10 กล่าวถึงการฝึกอบรม (ความตระหนักและความรับผิดชอบ รายการฝึกอบรม การแนะนำและกำกับดูแล การฝึกอบรมฟื้นฟูความรู้)

2.1.6 ประโยชน์จากการจัดทำมาตรฐาน

- องค์กรเป็นที่ยอมรับเป็นที่น่าเชื่อถือ ลดการเสียชื่อเสียงเนื่องจากการคืนสินค้า
- เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดการสูญเสียจากความผิดพลาดในการผลิต อุบัติเหตุ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในกรณีดังกล่าว
- ยอดขายส่วนแบ่งการตลาดจะเพิ่มมากขึ้น เพราะเป็นที่ยอมรับของลูกค้า เพิ่มความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ ทำให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ซึ่งช่วยสนับสนุนส่งเสริมเศรษฐกิจ
- เป็นรากฐานที่มั่นคงสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการพัฒนาเข้าสู่ระบบคุณภาพ (ISO 9000) และเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างมีประสิทธิภาพ
- มีความเชื่อมั่นว่าสินค้านั้นมีคุณภาพมาตรฐานสม่ำเสมอ เนื่องจากมีการตรวจสอบความถูกต้องในการผลิตทุกขั้นตอน และมีบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรเกี่ยวกับสถานที่ผลิต ผู้ประกอบการจะต้องปฏิบัติถูกต้องตามระเบียบหลักเกณฑ์ของกฎหมาย
- มีผลช่วยลดภาระการกำกับดูแลของภาครัฐ ทำให้ภาครัฐมีโอกาสสนับสนุนส่งเสริมประสานงานด้านวิชาการได้มาก ช่วยส่งเสริมสนับสนุนเศรษฐกิจของประเทศ ด้านการส่งออกเป็นการคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ผู้ปฏิบัติงานปลอดภัย และเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม (http://www.masci.or.th/TH/service/scd/Pages/gmp.aspx)

2.2 ความสำคัญของการบรรจุหีบห่อและหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

ความสำคัญพื้นฐานของการบรรจุหีบห่อสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ข้อหลักๆ คือ

1. เพื่อรวบรวมผลิตผลมาบรรจุรวมกันเป็นหน่วยเดียวกัน เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการขนย้าย และง่ายในการเก็บรักษา ควรมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากเป็นจุดเริ่มแรกของการบรรจุหีบห่อ

2. เพื่อป้องกันการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการขนย้าย และการเก็บรักษา การป้องกันที่ได้ผล จะช่วยลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการกระทบกระแทกและความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับสรีระของผลิตผล หรือผลิตภัณฑ์

3. เพื่อเป็นการบอกรายละเอียดของผลผลิต เช่น คุณภาพ ขนาด แหล่งผลิตและจุดปลายทาง เป็นต้น รายละเอียดดังกล่าวใช้ในการโฆษณาผลิตภัณฑ์ ในบางกรณีช่วยในการค้าและการตลาดง่ายขึ้น (ปุ่น และ สมพร, 2541)

2.2.1 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์อาหาร (Package function)

1. ทำหน้าที่ในการบรรจุ (Containment) ได้แก่ ใส่ยี่ห้อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด หรือนับ

2. ทำหน้าที่ในการป้องกันและรักษาคุณภาพ (Protection and preservation) ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แตกหัก ไหล-ซึม สำหรับการรักษาคุณภาพของสินค้าหรืออาหาร ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุที่ปิดกั้นอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาทางชีวภาพ หรือป้องกันความชื้นจากภายนอก

3. ทำหน้าที่ในการขนส่ง (Transportation) ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งไปยังแหล่งผลิต หรือแหล่งขาย

4. ทำหน้าที่ในการบอกคุณลักษณะและรายละเอียดของสินค้า และส่งเสริมการขาย (Communication and selling) ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางโภชนาการ ส่วนประกอบอาหาร วันที่ผลิต วันหมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) การวางจำหน่าย คือ การทำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ภายในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้าเลย สามารถวางขายหรือวางตั้งได้โดยสินค้าไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งควรคำนึงถึงขนาดที่เหมาะสมกับชั้นวางสินค้าด้วย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย เพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง

5. สามารถผลิตโดยใช้เครื่องมือเครื่องจักร (Machine ability) ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ชนิด retail packages และ transport packages จะถูกออกแบบการผลิตที่รวดเร็ว เพื่อให้คุ้มกับการผลิต ส่วนเครื่องจักรต้องมีการหยุดหรือการชะงักของเครื่องจักรน้อยๆ เพราะจะทำให้สูญเสียบรรจุภัณฑ์และขาดทุนได้

6. ทำหน้าที่ในเรื่องความสะดวกในการใช้ (Convenience and use) ปกติแล้วความประทับใจของผู้บริโภค ในเรื่องของความสะดวกสบายในการใช้สินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด retail packages คือ ต้องเปิดออกได้ง่าย จัดเก็บได้ง่ายหลังจากใช้งาน นอกจากนี้ยังต้องมองถึงขนาดรูปร่าง น้ำหนัก การขนส่ง และการจัดเก็บ อย่างไรก็ตามความสะดวกสบาย ยังต้องมองถึงขั้นตอนอื่นๆ ด้วย คือ ตั้งแต่สายการผลิตบรรจุภัณฑ์ จนกระทั่งถึงการจัดเก็บและการส่งบรรจุภัณฑ์ไปยังลูกค้า และลูกค้าเกิดความพึงพอใจ

2.2.2 วัสดุบรรจุภัณฑ์อาหาร

วัสดุที่นำมาใช้ในการทำบรรจุภัณฑ์อาหาร จำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุนั้นๆ โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ทำให้ความเหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์และประการบรรจุหีบห่อแตกต่างกันไปด้วย เช่น ภาชนะดาษและกระดาษแข็ง ข้อได้เปรียบในเรื่องความเหนียว (Stiffness) ความสามารถในการพิมพ์โฆษณา ในขณะที่ฟิล์มพลาสติกมีข้อดีในเรื่องความใส แสงทะลุผ่านได้ และมีความยืดหยุ่น เป็นต้น ในกรณีของแก้วมีข้อดี คือ ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร และมีความใส เป็นต้น ดังนั้นในการตัดสินใจที่จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดในการบรรจุหีบห่อให้เหมาะสมนั้น นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ โดยอาจเลือกใช้วัสดุชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดร่วมกันก็ได้ เพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่หรือการบรรจุ หีบห่อเป็นไปอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และมีราคาที่เหมาะสมด้วย บรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทมีคุณลักษณะและความเหมาะสมในการบรรจุอาหารแต่ละประเภทแตกต่างกัน การแข่งขันทางการตลาดและความพยายามในการแย่งชิงความพึงพอใจของผู้บริโภค ย่อมทำให้ผู้ประกอบการต่างสรรหาบรรจุภัณฑ์ใหม่ๆ มาแทนที่บรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่ในตลาด ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภท อันได้แก่ บรรจุภัณฑ์ผลิตจากเยื่อ และกระดาษบรรจุภัณฑ์โลหะ บรรจุภัณฑ์แก้ว และบรรจุภัณฑ์พลาสติก

2.2.2.1 บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผลิตจากเยื่อและกระดาษ

อรรถประโยชน์ของการใช้บรรจุภัณฑ์กระดาษมีอยู่มากมาย คุณลักษณะเด่น คือ ความสามารถที่จะพับได้หรือการทับเส้นบนกระดาษมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษประเภทต่างๆ เช่น ถุงและกล่อง เป็นต้น นอกจากนี้ กระดาษเหนียวสีน้ำตาลที่เรียกว่ากระดาษคราฟท์นั้นยังสามารถทนแรงทิ่มทะลุได้ดี ทำให้สามารถนำมาผลิตเป็นถุงขนาด 20 และ 50 กิโลกรัม เพื่อใช้บรรจุแป้ง น้ำตาล เป็นต้น ถุงจำพวกนี้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกระดาษเหนียวสีน้ำตาลหลายชั้นที่เรียกว่า Multiwall Bag บรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทย่อมมีจุดอ่อนและจุดแข็งต่างกัน ข้อเสียเปรียบของบรรจุภัณฑ์กระดาษเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่น คือ ไม่สามารถจะทนต่อความชื้น ก๊าซ และเก็บกลิ่นได้ เนื่องจากรูพรุนของกระดาษ อย่างไรก็ตาม วิวัฒนาการสมัยใหม่ได้ช่วยแก้ไขจุดอ่อนนี้ด้วยการนำกระดาษไปเคลือบกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งไปเคลือบกับเปลวอะลูมิเนียมซึ่งเป็นโลหะ โดยใช้พลาสติกเป็นตัวเชื่อมระหว่างกลาง ทำให้ช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ลุล่วงไปได้

2.2.2.2 บรรจุภัณฑ์อาหารจากกระป๋อง

โลหะสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ความชื้น และแสงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าความนิยมในตลาดจะเปลี่ยนไปใช้วัสดุอื่นในการรักษาคุณภาพของอาหาร เช่น การแช่แข็งหรือวิธีการอื่น ๆ ก็ตาม กระป๋องโลหะก็ยังคงเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญอยู่สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการคงสภาพนาน เนื่องจากสามารถเก็บรักษาถนอมอาหารได้นานถึง 2 ปี คุณลักษณะ

พิเศษอื่นที่มี เช่น ความแข็งแรง (Strength) ความทนทานต่อการพับงอ (Stiffness) และสามารถพับขึ้นรูปได้ตามต้องการรวมทั้งสามารถออกแบบกราฟฟิกให้ดึงดูดความสนใจได้ดี แต่มีข้อเสีย คือ น้ำหนักมาก

2.2.2.3 บรรจุภัณฑ์แก้ว

แก้วเป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาเคมีมากที่สุด และทนต่อการกัดกร่อนหรือปราศจากปฏิกิริยาเคมีของอาหาร จึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ความใสและเป็นประกายของแก้วช่วยให้มองเห็นผลิตภัณฑ์และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ดี ด้วยความแข็งของแก้ว รูปทรงและปริมาตรของแก้วจะไม่เปลี่ยนแม้จะบรรจุด้วยแบบสุญญากาศหรือความดัน บรรจุภัณฑ์แก้วสามารถบรรจุอาหารขณะที่ร้อนหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงได้ แต่ข้อด้อยของแก้ว ก็คือ น้ำหนักที่มาก (2.5 กรัม/ลบ.ซม.) และแตกง่าย แม้ว่าจะเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทั่วๆไป แต่โซเดียมและไอออนชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในแก้วยังสามารถแยกตัวออกมาจากแก้วผสมกับอาหารที่บรรจุภายในได้ การเลือกใช้ขวดทรงกระบอกหรือขวดที่มีภาคตัดขวางเป็นรูปทรงกลมจะผลิตได้ง่ายที่สุดและแข็งแรงที่สุด เนื่องจากการกระจายของเนื้อแก้วได้เท่าๆ กัน ทำให้เนื้อแก้วต่อหน่วยปริมาตรน้อยกว่ารูปทรงอื่น น้ำหนักของขวดทรงกระบอกเปรียบเทียบกับขวดประเภทอื่นที่มีปริมาตรบรรจุที่เท่ากัน นอกจากน้ำหนักและการผลิตที่ง่ายแล้ว ขวดทรงกระบอกยังสามารถวิ่งไปบนสายพานได้อย่างง่ายดาย พร้อมทั้งปิดฉลากได้ด้วยความเร็วสูง ทำให้ประหยัดทั้งต้นทุนบรรจุภัณฑ์และลดค่าใช้จ่ายการบรรจุและติดฉลาก ยิ่งถ้าเป็นขวดทรงกระบอกที่เป่าออกมาเป็นมาตรฐานจะสามารถหาซื้อได้ง่ายด้วยปริมาณสั่งซื้อที่น้อย ด้วยเหตุนี้ขวดทรงกระบอกจึงเป็นขวดที่นิยมมากที่สุด นอกจากตัวขวดแล้ว ส่วนสำคัญที่สุดของบรรจุภัณฑ์ขวด คือ ฝาขวด เนื่องจากตัวขวดแก้วมักจะนำกลับมา ล้างและใช้ใหม่ได้ หัวใจสำคัญของการนำกลับมาใช้ใหม่ คือ ต้องล้างให้สะอาดและทำให้แห้ง ส่วนฝาของจะมีบทบาทสำคัญต่อการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่ว่าจะใช้ขวดเก่าหรือใหม่ การเลือกฝาขวดเริ่มจากการกำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขวด กำหนดลักษณะการปิดและเทคนิคพิเศษต่างๆ ที่มี โดยปกติจะมีการตั้งแรงในการปิดฝาขวด แต่สิ่งต้องหมั่นตรวจสอบ คือ ความยากง่ายในการเปิดหลังจากได้เก็บบรรจุภัณฑ์พร้อมสินค้าปิดผนึกเรียบร้อยไว้ระยะหนึ่งแล้ว เนื่องจากความลำบากในการเปิดฝาขวดนำอาหารออกบริโภคอาจเป็นมูลเหตุสำคัญ ที่จะทำให้ผู้บริโภคปฏิเสธการยอมรับสินค้านั้นอีกต่อไป (ปุ่น และ สมพร, 2541)

2.2.2.4 บรรจุภัณฑ์พลาสติก

ในปัจจุบันนี้มีพลาสติกที่ใช้กันอยู่เป็นร้อยๆจำพวก และแต่ละจำพวกยังอาจแยกตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น ตัวอย่างพลาสติก PE (Polyethylene) สามารถแยกได้ตั้งแต่ LLDPE (Linear Low Density Polyethylene), LDPE (Low Density Polyethylene), MDPE

(Medium Density Polyethylene) และ HDPE (High Density Polyethylene) พลาสติกแต่ละประเภทยังสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ โดยการทำปฏิกิริยากับพลาสติกอีกตัวให้เกิดพลาสติกใหม่เกิดขึ้น นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน จะได้พลาสติกที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น PP กับ OPP เป็นต้น คุณสมบัติของพลาสติกที่นิยมใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร

1. โพลิเอทิลีน (Polyethylene-PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรส์เซชัน (Polymerisation) ของก๊าซเอธิลีน (Ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิสูงโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (Metal Catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น คือ

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910 – 0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941 – 0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้มากและชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควรแต่จุดอ่อนของ LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่วๆ ไป นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ของขบเคี้ยวและของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา คุณภาพอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน

2. โพลิโพรพีลีน (Polypropylene-PP)

PP มักจะรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตามการป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือ มีจุดหลอมเหลวสูงทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารในขณะร้อน (Hot-Fill)

3. โพลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate- PET)

PET บรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเพื่อการบรรจุน้ำอัดลม โดยเฉพาะคุณสมบัติเด่นทางด้านความใสแววววับเป็นประกาย ทำให้ได้รับความนิยมในการบรรจุน้ำมันพืชและน้ำดื่ม นอกจากขวดแล้ว PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันกาซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีคุณสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรงยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดีจุดหลอมเหลว แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบชั้นกับพลาสติกอื่น ๆ นอกจากขวดและฟิล์มแล้ว PET ยังสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นถาด ด้วยการพัฒนา PET ให้โมเลกุลตกผลึก (Crystalline) กลายมาเป็น (CPET หรือ Crystallized วัสดุ PET จะสามารถทนอุณหภูมิได้สูง จึงเหมาะสำหรับทำเป็นถาดบรรจุภัณฑ์อาหารใช้ได้ทั้งเตาอบและเตาไมโครเวฟ พิจารณาจากในแง่ของสิ่งแวดล้อม PET นับได้ว่าเป็นพลาสติกเพียงไม่กี่ประเภท ที่สามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นเม็ดพลาสติกที่เป็นโมโนเมอร์ (Monomer) และทำการผลิตใหม่ได้ด้วยการใช้กระบวนการ Depolymerising วัสดุ PET ที่มีคุณภาพดีและมูลค่าค่อนข้างสูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตสินค้าอย่างอื่นได้ เช่น ในเมืองไทยมีการนำเอาขวด PET น้ำดื่มกลับมาผลิตใหม่เป็นพรม ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ทำให้ขวด PET ได้รับความนิยมใช้มากขึ้น และแย่งตลาดของขวด PVC นอกจากนี้ยังนิยมใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์แบบการ์ด

4. โพลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride - PVC)

PVC เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ โดยการเติมสารเคมีปรุงแต่ง (Additives) ต่างๆ เช่น Plasticizer, Modifier และ Fillers ทำให้ PVC นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ มากกว่าอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โดย PVC มักใช้ในรูปแบบของขวด ฟิล์ม และแผ่น แม้ว่าครั้งหนึ่งเคยมีข่าวจะให้เลิกใช้ PVC ในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากมีสารตกค้างของไวนิลคลอไรด์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดมะเร็งในตับได้ แต่วิวัฒนาการทางด้านการผลิตในปัจจุบัน ทำให้สามารถผลิต PVC ที่มีไวนิลคลอไรด์ตกค้างน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ส่งผลให้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจาก PVC นี้ปลอดภัยสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ในแง่ของการผลิตฟิล์ม PVC จะผลิตยากกว่าฟิล์ม PE หรือ PP จุดเด่นของฟิล์ม PVC คือทนต่อน้ำมันและกันกลิ่นได้ดี ใส แข็งแรงทนทานต่อการเสียดสี ในขณะที่ความต้านทานต่อการซึมผ่านของความชื้นอยู่ในขั้นปานกลาง อุณหภูมิใช้งานของ PVC ไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส และถ้าอุณหภูมิการใช้งานเกินกว่า 137 องศาเซลเซียส จะเริ่มเปลี่ยนคุณภาพ ขวด PVC สามารถใช้แทนที่ขวดแก้ว เนื่องจากเบากว่าและตกไม่แตก แต่ในระยะหลังถูกแย่งตลาดโดยขวด PET เนื่องจากเหตุผลทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังได้กล่าวมาแล้ว ส่วนแผ่น PVC มักใช้กับบรรจุภัณฑ์แบบการ์ด ประเภทบลิสเตอร์แพ็ค เนื่องจากมีความใส และเหนียว

5. โพลิสไตรีน (Polystyrene-PS)

PS พลาสติกจำพวก PS นี้ ใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ โดยการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน เป็นรูปถ้วย ถาด ในกรณีที่มีการเติมสารพองตัว (Blowing Agent) PS จะสามารถผลิตออกมาเป็นโฟม ที่เรียกว่า EPS ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันการสั่นกระแทก (Cushioning) เมื่อทำเป็นฟิล์ม PS จะมีความใสมากแวววับเป็นประกาย แต่เนื่องจากฉีกขาดได้ง่าย และป้องกันการซึมผ่านความชื้นและก๊าซได้ต่ำการใช้ฟิล์ม PS จึงจำกัดอยู่เพียงการใช้ห่อสินค้า เช่น ผลไม้ ดอกไม้ เป็นต้น หรือทำเป็นบลิสเตอร์แพ็ค ถาดที่ขึ้นรูปจากแผ่น PS จะมีความใสและแข็งแรงพอสมควร ในสภาวะปกติ PS จะเปราะจึงมีการพัฒนาด้วยการเติมสาร Butadiene เพื่อเพิ่มความแข็งแรงซึ่งรู้จักกันในนามของ HIPS (High Impact Polystyrene)

ถุงพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม มีทั้งที่ทำจากฟิล์มพลาสติกชั้นเดียวและประเภทหลายชั้นตามร้านที่จำหน่ายอาหารสำเร็จรูป ซึ่งแต่ละรูปแบบมีคุณลักษณะสมบัติและการใช้งานแตกต่างกันดังนี้

1) ฟิล์มพลาสติกเดี่ยว (Single Plastic Film) มักใช้ทำถุงทั่วไป โดยมีราคาไม่สูงมาก เช่น ถุง LDPE หรือถุงเย็น และ ถุง PP หรือถุงร้อน นอกจากนี้ยังนิยมทำเป็นถุงชั้นในในกล่องกระดาษแข็งบรรจุอาหารสำเร็จรูปเพื่อการขายปลีก

2) ฟิล์มพลาสติกประกบ (Laminated Plastic Film) หมายถึง ฟิล์มต่างชนิดกันที่ประกบเข้าด้วยกันหรือฟิล์มพลาสติกที่ใช้ประกบกับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษแผ่นเปลว อะลูมิเนียม รวมทั้งพลาสติกที่ผ่านการเคลือบด้วยไออะลูมิเนียมแล้วนำมาประกบกับฟิล์มพลาสติกอื่นๆ โดยโครงสร้างของฟิล์มพลาสติกประเภทนี้ต้องประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป โดยอาหารที่ใช้บรรจุสำหรับฟิล์มพลาสติกประเภทนี้ คือ อาหารแห้ง เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป อาหารที่ต้องฆ่าเชื้อด้วยความร้อน บะหมี่สำเร็จรูป ขนมขบเคี้ยว อาหารที่ใช้ไขมันสูง อาหารแช่แข็ง เนื้อแปรรูป ปลาเค็ม ซึ่งบรรจุด้วยระบบสุญญากาศ อาหารว่างและผักดอง (ต้มฆ่าเชื้อได้) เป็นต้น

3) ฟิล์มพลาสติกรีดร่วม (Co-extruded Plastic Film) เป็นฟิล์มหลายชั้นซึ่งประกบด้วยพลาสติกชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยการประกบใช้วิธีรีดให้ติดกัน โดยอาหารที่ใช้บรรจุสำหรับฟิล์มพลาสติกประเภทนี้ คือ เนื้อ ไส้กรอก แฮม ปลา เนยแข็ง คอร์นเฟลก นมผง น้ำมันสลัด และอาหารที่มีไขมันสูง เป็นต้น

บรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารที่ต้องให้ความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัย และการเลือกใช้มากที่สุด โดยเฉพาะใช้ในการบรรจุอาหารร้อน หรือต้องไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งอาจเป็นกระบวนการฆ่าเชื้อ การปรุงสุก หรือการอุ่นอาหารพร้อมกับบรรจุภัณฑ์อันตรายจากภาชนะไปสู่อาหาร การแพร่กระจายนี้ จะขึ้นกับชนิดของอาหารและพลาสติกที่ใช้ พร้อมทั้งสภาวะบรรยากาศที่อยู่รอบบรรจุภัณฑ์ การเลือกใช้พลาสติก ต้องเลือกชนิดที่ไม่ทำ

ปฏิกิริยากับอาหารและเหมาะสมกับการใช้งาน เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ต้องผ่านการอุ่นด้วยการนึ่ง หรือต้ม หรืออุ่นในเตาไมโครเวฟ จะต้องทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี เป็นต้น การแพร่กระจายของสารจะเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อถูกความร้อน ดังนั้น หากผู้ประกอบการไม่แน่ใจในคุณภาพของภาชนะพลาสติกที่ใช้บรรจุอาหาร ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้ หรือทำการทดลองโดยการนำอาหารไม่อุ่นหรือปรุงสุกในบรรจุภัณฑ์พลาสติกถ้าเกิดการอ่อนตัวหรือภาชนะเสียรูปทรง หรือพลาสติกหลอมก็ไม่ควรจะนำบรรจุภัณฑ์นั้นมาบรรจุอาหาร เพราะอาจเกิดอันตรายจากสารปนเปื้อนที่แพร่กระจายมาจากบรรจุภัณฑ์ได้ (ปุ่น คงเกียรติเจริญ และ สมพร คงเกียรติเจริญ, 2541)

2.3 การเน่าเสียของอาหาร

การเน่าเสียของอาหาร คือ การที่อาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้งทางเคมีและทางกายภาพ อาหารมีกลิ่น รสชาติ สี และลักษณะเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป ในบางกรณีมีเมือกและก๊าซเกิดขึ้นด้วย อาหารเสียบางชนิด เช่น ขนมปังและผลไม้ จะมองเห็นการเจริญของเชื้อราได้ชัดเจน และอาหารบางชนิดมีกลิ่นเหม็นเน่า การเน่าเสียของอาหารเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน คือ หนู แมลง นกและเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารเองหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ปัจจัยดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย มีลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ เก็บรักษาไม่ได้ ซึ่งเกษตรกรและประเทศชาติต้องสูญเสียเศรษฐกิจทางด้านนี้ไปเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้อาจไม่ปลอดภัยในการนำอาหารไปบริโภคอีกด้วย ในที่นี้จะเน้นการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่สุด ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เอนไซม์ในอาหารเป็นปัจจัยที่ช่วยให้อาหารเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ เอนไซม์ในอาหารจะย่อยสลายสารอาหารให้อยู่ในสภาพที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้สะดวกขึ้น จุลินทรีย์จึงเจริญอย่างรวดเร็ว เร่งให้อาหารเสียเร็วขึ้นในที่สุด อาหารแต่ละอย่างเกิดการเน่าเสียได้เร็วช้าต่างกัน ถ้าแบ่งอาหารตามความยากง่ายของการเน่าเสียจะแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. อาหารประเภทเน่าเสียยาก คือ อาหารที่มีความคงตัวดี มีปริมาณน้ำน้อยมาก ตัวอย่างเช่น ธัญชาติ ถั่วเมล็ดแห้ง น้ำตาลและแป้ง อาหารประเภทนี้เก็บไว้ได้นานหลายเดือนหรือเป็นปี

2. อาหารประเภทเน่าเสียเร็วปานกลาง คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก เช่น ผักและผลไม้ที่แก่เต็มที่ ถึงแม้ว่าอาหารเหล่านี้จะมีปริมาณน้ำมากก็ตามแต่มีเนื้อเยื่อเกาะยึดกันแน่น และอาหารส่วนใหญ่มีเปลือกหุ้มจึงเก็บไว้ได้เป็นเวลาค่อนข้างนาน ส่วนอาหารบางชนิดจะเน่าเสียภายใน 1 – 2 สัปดาห์

3. อาหารประเภทเน่าเสียเร็ว คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำมาก เช่น ผัก ผลไม้ นมสด เนื้อสัตว์และอาหารทะเล ซึ่งจะเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ภายใน 1 – 2 วันเท่านั้น

อาหารทั้งสามประเภทดังกล่าวมีปริมาณน้ำแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเน่าเสียของอาหาร

2.3.1 สาเหตุของการเกิดอาหารเน่าเสีย

อาหารเน่าเสียมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรือเกิดจากหลายสาเหตุซึ่งทำให้คุณสมบัติของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ อาหารมีลักษณะนิ่ม เน่า มีเชื้อราขึ้น หรือมีกลิ่นรสผิดปกติ ยีสต์ย่อยน้ำตาลเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแบคทีเรียมักทำให้อาหารสด เช่น นมสด เนื้อสัตว์ ปลาและกุ้ง เกิดการเน่าเสียได้ง่าย นอกจากนี้การเน่าเสียของอาหารมีสาเหตุจากทางกายภาพอีกด้วย เช่น เกิดจากการบรรจุและระบบการขนส่ง ทำให้วัตถุดิบมีการแตกหัก มีรอยช้ำ รอยขีดข่วน และมีการฉีกขาดของเซลล์ที่ผิวและเนื้อเยื่อของอาหารด้วย

การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุทางเคมี
2. การเน่าเสียของอาหารเกิดจากจุลินทรีย์

2.3.1.1 การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุทางเคมี

อาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่นั้นมีสาเหตุมาจากเอนไซม์ ที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เอนไซม์ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหาร ถ้าเป็นอาหารกระป๋อง เอนไซม์ไม่มีบทบาทสำคัญในการทำให้อาหารเสีย เนื่องจากกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องมีขั้นตอนทำลายเอนไซม์ อย่างไรก็ตาม ถ้าในกระบวนการแปรรูปอาหารต่าง ๆ ไม่มีการทำลายปฏิกิริยาของเอนไซม์แล้วจะมีผลนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีอันเป็นสภาพที่เกี่ยวกับการเน่าเสียของอาหารอย่างเห็นได้ชัดเจน อาหารทุกชนิดที่มีแหล่งมาจากพืชและสัตว์นั้นมีเอนไซม์เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร เอนไซม์จะทำให้อาหารเกิดการย่อยสลายตัวเอง เช่น ย่อยน้ำตาล โปรตีนและไขมัน เป็นต้น เอนไซม์ในผักและผลไม้ ช่วยทำให้ผักและผลไม้สุก นิ่ม เละ และสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส สำหรับเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ทำให้เนื้อสัตว์นิ่มเช่นกัน และถ้าปล่อยให้เอนไซม์ย่อยสลายต่อไปเรื่อย ๆ อาหารจะเกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น การเสื่อมคุณภาพของอาหาร เช่น การเหม็นหืนและการเกิดสารสีน้ำตาลก็เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเช่นกัน ดังนั้น ถ้าต้องการเก็บรักษาอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน ควรทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารนั้นเสียก่อนเช่น การใช้ความร้อนในการลวกหรือหุงต้มก็เพียงพอที่จะยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ ในบางกรณีสามารถใช้ความเย็น เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์และป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2.3.1.1.1 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

อาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมากมายหลายชนิดมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล มีทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณภาพอาหาร ดังนั้นการเข้าใจถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยานี้ จึงมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเป็นอย่างมาก ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่สลับซับซ้อน เพราะไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ (primary reaction) แต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) หลายๆ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นร่วมกัน และให้สารสีน้ำตาลที่ผันแปรไปตามชนิดของอาหาร ถึงแม้จะเป็นอาหารชนิดเดียวกันก็ตาม ตัวอย่างเช่น การปอกมันฝรั่งจะเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ ทำให้เกิดเป็นสีแดง น้ำตาล หรือดำก็ได้ หรือเห็ดจะเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์เปลี่ยนเป็นสีชมพู น้ำตาล เทา ม่วง หรือดำก็ได้เช่นกัน ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลนี้ยังอาจเกิดขึ้นในวัตถุดิบที่มีการเติมวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก ซึ่งจะถูกออกซิไดส์เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิกแล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลได้ โดยอาศัยปฏิกิริยาที่เอนไซม์เป็นตัวอย่าง เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผลไม้และผักหลายชนิด ได้แก่ แอปเปิ้ล ท้อ สาลี่ กล้วย องุ่น มันฝรั่ง เห็ด มะเขือ ผักสลัด ใบชา และเมล็ดกาแฟ รวมทั้งอาหารทะเลบางชนิด เช่น กุ้ง ปู และกุ้งมังกร เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาลจะทำให้อายุการวางจำหน่ายสั้นลง และปฏิกิริยานี้ยังอาจทำให้เกิดปัญหากับผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งและแช่เยือกแข็งอีกด้วย ข้อดีของปฏิกิริยานี้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีสี กลิ่น และรสชาติดีขึ้น เช่น การอบแห้งลูกเกด ลูกพรุน และอินทผลัม การคั่วเมล็ดกาแฟ และการหมักใบชา ซึ่งต้องการให้เกิดสีน้ำตาล ช่วยมีกลิ่นและรสชาติดี การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ไม่ให้เกิดในผักและผลไม้บางชนิดทำได้โดยการลวก เพื่อยับยั้งเอนไซม์ PPO แต่วัตถุดิบบางชนิดหากนำไปลวกจะมีผลกระทบต่อกลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส เช่น ผลไม้และหัวหอม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เมื่อเกิดในอาหารจะทำให้อาหารมีสีเปลี่ยนไป และยังทำให้รสชาติของอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปด้วย อาหารจึงมีคุณภาพลดลงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้ทำได้หลายวิธี จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น

1. ใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลส เช่นการลวกผักด้วยไอน้ำ

2. ใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลส

3. เติมสารรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นประมาณ 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์

4. กำจัดออกซิเจน โดยใช้ภาชนะบรรจุที่อากาศผ่านเข้าไปไม่ได้ หรือลดความดันของอากาศให้ต่ำกว่า 380 ทอร์ หรือเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำมากๆ

5. ทำให้การเปลี่ยนแปลงของสับสเตรตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

การยับยั้งเอนไซม์อาจใช้ 2-3 วิธีร่วมกันก็ได้ แต่การลวกด้วยไอน้ำใช้กับผลไม้ไม่ได้ เพราะจะทำให้ผลไม้บางชนิดมีกลิ่นผิดปกติ และทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง อย่างไรก็ตาม สามารถใช้ความร้อนยับยั้งเอนไซม์ในน้ำผลไม้และเนื้อผลไม้ตีป่น หรือเติมกรดแอสคอร์บิกลงไปให้ทำปฏิกิริยากับ*ออร์โท*-ดิวิโน เพื่อเปลี่ยนแปลงกลับเป็น*ออร์โท*- ไดฟีนอล ดังสมการ

4-เมทิล-ออร์โท-เบนโซควิโนน+กรดแอสคอร์บิก ⟶ 4-เมทิลแคตีคอล+กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก

เอนไซม์ PPO จะถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ในการทำลายเอนไซม์ PPO และควรมีการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ในการทำลายเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลสในผักหรือผลไม้แต่ละชนิด และภายหลังการลวกแล้ว ต้องทำให้ผักและผลไม้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารไว้ให้ดีที่สุด

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสารเคมีที่ยับยั้งเอนไซม์ PPO หรือฟีนอเลสได้ดีที่สุด และเป็นการยับยั้งแบบถาวรไม่กลับคืน นิยมใช้กับผลไม้อบแห้ง เช่น ลูกเกด แต่มีข้อเสีย คือ ทำให้เกิดกลิ่น ถ้าใช้มากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และทำให้ผู้บริโภคบางคนเกิดอาการแพ้ได้ เช่น ทำให้เกิดอาการหอบหืด ดังนั้นคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้กำหนดปริมาณซัลไฟต์ที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และให้บ่งบอกไว้บนอาหารด้วย ปัจจุบันได้มีการศึกษาหาสารเคมีชนิดอื่นที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยเฉพาะปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2.3.1.1.2 การเหม็นหืนของไขมัน (Rancidity)

การเหม็นหืนของไขมัน หมายถึง การที่ไขมันมีกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมัน เช่น นม เนย ขนมเค้ก ฯลฯ ล้วนเหม็นหืนได้ทั้งสิ้น การเหม็นหืนอาจเกิดจากการที่อาหารเก็บไว้ในภาชนะเปิด ทำให้ดูดกลิ่นของสารอื่นในอากาศเข้าไป หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี 3 แบบดังนี้

1. การเหม็นหืนเนื่องจากออกซิเจน (Oxidation Rancidity) กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์

(Hydroperoxide) ปฏิกิริยาที่กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวรวมกับออกซิเจนนี้ เรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นแรกนั้นเป็นการเกิดราดิคัลอิสระ (free radical) โดยที่ไฮโดรเจนอะตอมที่เกาะกับคาร์บอนอะตอมที่อยู่ถัดจากคาร์บอนอะตอมที่มีพันธะคู่หลุดออกไป เนื่องจากได้รับพลังงาน แหล่งของพลังงานก็คือ ความร้อนและแสง เมื่อเกิดราดิคัลอิสระแล้ว ออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับราดิคัลอิสระเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์ชนิดกัมมันต์ (activated peroxide) เปอร์ออกไซด์ชนิดกัมมันต์นี้จะรวมกับไฮโดรเจนจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และราดิคัลอิสระขึ้นอีก ปฏิกิริยาการเกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นี้ จะเกิดขึ้นเรื่อยๆเหมือนปฏิกิริยาลูกโซ่ ทำให้ได้สารจำนวนมาก สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารที่ไม่อยู่ตัวจะสลายตัวให้สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนน้อยลง รวมไปถึงสารจำพวกกรดอัลดีไฮด์และคีโตน สารเหล่านี้ระเหยได้และทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในอาหาร เนื่องจากแสงเป็นตัวการที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (prooxidant) ดังนั้นควรเก็บไขมันและอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำมันไว้ในที่มืด นอกจากนี้โลหะบางชนิด เช่น ทองแดงและเหล็ก เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) ที่เป็นตัวคะตะไลส์เช่นเดียวกัน ในเนื้อสัตว์ เหล็กที่ถูกปล่อยออกมาจากโมเลกุล เฮโมกลบินในเนื้อที่ปรุงเป็นอาหารก็เป็นคะตะไลส์ที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนได้เช่นกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเหม็นหืนเนื่องจากออกซิเจนได้แก่

1. ชนิดของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในไขมัน ถ้าไขมันมีกรดไขมันที่มีพันธะหลายแห่ง จะเกิดการเหม็นหืนได้ดีกว่าไขมันที่มีกรดไขมันซึ่งมีพันธะคู่เพียงแห่งเดียว เช่น ไขมันที่มีกรดไลโนเลนิคจะเหม็นหืนเร็วกว่าไขมันที่มีกรดโอเลอิค

2. ออกซิเจนในอากาศ ดังนั้น ควรเก็บไขมันในภาชนะที่ปิดสนิท อากาศเข้าไม่ได้

3. ความร้อนและแสงสว่าง ช่วยเร่งให้การเหม็นหืนเกิดรวดเร็วขึ้น ดังนั้น ควรเก็บไขมันไว้ในที่เย็น

4. โลหะ โดยเฉพาะทองแดงและเหล็กช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ดังนั้นภาชนะที่บรรจุน้ำมันต้องไม่ใช่เหล็กหรือทองแดง ควรเป็นสแตนเลสหรืออะลูมิเนียม เป็นต้น

5. น้ำมันสัตว์มีกลิ่นเหม็นหืนเร็วกว่าน้ำมันพืช ถึงแม้ว่าน้ำมันพืชจะมีปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมากกว่า แต่น้ำมันพืชมีวิตามินอี ซึ่งเป็นสารป้องกันการเติมออกซิเจนหรือเป็นวัตถุกันหืน (antioxidant) อยู่แล้วตามธรรมชาติ

2. การเหม็นหืนเนื่องจากน้ำ (hydrolytic rancidity) เกิดจากการที่โมเลกุลของไขมัน (ไตรกลีเซอไรด์) ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในไขมันและเมื่อมีน้ำอยู่ด้วยกันจะได้กรดไขมัน ถ้ากรดไขมันที่ได้มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดบิวไทริค จะทำให้เกิดกลิ่นขึ้น เอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารที่มีไขมันมักถูกทำลายด้วยความร้อน การเหม็นหืนชนิดนี้ป้องกันได้ โดยใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์และระวังอย่าให้น้ำปนในไขมัน

3. การเหม็นหืนเนื่องจากการเกิดสารพวกคีโตน (ketonic rancidity) เกิดกับกรดไขมันที่อิ่มตัวโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ ซึ่งมาจากเชื้อราต่างๆ เชื้อราจะผลิตสารที่ทำให้เกิดกรดไขมันอิ่มตัว เกิดสารจำพวกคีโตนขึ้น ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่น เนื่องจากการเหม็นหืนชนิดนี้เกิดจากเชื้อรา ดังนั้น การป้องกันการเหม็นหืน จึงต้องกำจัดสิ่งที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของเชื้อรา เช่น ความชื้น อากาศ เป็นต้น (ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง, 2530)

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว อิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารทีมีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)
2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้โปรดักต์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร

เนื่องจากลิพิดที่อยู่ในอาหารเป็นองค์ประกอบ เป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ มากมาย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่นๆในอาหารอาจทำหน้าที่ร่วมออกซิไดส์ (coxoxidize) หรือทำปฏิกิริยากับลิพิดที่ถูกออกซิไดส์แล้ว หรือโปรดักต์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้น ปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของลิพิด จึงเกิดต่อเนื่องและค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชันมีดังนี้

1. ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากชนิดของไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราเร็วของการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า ดังนี้ กรดอะราดิโดนิก: กรดลอโนเลนิก : กรดลิโนเลอิก: กรดโอเลอิก = 40:20:10:1 กรดไขมันที่อยู่ในรูปซิสไอโซเมอร์เกิดออกซิไดส์ได้เร็วกว่า ทรานส์ไอโซเมอร์ และตำแหน่งที่เป็น conjugate double bond จะเกิดได้ไวกว่า nononjugatd double bond การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันชนิดอิ่มตัว จะไม่เกิดออโตออกซิเดชัน จะเกิดเฉพาะไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ก็เกิดออโตออกซิเดชันได้บ้าง

2. กรดไขมันอิสระ กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะถูกออกซิไดส์ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

3. ความเข้มข้นของออกซิเจน ในภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน อย่างไรก็ดีผลของออกซิเจน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน

4. อุณหภูมิ อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความดันย่อยของออกซิเจน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงความดันย่อยของออกซิเจน จะมีอิทธิพลเล็กน้อยต่ออัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน เพราะการละลายของออกซิเจนในลิพิดและน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

5. พื้นที่ผิว อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อพื้นที่ผิวของลิพิดที่สัมผัสกับอากาศ ดังนั้น หากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้นการเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้น สำหรับอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเข้าไปยังส่วนที่เป็นน้ำมัน

6. ความชื้น อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน ขึ้นอยู่กับค่า a_w อาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิปิดให้เกิดน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อค่า a_w เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 0.55 – 0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์และออกซิเจน

7. การเกิดอิมัลซิฟิเคชัน ในอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หยดน้ำมันจะกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำเข้าไปยังหยดน้ำมันผ่านชั้นระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ชนิดและความเข้มข้นของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ ขนาดของอนุภาคหยดน้ำมัน พื้นที่ผิวของ interface ความหนืดของตัวกลางที่เป็นน้ำ ค่าพีเอช ส่วนประกอบและ porosity ของตัวกลาง

8. Pro-oxidants แร่ธาตุหรือโลหะบางชนิด เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และนิกเกิล มีสมบัติเป็น Pro-oxidants ได้ ที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 ส่วนต่อล้านส่วน ซึ่งจะเร่งอัตราการเกิดออกซิเดชันได้ แร่ธาตุหรือโลหะเหล่านี้ได้มาจากดินที่ปลูกพืช และปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันพืชหรือมาจากสัตว์ และอุปกรณ์โลหะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและเก็บรักษา

9. Radiant energy แสงและรังสีต่างๆ เช่น visible light และอัลตราไวโอเลต และแกมมาเรดิเอชัน มีผลช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น

10. สารต้านออกซิเดชัน สารต้านออกซิเดชันจะช่วยยับยั้ง หรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งมีทั้งสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอีในน้ำมันพืช และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารสังเคราะห์และอนุญาตให้เติมลงในอาหารได้ เช่น โพรพิลแกเลต BHA และ BHT เป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2.3.1.1.3 ผลกระทบของเอนไซม์ต่อคุณภาพของอาหาร

1. ผลกระทบของเอนไซม์ต่อคุณค่าทางโภชนาการ

เอนไซม์ลิพอกซิจิเนสจะออกซิไดส์ กรดไขมันจำเป็น หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทำให้มีปริมาณลดลงและเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งจะทำให้แคโรทีนอยด์ วิตามินอี วิตามินซี และกรดโฟลิก ในอาหารลดลงด้วย อนุมูลอิสระยังทำลายกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ไทโรซีน ซิสเตอีน ทริพโตเฟน และฮิสติดีน ทั้งที่อยู่ในรูปอิสระและที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน วิตามินซียังถูกทำลายได้ด้วยเอนไซม์กรดแอสคอร์บิกออกซิเส นอกจากนี้ในอาหารบางชนิด ยังมีเอนไซม์ไทอะมิเนส ซึ่งทำลายวิตามินบีหนึ่ง และจุลินทรีย์บางชนิดมีเอนไซม์ไรโบฟลาวินไฮโดรเลสที่ทำลายวิตามินบีสอง และพอลิฟีนอลออกซิเดสที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งจะทำลายกรดอะมิโนไลซีนเป็นการลดคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2. ผลกระทบของเอนไซม์ต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติ ของอาหาร

สารเคมีที่ให้กลิ่นและรสชาติของอาหารเป็นผลรวมของสารต่างๆ มากมายหลายชนิดซึ่งยากที่จะแยกออกมาชี้ชัดได้แน่นอนว่าประกอบด้วยสารชนิดใด เป็นปริมาณเท่าใด และยังไม่มีเครื่องมือใดที่สามารถจะสังเคราะห์สารให้กลิ่นได้เหมือนกับที่เกิดขึ้นในอาหารโดยธรรมชาติ เอนไซม์ทำให้อาหารเกิดกลิ่นผิดปกติได้ โดยเฉพาะระหว่างการเก็บรักษาอาหาร เช่น ผักแช่เยือกแข็งที่ผ่านการลวกที่เหมาะสม ได้แก่ ถั่วต่างๆ ข้าวโพด บรอคโคลี และดอกกะหล่ำซึ่งเมื่อเก็บรักษาไว้จะเกิดกลิ่นผิดปกติได้ เนื่องจากมีเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและ ลิพอกซิจิเนสเหลืออยู่ในเนื้อเยื่อพืช ดังนั้นการลวกต้องแน่ใจว่าทำลายเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์ มิฉะนั้นจะทำให้อาหารมีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นได้

2.3.1.2 การเน่าเสียของอาหารเกิดจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก พบกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ ดิน น้ำ อาหารและอุปกรณ์สำหรับใช้ประกอบอาหาร รวมทั้งตามมือและทางเดินอาหารของคนและสัตว์ จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญมากในวงการอุตสาหกรรมอาหาร เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียหรือเกิดโรคอาหารเป็นพิษระบาด อาหารส่วนใหญ่ในแต่ละฤดูกาลมีมากเกินกว่าจะบริโภคให้หมดได้ มีการเน่าเสียเกิดขึ้นจนกระทั่งต้องทิ้งไป ก่อให้เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจมากมาย อาหารสดที่ได้จากพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับสัตว์ ซึ่ง

จะมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากถูกฆ่า จุลินทรีย์ซึ่งปนเปื้อนอยู่ในอาหารต้องการพลังงาน เริ่มด้วยการใช้เอนไซม์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในเซลล์ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาหาร จากนั้นจึงนำสารต่าง ๆ ที่ย่อยสลายได้แล้วนั้นไปใช้ เพื่อการอยู่รอดการเจริญและการขยายพันธุ์ต่อไป อาหารที่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะมีการเสื่อมคุณภาพ มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เช่น อาหารประเภทโปรตีน ได้แก่ กุ้ง ปลาและเนื้อสัตว์ จะมีกลิ่นเหม็น ส่วนอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบสำคัญจะมีกลิ่นหมักและรสเปรี้ยวเกิดขึ้น ปัจจุบันนี้ประเทศเราต้องการเก็บรักษาอาหารให้ได้นานเพื่อการส่งออก อุตสาหกรรมอาหารกำลังก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วและทำรายได้ให้แก่ประเทศชาติเป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้เองจึงควรหาวิธีป้องกันไม่ให้ผลิตผลทางเกษตรเกิดการเน่าเสียก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการแปรรูป

1. ชนิดจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้อาหารเสียมี 3 ประเภท ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา ซึ่งจะได้กล่าวอย่างละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก หน่วยที่ใช้วัดขนาดของแบคทีเรีย คือ ไมโครเมตร (μm) หรือไมครอน 1 ไมครอนมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนใน 1000 มิลลิเมตร แบคทีเรียโดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับอาหารมีขนาด 0.5-2.0 x 2.0-10 ไมครอน ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมองเห็นแบคทีเรียมีรูปร่างต่าง ๆ เช่น รูปทรงกระบอก เป็นแท่งรูปกลมซึ่งอาจวางตัวเกาะเรียงกันเป็นสายหรือเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่นและบางชนิดมีรูปร่างเป็นเกลียว เป็นต้น แบคทีเรียทั่วไปมีทั้งในสภาพที่กำลังเจริญ ซึ่งสามารถย่อยสลายอาหารได้ดี และในสภาพพักตัวหรือเรียกว่าระยะสปอร์ซึ่งเป็นสภาพที่ยากแก่การทำลายเซลล์แบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกทำลายโดยการพาสเจอไรซ์หรือที่อุณหภูมิน้ำเดือด แต่ในสภาพสปอร์สามารถทนต่อการต้มที่ 100°ซ ได้เป็นเวลานานถึง 16 ชั่วโมง แบคทีเรียมีทั้งชนิดที่สร้างสปอร์และไม่สร้างสปอร์ ชนิดที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต แบคทีเรียเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวตามขวางอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าทุก ๆ 30 นาที คือ แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนจาก 1 เซลล์เป็น 2 เซลล์ ดังนั้น ถ้าในอาหารมีแบคทีเรียปนเปื้อนเพียง 1 เซลล์ภายในเวลา 10 ชั่วโมงเท่านั้นจะมีจำนวนแบคทีเรียมากกว่าหนึ่งล้านเซลล์ อาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนประมาณหนึ่งล้านเซลล์ จะมีการเน่าเสียเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนในกรณีที่อาหารปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียชนิดเป็นพิษในอาหาร แบคทีเรียดังกล่าวจะย่อยสลายสารอาหารและเพิ่มจำนวนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งเพียงพอที่จะ

ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ หรือโรคระบบทางเดินอาหารเกิดขึ้นกับผู้บริโภคแบคทีเรียต่างชนิดที่ก่อให้เกิดอันตรายนั้นมีจำนวนต่างกัน (สุวิมล กีรติพิบูล, 2545)

1.2 ยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย ส่วนใหญ่ขยายพันธุ์โดยการแตกหน่อที่ปลายของเซลล์เมื่อโตเต็มที่ ก็จะหลุดออกจากเซลล์แม่ทันทีหรืออาจแตกหน่อต่อไปได้อีกยีสต์ที่พบมากได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* ยีสต์ เจริญได้ดีในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมาก เช่น น้ำผลไม้ และชอบอาหารที่มีรสเปรี้ยว จึงทนต่ออาหารที่มีกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย สปอร์ของยีสต์ไม่ทนต่อความร้อน อุณหภูมิเพียง 77 องศาเซลเซียสเท่านั้นก็สามารถทำลายสปอร์ของยีสต์ได้ เป็นคุณสมบัติที่ตรงกันข้ามกับสปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งทนต่อความร้อนได้ดีมาก อาหารที่เกิดการเสียจากยีสต์มักมีกลิ่นหมัก มีเมือกและฝ้าเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้า สำหรับเครื่องดื่มจะขุ่นและมีฟองก๊าซเกิดขึ้น ยีสต์มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถใช้เอนไซม์ย่อยกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการถนอมอาหาร เช่น กรดแล็กทิก กรดซิตริก และกรดแอซีติกได้ เมื่อยีสต์ใช้กรดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว กรดจะมีความเข้มข้นลดลงเป็นผลไม้อาหารนั้น มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิดที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียได้ อาหารที่เกิดการเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียจากยีสต์ส่วนใหญ่ ได้แก่ อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมาก เช่น แยม น้ำเชื่อม และผลไม้แห้ง ซึ่งเกิดจาก *Saccharomyces rouxii* และ *Shizosaccharomyces octosporus* นอกจากนี้อาหารที่มีปริมาณเกลือมาก เช่น ผักดอง แฮม เบคอน และเนื้อเค็ม มักเกิดการเสื่อมคุณภาพจากยีสต์ได้เช่นกัน ส่วนมากเกิดจาก *Hansenula, Saccharomyces* และ *Torulopsis*

1.3 เชื้อรา

เชื้อรา เป็นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่ผู้ประกอบการอาหารและผู้บริโภครู้จักดี พบอยู่ทั่วไปมีรูปร่างลักษณะและสีต่าง ๆ กัน มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เซลล์ของเชื้อรามีรูปร่างติดต่อกันเป็นเส้นใยและสร้างสปอร์ขึ้นที่ปลายของเส้นใย ทำหน้าที่สำหรับขยายพันธุ์ สปอร์มีหลายสี เช่น เหลือง เขียว น้ำตาล และดำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อรา ตัวอย่างเชื้อราที่เป็นสาเหตุของอาหารเสีย ได้แก่ เพนนิซิลเลียม (*Penicillium*) แอสเพอร์จิลลัส (*Aspergillus*) และไรโซพัส (*Rhizopus*) เชื้อรานอกจากจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ผักผลไม้และอาหารแห้งเน่าเสีย มีสีและกลิ่นผิดปกติแล้ว ยังมีเชื้อราบางชนิด คือ Aspergillus flavus ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ถั่วลิสงหรือข้าวโพดที่มีความชื้นมากหรือมีรอยแตก เชื้อราชนิดดังกล่าวจะเจริญได้ดีและสร้างสารเป็นสารพิษอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ขึ้น แล้วปล่อยให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้ออาหาร อะฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่ทนความร้อนได้สูงมากกว่า 260 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ใช้ในการหุงต้มธรรมดาไม่สามารถทำลายสารพิษชนิดนี้ได้ สารพิษนี้ถูกกำจัดหรือทำลายให้หมดได้ยากมาก

อีกทั้งเมื่อปนอยู่ในอาหารแล้วก็ยากแก่การสังเกตอีกด้วย เมื่อคนเราบริโภคอาหารที่มีอะฟลาทอกซินเข้าไปก็จะก่อให้เกิดอันตราย ถ้าได้รับสะสมเป็นปริมาณมากจะเป็นโรคมะเร็งตับและอาจถึงแก่ชีวิตได้ ทางองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้กำหนดขีดความปลอดภัยของสารอะฟลาทอกซินไว้ที่ 200 ppb (part per billion หรือหนึ่งส่วนในล้านล้านส่วน) โดยทั่วไปเชื้อราเจริญได้ช้ากว่ายีสต์และแบคทีเรีย ดังนั้น ในอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเน่าเสีย ในระยะแรกเชื้อราเจริญได้ช้า แต่หลังจากที่เชื้อราผ่านช่วงแรกไปแล้วก็จะเจริญต่อไปได้อย่างรวดเร็ว ดังที่เห็นได้จากอาหารที่มีเชื้อราปนเปื้อนอยู่เพียงเล็กน้อย หลังจากทิ้งไว้เพียงหนึ่งหรือสองวันจะเห็นเชื้อราขึ้นเต็มไปหมด เชื้อราเป็นปัญหาในอุตสาหกรรมอาหารมาก เนื่องจากสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีเช่น ในอาหารที่มีความชื้นเพียงเล็กน้อยหรือในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกรด เชื้อราก็สามารถเจริญและทำให้อาหารเสียได้ การเน่าเสียของผักและผลไม้ส่วนใหญ่มักเริ่มจากเชื้อราเข้าไปย่อยสตาร์ชและน้ำตาล เอนไซม์ต่างๆ จากเชื้อรา เช่น ทรานเซลิมิเนส (transeliminase) และเอสเทอเรส (esterase) ไปทำลายเนื้อเยื่อของ พืช เซลลูเลส (cellulase) มีหน้าที่ย่อยผนังเซลล์ของผักและผลไม้ ส่วนโปรตีเอส (protease) อะมิเลส (amylase) และเอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งย่อยคาร์โบไฮเดรตนั้น ทำหน้าที่ทำลายโพรโทพลาสซึมภายในระยะเวลาเพียงไม่กี่วันเชื้อราก็สามารถทำลายโครงสร้างของผักและผลไม้ได้เกือบหมด การเจริญของเชื้อราในผักและผลไม้โดยทั่วไปจะทำให้เนื้อเยื่อของพืชแตกสลายและเกิดการเน่าเสีย นอกจากเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผักและผลไม้เน่าแล้ว เชื้อรายังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ขนมปังและผลิตภัณฑ์เบเกอรีเสื่อมคุณภาพอีกด้วย ผลิตภัณฑ์เบเกอรีมีกลิ่นอับ มีกลิ่นเชื้อราและสามารถมองเห็นโคโลนีของเชื้อราได้ชัดเจนอีกด้วยเชื้อราชนิดที่เป็นสาเหตุสำคัญทำให้อาหารต่าง ๆ เกิดการเน่าเสียได้แก่ *Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Cladosporium, Fusarium* และ *Mucor* ส่วนการเสียของอาหารแห้งทุกชนิดมักเกิดจากเชื้อราที่ทนต่อสภาพความแห้งได้ดี คือ *Xeromyces biosporus* ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในวงการอุตสาหกรรมอาหาร มากมาย (สุวิมล กีรติพิบูล, 2545)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของจุลินทรีย์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ประกอบการผลิตอาหารจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารทุกชนิด เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสามารถเจริญได้ดีที่สุด ฉะนั้นความรู้เรื่องปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์นั้นมีประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในการทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ เป็นการยับยั้งการเจริญหรือทำลายจุลินทรีย์ เพื่อช่วยป้องกันการเกิดการเน่าเสียของอาหาร และอันตรายที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ได้ ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของจุลินทรีย์มีดังนี้

1. อาหาร
2. วอเทอร์แอกทิวิตี (water activity, a_w)

3. อุณหภูมิ
4. pH ของอาหาร
5. ปริมาณออกซิเจน
6. สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

1. อาหาร

จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการอาหารแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียชนิดที่มีเอนไซม์ดีคาร์บอกซิเลส (decarboxylase) และดีอะมิเนส (deaminase) จะย่อยสลายกรดอะมิโนของเนื้อสัตว์ให้สลายตัวเป็นสารที่มีกลิ่นเหม็น สำหรับเชื้อราบางชนิดมีเอนไซม์อะมิเลส (amylase) เพกทิเนส (pectinase) และโปรตีเอส (protease) ฉะนั้นเชื้อราจึงเจริญได้ในอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรต เพกทินและโปรตีนเป็นส่วนประกอบ การเน่าเสียของอาหารประเภทต่าง ๆ จะเริ่มด้วยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอาหารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยและละลายน้ำได้ง่าย ก่อนที่จะย่อยสารประกอบอื่นๆ กล่าวคือ แบคทีเรียส่วนใหญ่มักใช้กลูโคสและสารประเภทคาร์โบไฮเดรตก่อนสารชนิดอื่น

2. วอเทอร์แอกทิวิตี

ปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งที่มีต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องการความชื้นหรือน้ำมากกว่ายีสต์และเชื้อรา อาหารแต่ละชนิดจะเสียเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์หรือที่เรียกว่า วอเทอร์แอกทิวิตี (a_w) อาหารที่มีปริมาณน้ำมากจัดอยู่ในประเภทที่มีค่า a_w สูง ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1.00 ได้แก่ อาหารสดทั้งหลาย เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และผักสด เป็นต้น อาหารที่จัดอยู่ในจำพวกอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food, IMF) มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.6-0.9 ได้แก่ แยม ทุเรียนกวน และกุ้งแห้ง เป็นต้น ส่วนอาหารที่มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ได้แก่ อาหารแห้ง ธัญชาติ นมผง และกาแฟ ซึ่งเกิดการเน่าเสียได้ยาก สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน

จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญได้ในอาหารที่มี a_w ต่างกัน แบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่า a_w สูง ส่วนยีสต์และเชื้อรานั้นทนต่อสภาพที่ a_w ต่ำได้ดีกว่า นั่นคือ การเน่าเสียของอาหารแห้งส่วนใหญ่จึงเกิดจากเชื้อรา จุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีความสำคัญในอาหารสามารถเจริญในอาหารที่มี a_w ขั้นต่ำสุดแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของ a_w ขั้นต่ำสุดกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดจุลินทรีย์	Aw ขั้นต่ำสุด
แบคทีเรีย	0.91
ยีสต์	0.88
เชื้อรา	0.80
แบคทีเรียชนิดทนเกลือได้ดี	0.75
เชื้อราชนิดทนแห้งได้ดี	0.61
ยีสต์ชนิดทนน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงได้ดี	0.60
Achromobacter	0.96
Aerobacter aerogenes	0.95
Bacillus subtills	0.95
Clostridium botulinum	0.95
Escherichia coli	0.96
Pseudomona	0.97
Staphylococcus aureus	0.86
Saccharomyces rouxii	0.62
Salmonella	0.95

ที่มา: สุวิมล กีรติพิบูล (2545)

3. อุณหภูมิ

แบคทีเรียแต่ละประเภทมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญต่างกัน สามารถแบ่งกลุ่มแบคทีเรียตามอุณหภูมิที่แบคทีเรียเจริญได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. ไซโครไฟล์ (Psychrophile) หมายถึงแบคทีเรียที่ชอบความเย็น เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ –5 ถึง 5 องศาเซลเซียส และเจริญได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 12-15 องศาเซลเซียส

2. มีโซไฟล์ (Mesophile) หมายถึงแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับอาหารมักอยู่ในประเภทมีโซไฟล์นี้

3. เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) หมายถึง แบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส

4. ไซโครโทรพ (Psychrotroph) หมายถึงกลุ่มแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า –5 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางคือ 20-30 องศาเซลเซียส

แบคทีเรียแต่ละประเภทมีช่วงอุณหภูมิที่สามารถเจริญได้แตกต่างกัน เชื้อราส่วนใหญ่จัดอยู่ในพวกมีโซไฟล์ คือ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิที่ 25-30 องศาเซลเซียส แต่มีเชื้อราบางชนิด เช่น

Aspergillus สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า คือ ประมาณ 30-35 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีเชื้อราอีกมากที่ทนความเย็นได้ดี สามารถเจริญได้ในอาหารที่เก็บไว้ในตู้เย็น *Cladosporium herbarum* เป็นเชื้อราที่สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีมาก คือ เจริญได้ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส (สุวิมล กีรติพิบูล, 2545)

4. ความเป็นกรด-เบสของอาหาร

pH ของอาหารมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญและการทำลายจุลินทรีย์ โดยทั่วไปแบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH ในช่วง 5.5 – 7.0 แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่ทนต่อกรด จึงเจริญได้ดีเฉพาะในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียบางชนิด เช่น แล็กทิกแบคทีเรีย เจริญได้ในอาหารที่เป็นกรด เช่น แหนมและนมเปรี้ยว เป็นต้น ส่วนยีสต์และเชื้อราเจริญได้ในอาหารที่มี pH ต่ำหรืออาหารที่มีรสเปรี้ยว pH ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในแง่ที่นำไปใช้ประกอบการพิจารณาถึงอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้สำหรับทำลายจุลินทรีย์ในการผลิตอาหารกระป๋อง จึงได้แบ่งประเภทของอาหารตามสภาพความเป็นกรดของอาหารได้ 2 ประเภท คือ

1. อาหารที่มีสภาพเป็นกรด มี pH < 4.6 และ a_w > 0.85
2. อาหารที่มีสภาพเป็นกรดต่ำ มี pH < 4.6 และ a_w > 0.85

pH เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้ถึงความต้านทานความร้อนของแบคทีเรีย แบคทีเรียที่อยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือมีค่า pH ต่ำจะทนความร้อนได้น้อยกว่าแบคทีเรียที่อยู่ในอาหารที่มี pH สูง และสปอร์ของคลอสทริเดียมจะไม่งอกในอาหารกระป๋องที่มี pH ต่ำกว่า 4.6 ฉะนั้นในกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องประเภทที่มี pH ต่ำกว่า 4.6 จึงไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากก็สามารถเก็บรักษาอาหารได้และปลอดภัยจากแบคทีเรียชนิดเป็นพิษอีกด้วย

5. ปริมาณออกซิเจน

ในการเจริญของแบคทีเรียแต่ละประเภทนั้นต้องการปริมาณออกซิเจนมากน้อยต่างกัน ดังนี้ คือ

1. Aerobic Bacteria คือ แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนสำหรับการเจริญ เช่น Escherichia และ Pseudomonas

2. Anaerobic Bacteria คือ แบคทีเรียที่เจริญได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ตัวอย่างเช่น Clostridium

3. Facultative Bacteria คือ แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน เช่น Staphylococcus

แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียและอาหารเป็นพิษ เป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิจนเพื่อใช้ในการเจริญ อย่างไรก็ตามมีแบคทีเรียที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่เป็นอันตรายร้ายแรงมาก คือ คลอสทริเดียม ซึ่งไม่ต้องการใช้ออกซิเจนเลย ฉะนั้นผู้ประกอบการผลิตอาหาร

กระป๋องควรป้องกันไม่ให้มีสปอร์ของคลอสทริเดียมหลงเหลืออยู่ในอาหารกระป๋องเป็นอันขาด เนื่องจากอาหารกระป๋องเป็นสภาพที่ไม่มีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่เลยจึงเหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิดดังกล่าว ผู้ประกอบการทางด้านอุตสาหกรรมอาหารจึงควรปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิต (GMP, Good Manufacturing Practice) ทั้งนี้ เพื่อเป็นการยกระดับคุณภาพอาหารและความปลอดภัยของผู้บริโภค

6. สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์พบมาก มาจาก 3 แหล่งด้วยกัน คือ

1. สารยับยั้งชนิดที่แบคทีเรียสร้างขึ้นเองในระหว่างที่เจริญ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ เช่น สารปฏิชีวนะ เป็นต้น

2. สารยับยั้งที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ เช่น ไลโซไซม์ (lysozyme) และคอนแอลบูมิน (conalbumin) ซึ่งมีอยู่ในส่วนประกอบของไข่ขาว

3. สารยับยั้งที่เติมลงไปในอาหาร เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการ เช่น เกลือ โพรพิออเนตและเกลือซอร์เบต เป็นต้น

การควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์

วิธีการป้องกันการเน่าเสียของอาหารที่ได้ผลดีมากที่สุด คือ การป้องกันการเจริญและการทำลายจุลินทรีย์ ฉะนั้นกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การใช้ความร้อน การใช้อุณหภูมิต่ำ การฉายรังสีแกมมาและการอบแห้ง เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บอาหารไม่ให้เกิดการเน่าเสียก่อนเวลาอันควร วิธีการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์มีดังต่อไปนี้

1. การใช้ความร้อน

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่ทนความร้อน การใช้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ คือ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที หรือ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพียงพอในการทำลายแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งแบคทีเรียชนิดเป็นพิษในอาหาร เซลล์ของแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิในช่วง 82 – 93 องศาเซลเซียส แต่ยังคงมีสปอร์ของแบคทีเรียบางชนิดสามารถทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 30 นาที สปอร์ของคลอสทริเดียม โบทูลินัม มีความสำคัญในวงการอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง จึงต้องใช้ความร้อนและเวลาให้นานเพียงพอจนกระทั่งอาหารกระป๋องอยู่ในสภาพปลอดเชื้อทางการค้า (commercial sterility) คือ อาหารไม่มีจุลินทรีย์ชนิดเป็นพิษและไม่มีจุลินทรีย์ทำให้อาหารเน่าเสียเหลืออยู่

2. การใช้อุณหภูมิต่ำ

แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 16 – 38 องศาเซลเซียส การเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวจะช้าลง เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้ำในอาหารอยู่ในสภาพแข็งตัวหมด จุลินทรีย์ก็ไม่สามารถเจริญต่อไปได้ในที่สุด อาหารบางชนิดต้องใช้อุณหภูมิต่ำมาก น้ำในอาหารจึงจะแข็งตัวได้หมด เช่น อาหารที่มีน้ำตาลและเกลือเป็นส่วนประกอบด้วย น้ำในอาหารนั้นจะแข็งตัวหมดที่อุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการยับยั้งปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอาหาร จึงช่วยให้เก็บรักษาอาหารได้เป็นเวลานาน

3. การฉายรังสีแกมมา

คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหารฉายรังสีจากองค์การระหว่างประเทศ ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ องค์การอนามัยโลก และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศได้แนะนำว่า อาหารฉายรังสีไม่เกิน 10 Kgy (กิโลเกรย์) เป็นอาหารที่ปลอดภัย ในการควบคุมคุณภาพอาหารให้เหมาะสมแก่การบริโภคและรักษาไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมคุณภาพ การฉายรังสีแกมมาในระดับ 10 Kgy ซึ่งเป็นการพาสเจอไรซ์อาหารนั้น มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับทำลายจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและแบคทีเรียบางชนิดที่เป็นพิษในอาหารได้ เช่น *Salmonella, Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* นอกจากวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว กระบวนการแปรรูปอื่น ๆ เช่น การอบแห้ง การใช้สารเคมี การใช้ก๊าซและภาชนะบรรจุก็เป็นวิธีการสำคัญเช่นกัน สำหรับใช้ในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารได้

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของอาหาร

2.4.1 ปัจจัยภายใน

พีเอช

อาหารแต่ละชนิดมีระดับพีเอชแตกต่างกัน อาหารพวกเนื้อสัตว์มักมีพีเอชอยู่ระหว่าง 5 – 6.5 พวกผักส่วนใหญ่มีพีเอชระหว่าง 5 – 6.5 ส่วนผลไม้ส่วนใหญ่มีพีเอชระหว่าง 3 – 4.5 สามารถแบ่งจำพวกอาหารตามระดับพีเอชเป็น 4 พวก คือ

- อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) ได้แก่ อาหารที่มีพีเอช สูงกว่า 5.3 เช่น เนื้อสัตว์ ไก่ ปลา นม

- อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลาง (medium acid food) ได้แก่ อาหารที่มีพีเอช ระหว่าง 5.3-4.5 เช่น ผักต่างๆ

- อาหารที่มีความเป็นกรด (acid food) ได้แก่ อาหารที่มีพีเอช ระหว่าง 4.3-3.7 เช่น ผลไม้บางชนิด

- อาหารที่มีความเป็นกรดสูง (high acid food) ได้แก่ อาหารที่มีระดับพีเอชต่ำกว่า 3.7 เช่น อาหารหมักดอง

ดังนั้นจุลินทรีย์ที่สามารถเติบโตในอาหารแต่ละประเภทแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์แต่ละพวกชอบพีเอชแตกต่างกัน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เติบโตได้ดีที่พีเอชใกล้เคียง 7 (06.5-7.5) พวกราและยีสต์สามารถเติบโตในอาหารที่มีพีเอชต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย โดยรามีพีเอชเหมาะสมในการเติบโตระหว่าง 5.4-6.5 ยีสต์ 4-5 ในขณะที่ แบคทีเรีย 6-7.5 (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) จุลินทรีย์ทุกชนิดจะมี pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญ โดยทั่วไปยีสต์และรามีความทนทานต่อความเป็นกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย อาหารแต่ละชนิดจะมี pH แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นกลางจนถึงเป็นกรด อาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือมี pH ต่ำจึงมักเก็บได้นานกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (วิไล รังสาดทอง, 2543)

วอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity)

การเสื่อมเสียในอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ จะเกิดขึ้นเร็วกว่าปฏิกิริยาจากเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเคมีซึ่งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ในทุกกรณีน้ำจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ควบคุมอัตราการเสื่อมเสีย การแสดงปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถอธิบายในรูปของเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักหลังอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักก่อนอบแห้ง}}$$

การแสดงปริมาณความชื้นของอาหารแบบฐานเปียก (wet weight basis) คิดจาก

$$m = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของตัวอย่าง}} \times 100$$

$$M = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของน้ำ} + \text{ของแข็ง}} \times 100$$

หรือคิดแบบฐานแห้ง (dry-weight basis)

$$M = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{มวลของของแข็ง}} \times 100$$

นิยมใช้ปริมาณความชื้นแบบฐานแห้งในการคำนวณเกี่ยวกับกระบวนการ ในขณะที่ปริมาณความชื้นฐานเปียกใช้บอกองค์ประกอบของน้ำในอาหาร ในการแสดงค่าความชื้นจึงควรระบุด้วยว่าใช้ระบบไหน ความรู้เรื่องปริมาณความชื้นในอาหารเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการคาดคะเนคุณภาพของอาหาร อาหารบางชนิดจะมีคุณภาพไม่คงตัวที่ปริมารความชื้นต่ำ เช่น น้ำมันถั่วลิสงซึ่งจะเสื่อมเสียที่ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 0.6 % ในขณะที่อาหารชนิดอื่นๆ จะคงตัวที่ปริมาณความชื้นสูง เช่น แป้งมันซึ่งมีความคงตัวที่ความชื้น 20% (van den Berg, 1986) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ (a_w) ของอาหารเป็นปริมาณน้ำซึ่งจุลินทรีย์ เอนไซม์หรือปฏิกิริยาทางเคมีนำไปใช้ได้ น้ำในอาหารจะทำให้เกิดความดันไอ ขนาดของความดันไอจะขึ้นกับ

1. ปริมาณของน้ำที่มีอยู่
2. อุณหภูมิ
3. ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย โดยเฉพาะเกลือและน้ำตาลในน้ำ

คำจำกัดความของ a_w คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

$$a_w = \frac{P}{Po}$$

หรือ

$$a_w = \frac{\text{ความชื้นสัมพัทธ์}}{100}$$

ขณะที่ P(Pa) = ความดันไอของอาหาร

Po(Pa) = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ถ้าความชื้นสัมพัทธ์รอบๆอาหารต่ำกว่าในอาหารจะทำให้ a_w ที่ผิวหน้าของอาหารลดลงและในทางกลับกัน a_w ที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้น ถ้าความชื้นสัมพัทธ์รอบๆอาหารสูงกว่าในอาหาร ดังนั้นในการทดลองเพื่อหา a_w จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำในภาชนะที่ปิดสนิทและจะต้องหาความชื้นสัมพัทธ์เหนืออาหารด้วย โดยค่าที่หาได้นี้เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ (equililibrium relative humidity, ERH) เมื่อนำ ERH หารด้วย 100 ก็จะเป็นค่าของ a_w ค่า a_w ของน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1.00 และจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ตามปกติในน้ำบริสุทธิ์ (วิไล รังสาดทอง, 2543)

ความชื้น

จุลินทรีย์ทุกชนิดต้องการน้ำในการเจริญเติบโต ถ้าหากขาดน้ำจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโตได้ ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการใช้จะแตกต่างกัน ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ต้องการนี้จะแสดงในรูปของน้ำที่นำไปใช้ได้ (available water หรือ water activity) หรือ a_w ซึ่งเท่ากับความดันไอของสารละลายหารด้วยความดันไอของสารละลาย (ซึ่งในอาหารมักเป็นน้ำ) ค่า a_w ของน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1 ค่า a_w x 100 จะเท่ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของบรรยากาศที่ล้อมรอบอาหาร ค่า a_w ของอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Fraziar และ Westhoff , 1988) การลดค่า a_w ของอาหารลง ทำได้หลายวิธี คือ

1) การเติมเกลือหรือน้ำตาลลงไป ซึ่งสารเหล่านี้จะไปดึงสารมาละลายตัวเอง ทำให้อาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น ค่า a_w ของอาหารลดลง นอกจากนี้ถ้าความเข้มข้นของเกลือ หรือน้ำตาลภายนอกเซลล์สูงกว่าภายในเซลล์ จะทำให้น้ำจากภายในเซลล์จุลินทรีย์ไหลออกจากเซลล์โดยการออสโมซิส

2) การเติมสารพวกที่ชอบน้ำ (hydrophilic colloids) เช่น การเติมวุ้น 3-4 เปอร์เซ็นต์ลงในอาหาร วุ้นเหล่านี้จะดูดน้ำเอาไว้ ทำให้ปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ลดลง หรือค่า a_w ของอาหารลดลง ซึ่งเป็นการป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์

3) การทำให้น้ำอยู่ในรูปผลึก เช่น น้ำแข็ง ค่า a_w ของส่วนผสมน้ำและน้ำแข็งจะลดลงเมื่อลดอุณหภูมิลงต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ดังนี้คือ ที่อุณหภูมิ 0, (5) , (-10), (-15), และ (-20) องศาเซลเซียส จะมีค่า a_w เป็น 1.00, 0.953, 0.907, 0.846 และ 0.823 ตามลำดับและจะลดลงไปเรื่อยๆ

จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า a_w สูงสุด ต่ำสุด และเหมาะสมในการเติบโตแตกต่างกัน พวกราสามารถเติบโตได้ในที่มีความชื้นได้ดีกว่าแบคทีเรียและยีสต์ คือ มีค่า a_w ต่ำสุด 0.80 ส่วนแบคทีเรียและยีสต์ค่า a_w ต่ำสุดเป็น 0.91 และ 0.88 ตามลำดับ ปัจจัยที่มีต่อความต้องการ a_w ของจุลินทรีย์แต่ละชนิด มีดังนี้คือ

1) ชนิดของตัวถูกละลายที่ใช้ในการลดค่า a_w จุลินทรีย์หลายชนิด โดยเฉพาะพวกราค่า a_w ต่ำสุด สำหรับการเติบโตไม่ขึ้นกับตัวถูกละลายที่ใช้ แต่จุลินทรีย์บางชนิดตัวถูกละลายที่ใช้ในการลดค่า a_w มีผลต่อค่า a_w ต่ำสุดของจุลินทรีย์เหล่านั้น เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์มีพิษน้อยกว่าโซเดียมคลอไรด์ และมีความสามารถในการยับยั้งได้น้อยกว่าโซเดียมซัลเฟต

2) อาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทั่วไปค่า a_w จะต่ำกว่าเมื่อเติบโตในอาหารที่เหมาะสมกับการเติบโตมากกว่า

3) อุณหภูมิ จุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถทนต่อค่า a_w ต่ำๆ ได้ดีขึ้นที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเติบโต

4) ออกซิเจน จุลินทรีย์พวกต้องการออกซิเจนในการเติบโต จะเติบโตในที่มี a_w ต่ำกว่าในสภาพมีออกซิเจนได้ดีกว่าสภาพไม่มีออกซิเจน ส่วนจุลินทรีย์พวกไม่ต้องการออกซิเจนในการเติบโตจะมีผลตรงกันข้ามกับพวกแรก

5) พีเอช จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ทนต่อ a_w ต่ำที่สุดค่อนข้างเป็นกลางได้ดีกว่าสภาพเป็นกรดหรือด่าง

6) ตัวยับยั้ง ถ้าหากมีการยับยั้งการเติบโตจะทำให้ช่วง a_w สำหรับการเติบโตของจุลินทรีย์แคบลง

การวัดค่า a_w ของอาหารทำได้หลายวิธี คือ

1) การหาจุดเยือกแข็งของอาหารวิธีนี้หาได้เฉพาะในอาหารเหลวที่มีค่า a_w สูง

2) การใช้นาโนเมตริกเทคนิค วิธีนี้เป็นการวัดความดันไอในบริเวณรอบๆอาหารโดยตรง ค่าที่ได้จะถูกต้องมากที่สุด

3) การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า วิธีนี้มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดในการวัดหาค่า a_w โดยทางอ้อม แต่วิธีที่นิยมใช้แพร่หลาย คือ การใช้เซนเซอร์ในการวัดหาความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศรอบๆอาหาร

เมื่อพิจารณาถึงความต้องการความชื้นของจุลินทรีย์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีค่า a_w ที่เหมาะสม และช่วง a_w สำหรับการเจริญเติบโตในสภาวะใดสภาวะหนึ่งแตกต่างกันไป ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการความชื้นของจุลินทรีย์ ได้แก่ สมบัติทางโภชนาการของอาหาร พีเอช สารยับยั้ง ออกซิเจน และอุณหภูมิ ถ้าหากสภาวะไม่เหมาะสมสำหรับการเติบโตช่วง a_w ในการเติบโตจะแคบ

2) ค่า a_w ที่ไม่เหมาะสม นอกจากทำให้อัตราการเติบโตลดลง ยังทำให้ผลผลิตสูงสุดของเซลล์ลดลงด้วย

3) ยิ่งค่า a_w ไม่เหมาะสมมากเท่าใด การเติบโตในระยะแล็ก (lag phase) หรือการงอกของสปอร์จะยิ่งช้าลงเท่านั้น

4) โดยทั่วไปแบคทีเรียต้องการความชื้นมากกว่ายีสต์ ยีสต์ต้องการมากกว่ารา

5) จุลินทรีย์ที่สามารถเติบโตในอาหาร ที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลาย เช่น เกลือ หรือน้ำตาลสูงๆได้ จะมีค่า a_w ต่ำสุด จุลินทรีย์พวกนี้ เช่น ฮาโลฟิลิก แบคทีเรียต้องการเกลือเล็กน้อยในการเติบโต หรือพวกออสโมฟิลิก ยีสต์ สามารถเติบโตได้ดีในที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539)

2.4.2 ปัจจัยภายนอก

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งจุลินทรีย์ตามอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) ไซโครไฟล์ (psychrophiles) พวกนี้สามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบ คือ 15 องศาเซลเซียส ส่วนพวกเฟคัลเททีฟไซโครไฟล์ หรือไซโครโทรฟ (psychrotroph) เป็นพวกที่สามารถเติบโตที่ 0 องศาเซลเซียส เช่นกัน แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ระหว่าง 20 – 30 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์พวกไซโครไฟล์เติบโตช้า สามารถถูกทำลายได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิสูง

2) มีโซไฟล์ (mesophiles) จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส

3) เทอร์โมไฟล์ (thermophiles) จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส บางพวกสามารถเติบโตได้ในอุณหภูมิช่วงเดียวกับพวกมีโซไฟล์ เรียกพวกนี้ว่า เฟคัลเททีฟเทอร์โมไฟล์ (facultative thermophiles) ส่วนบางพวกไม่สามารถเติบโตในอุณหภูมิช่วงเดียวกับมีโซไฟล์ เรียกพวกนี้ว่า ออบลิเกต เทอร์โมไฟล์ (obligate thermophiles, true thermophiles, stenothermophiles)

ราส่วนใหญ่เป็นพวกมีโซไฟล์ แต่ก็มีหลายพวกที่สามารถเติบโตในอุณหภูมิตู้เย็นได้ เช่น *Aspergillus Cladosporium Thamnidium* ราพวกนี้เติบโตบนอาหารพวก เนื้อ ไข่ และผลไม้ ส่วนยีสต์ ส่วนใหญ่เป็นพวกมีโซไฟล์ และไซโครไฟล์ โดยทั่วไปไม่สามารถเติบโตในช่วงอุณหภูมิเทอร์โมไฟล์ สำหรับพวกแบคทีเรียมีทั้งพวกไซโครไฟล์ เช่น *Alcaligenes Pseudomonas Streptococcus* แบคทีเรียพวกนี้เติบโตได้ดีในตู้เย็น เช่น อาหารพวก เนื้อ นม ไข่ ปลา ไก่ และอาหารอื่นๆ แบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นพวกมีโซไฟล์ มีบางชนิดเป็นพวกเทอร์ไฟล์ เช่น *Bacillus Clostridium* ซึ่งพวกนี้มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539) จุลินทรีย์แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ตามระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้เป็นไซโครไฟล์ มีโซไฟล์ และเทอร์โมไฟล์ (วิไล รังสาดทอง, 2543)

ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่เก็บรักษาอาหารทีผลต่อค่า a_w ของอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผิวอาหาร หากบรรยากาศที่เก็บอาหารมีความชื้นสัมพัทธ์สูง อาหารนั้นจะดูดความชื้นจนทำให้มีความชื้นเท่ากับบรรยากาศรอบๆ ทำให้ค่า a_w ของอาหารเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ แบคทีเรียส่วนใหญ่เติบโตได้ดีที่ความชื้นใกล้อิ่มตัว ยีสต์ต้องการความชื้นประมาณ 90 – 92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเราต้องการความชื้นประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ แต่

ขณะเดียวกัน หากเก็บอาหารไว้ในที่ที่มีความชื้นต่ำจะทำให้อาหารเหล่านั้นสูญเสียความชื้น น้ำหนักลด ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเก็บอาหารประเภทต่างๆแตกต่างกัน

ปริมาณก๊าซ

ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซในบรรยากาศที่เก็บรักษาอาหาร มีผลต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารนั้น การควบคุมปริมาณก๊าซ เช่น ก๊าซโอโซน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เหมาะสม ทำให้สามารถเก็บอาหารได้นานขึ้น การเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศนิยมใช้ในการเก็บรักษาพวกผัก ผลไม้ ส่วนก๊าซโอโซนจะไม่ใช้กับอาหารที่มีไขมันสูง เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรง ทำให้อาหารพวกไขมันถูกออกซิไดส์ให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนขึ้นได้ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539)

ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์

ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์แต่ละชนิด มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีทั้งการแข่งขันกัน ยับยั้งกัน หรือส่งเสริมซึ่งกันและกัน ผลของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีต่อชนิดอื่นที่สำคัญที่สุด คือ การที่จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่น จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้อาจเติบโตในเวลาเดียวกัน แต่โดยทั่วไปมักเกิดการแทนที่กัน การช่วยทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นนั้น อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจาก

1) ช่วยเปลี่ยนรูปสารอาหาร จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการใช้สารอาหารต่างกัน จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งอาจใช้อาหารชนิดหนึ่งได้ ในขณะที่อีกพวกหนึ่งอาจใช้ไม่ได้ แต่เมื่อพวกที่ใช้อาหารนั้นได้เปลี่ยนอาหารนั้นให้อยู่ในรูปอื่น จุลินทรีย์อีกพวกหนึ่งอาจใช้อาหารในรูปใหม่นั้นได้ต่อไป เช่น อาหารประเภทแป้ง ซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่ จุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้นที่มีเอนไซม์ในการสลายแป้ง เช่น ราพวก *Aspergillus Rhizopus* แบคทีเรียพวก *Bacillus Clostridium* หรือยีสต์พวก *Endomycopsis* เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้สลายแป้งให้มีโมเลกุลเล็กลงเป็นน้ำตาล จุลินทรีย์อื่นๆ สามารถใช้น้ำตาลได้ต่อไป เช่น ยีสต์พวก *Saccharomyces* จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ หลังจากนั้นเชื้อน้ำส้มสายชู เช่น *Acetobacter* จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นน้ำส้มสายชูต่อไป

2) ให้สารอาหารที่ช่วยในการเติบโต เช่น แบคทีเรียแลกติก ซึ่งเป็นพวกต้องการอาหารอุดมสมบูรณ์ในการเติบโต มักจะอยู่ร่วมกับพวกยีสต์ เพราะเมื่อยีสต์ตายไป พวกวิตามินและสารเร่งการเติบโตจากเซลล์ยีสต์จะปล่อยออกมา แบคทีเรียแลกติกจะนำสารเหล่านี้ไปใช้ในการเติบโตต่อไป

3) ช่วยเปลี่ยนความชื้นให้เหมาะสม จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความสามารถในการเติบโตที่ระดับความชื้นแตกต่างกัน ราเติบโตที่มีความชื้นต่ำได้ดีกว่ายีสต์ และยีสต์เติบโตที่ความชื้นต่ำได้ดีกว่าแบคทีเรีย ดังนั้นในอาหารที่มีความชื้นต่ำ จุลินทรีย์พวกแรกที่เติบโตได้ คือ

รา เมื่อราเติบโต ความชื้นในอาหารเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์พวกยีสต์และแบคทีเรียเติบโตได้ในที่สุด ตัวอย่าง เช่น อาหารพวกแป้ง ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ ปกติไม่มีจุลินทรีย์พวกใดที่สามารถเติบโตได้แต่ถ้าหากมีความชื้นเพิ่มขึ้น จุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เติบโต คือ รา เช่น *Aspergillus Penicillium Fusarium* เมื่อราเหล่านี้เติบโต ความชื้นในแป้งเพิ่มมากขึ้น จนในที่สุดแบคทีเรียแลกติก และแบคทีเรียโคลิฟอร์มสามารถเติบโตได้

4) ช่วยเปลี่ยนพีเอชให้เหมาะสม จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีระดับพีเอชที่เหมาะสมในการเติบโตแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์พวกหนึ่งเติบโตในอาหารแล้วอาจเปลี่ยนระดับพีเอชของอาหารให้เหมาะสมกับจุลินทรีย์อีกพวกหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ในการหมักกะหล่ำปลีระยะแรกระดับพีเอชสูง จะพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เช่น *Enterobacter cloacae* ซึ่งจะผลิตก๊าซกรดหอมระเหยและกรดแลกติก นอกจากนี้พบพวก *Erwinia herbicola* หลังจากนั้น *Leuconostoc mesenteroides* จะเติบโตผลิตกรดจนถึง 0.7 ถึง 1.0 เปอร์เซ็นต์ (กรดแลกติก) เมื่อปริมาณกรดสูงขึ้น *Lactobacillus plantarum* เติบโตขึ้นมาแทนที่ ผลิตกรดมากขึ้นถึง 1.5 ถึง 2.0 เปอร์เซ็นต์ กรดที่เหมาะสมสำหรับการทำกะหล่ำปลีดอง คือ 1.7 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากมีน้ำตาลเหลืออยู่หลังจาก *L. plantarum* เติบโตแล้วจะมี *L.brevis* เติบโตต่อไป ผลิตกรดสูงถึง 2.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณกรดที่สูงมากเกินไปสำหรับกะหล่ำลีดอง

5) ช่วยกำจัดสารยับยั้ง เช่น น้ำนมดิบที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จุลินทรีย์พวกแรกที่เติบโตและหมักให้กรด ได้แก่ *Streptococcus lactis* และพวกโคลิฟอร์ม เมื่อปริมาณกรดมากขึ้น *Lactobacillus* ซึ่งทนกรดได้มากกว่าก็จะเจริญเติบโต ผลิตกรดมากขึ้นจนยับยั้งตัวเอง หลังจากนั้นฟิล์มยีสต์และราเติบโตใช้กรดเหล่านั้น ทำให้ปริมาณกรดลดลง แบคทีเรียสลายโปรตีนที่ทนกรดไม่ได้ จึงสามารถเติบโตต่อไป (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2539)

2.5 ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

2.5.1 ผลิตภัณฑ์ปลาหย็อง

ปลาหย็องมีลักษณะกลิ่นและรสคล้ายกับหมูหย็องมาก แต่เนื่องจากทำด้วยเนื้อปลา จึงสามารถผลิตได้ในราคาที่ย่อมเยา และจำหน่ายได้ในราคาถูกกว่าหมูหย็อง นอกจากนี้หากทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำๆ ยังสามารถเก็บไว้ได้ระยะเวลานานไม่มีกลิ่นหืน เช่น ในกรณีของหมูหย็อง ปลาหย็องเลิศรสมีรสหวาน และรสเค็มใช้รับประทานเปล่า ๆ หรือโรยข้าวก็ได้

- วัตถุดิบ

ปลาที่ใช้ทำเป็นปลาที่มีเนื้อเป็นเส้น เช่น ปลากระเบน จะเป็นปลาที่มีเนื้อสีขาวหรือแดงก็ได้แต่ควรเป็นปลาที่มีราคาถูกและมีอัตราส่วนของเนื้อปลามาก ปลาน้ำจืดบางชนิดก็ใช้ทำได้ ปลาทะเลที่นิยมนำมาทำการผลิตประกอบด้วย ปลากระเบน ปลากะพง และปลาแดง

-ส่วนผสม

- เนื้อปลาที่นึ่งสุกแล้ว 1/2 กิโลกรัม
- ซีอิ๊วขาว 6 ช้อนโต๊ะ
- ซีอิ๊วดำ 1 ช้อนโต๊ะ
- น้ำตาลทราย 5 ช้อนโต๊ะ
- น้ำ 1 ถ้วยตวง

หมายเหตุ : ถ้าเป็นปลากระเบนหรือปลาฉลาม เมื่อแยกเนื้อออกแล้วนำปลาที่ต้มสุกไปล้างน้ำยีเป็นเส้นๆ เปลี่ยนน้ำประมาณ 2 ครั้ง เพื่อล้างเอาไขมันออกแล้วนำไปใส่ถุงบิดน้ำออก นำเนื้อปลาไปผสมกับเครื่องปรุงที่เตรียมไว้เติมน้ำ 1 ถ้วยตวง

http://www.fisheries.go.th/sf-chiangrai/sara/produ1.htm

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์ปลาหย็อง (มผช. 300/2547)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะปลาหย็องที่ทำจากเนื้อปลาบรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ปลาหย็อง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสดล้วน ทำให้สุกแล้วปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล เกลือ ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ อาจเติมเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น ตะไคร้ ใบมะกรูด นำไปผัดจนแห้ง อาจนำไปอบหรือไม่ก็ได้

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีลักษณะแห้ง ฟู

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีรอยไหม้และสีดำคล้ำ

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นหอม ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

3.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องกรอบ ไม่แข็งกระด้าง เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้วัตถุกันเสียและสีสังเคราะห์ทุกชนิด

3.7 วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน 0.4

หมายเหตุ : วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

3.8 จุลินทรีย์

3.8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.2 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำปลาหยื่อง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุปลาหยื่องในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของปลาหยื่องในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุปลาหยื่องทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์

(2) น้ำหนักสุทธิ

(3) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(4) ข้อแนะนำในการเก็บรักษา เช่น ควรเก็บในที่แห้ง

(5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น มผช.300/2547

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ปลาหยื่องที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5 และข้อ 6 จึงจะถือว่าปลาหยองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าปลาหยองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร วอเตอร์แอกทิวิตีและจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 500 กรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 ถึงข้อ 3.8 จึงจะถือว่าปลาหยองรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างปลาหยองต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าปลาหยองรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบปลาหยองอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างปลาหยองลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นเส้นฟู อาจมีส่วนที่เป็นผงได้เล็กน้อย	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติ ของส่วนประกอบที่ใช้ไม่มีรอยไหม้	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นหอม ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน มีรสหวานเค็มพอเหมาะ	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องกรอบ ไม่แข็งกระด้าง	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี

ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (25±2) องศาเซลเซียส

8.5 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.6 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำ ที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะ และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาหย็อง, 2547)

2.5.2 ผลิตภัณฑ์ลูกหยี

ลูกหยี เป็นผลไม้พื้นเมืองภาคใต้ชนิดหนึ่ง มีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า Dialium indum linn. อยู่ในวงศ์ LEGUMINOSAE รับประทานได้เมื่อสุก ลักษณะผลเป็นพวง ผลดิบมีสีเขียว เมื่อสุกเปลือกจะมีสีดำ เนื้อในเป็นสีน้ำตาลรสหวานอมเปรี้ยว แต่นิยมเอามาปรุงรสมากกว่าจะรับประทานสด ๆ ซึ่งทำได้หลายอย่าง เช่น กวน ฉาบน้ำตาล หรือทรงเครื่อง เมื่อปรุงรสใหม่แล้วจะจำหน่ายได้ราคาดีขึ้น

ลูกหยีสามรส

ลูกหยีสามรส เป็นวิธีถนอมอาหาร โดย การนำเอา ลูกหยีมาผสมกับน้ำตาล ใช้ความร้อนเคี่ยว กวนจนปริมาณน้ำลดน้อยลง และผสมเป็นเนื้อเดียวกัน อาหารชนิดนี้สามารถเก็บไว้ได้นาน เนื่องจากมีค่า a_w ต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณน้ำตาลสูง ประมาณร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (http://www.phatlung.com/product/lookhyee.php)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้กวน (มผช.35/2546)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมผลไม้ทุกชนิด ที่สามารถนำมากวนได้ อาจเป็นผลไม้ทั้งผล หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของผล

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ผลไม้กวน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ที่อยู่ในสภาพดีไม่เน่าเสียมากวนโดยใช้ความร้อนตามความเหมาะสมเพื่อลดความชื้น โดยอาจนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นจนได้ลักษณะที่ต้องการ ทั้งนี้อาจปรุงแต่งสี กลิ่น รส หรือเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น น้ำตาล เกลือ กะทิ

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป มีลักษณะเนื้อตามชนิดของผลไม้กวนตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก

3.2 สี มีสีสม่ำเสมอ เป็นไปตามลักษณะเฉพาะของผลไม้กวนตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก

3.3 กลิ่นรส มีกลิ่น รสเฉพาะของผลไม้กวนที่ระบุไว้ที่ฉลากและปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 3.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะ

จากผู้ตรวจสอบทุกคน ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอม ที่ไม่ใช่ส่วนประกอบในการทำผลไม้กวน เช่น ทราย กรวด เส้นผม แมลง หรือชิ้นส่วนของแมลง

3.5 วัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี) ห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารทุกชนิด ยกเว้นวัตถุเจือปนอาหารต่อไปนี้

3.5.1 สีผสมอาหาร ให้ใช้ได้ตามชนิด และปริมาณตามที่กฎหมายกำหนด

3.5.2 วัตถุกันเสีย

3.5.2.1 กรดเบนโซอิกหรือเกลือของกรดเบนโซอิก (คำนวณเป็นกรดเบนโซอิก) ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5.2.2 กรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดซอร์บิก (คำนวณเป็น กรดซอร์บิก) ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กรณีที่ใช้วัตถุกันเสียในข้อ 3.5.2.1และข้อ 3.5.2.2 รวมกัน ต้องไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.6 จุลินทรีย์

3.6.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.6.2 เอสเชอริเชียโคไล (*Escherichia coli*) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.6.3 ต้องไม่มีราปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจน

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำผลไม้กวนให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุผลไม้กวนในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ผนึกได้เรียบร้อย สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ กรณีที่มีการหุ้มห่อให้หุ้มห่อให้เรียบร้อยด้วยวัสดุที่เหมาะสม

5.2 น้ำหนักสุทธิของผลไม้กวนในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุผลไม้กวนทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น สับปะรดกวน มะม่วงกวน ท๊อฟฟี่สับปะรด

(2) ชนิดและปริมาณของวัตถุเจือปน (ถ้ามี)

(3) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัม หรือกิโลกรัม

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความ "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมาย การค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ผลไม้กวนที่มีชื่อเรียกอย่างเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่าง ที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่าง และการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 7.3.4 ข้อ 7.5 และข้อ 7.6 จึงจะถือว่าผลไม้กวนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน3 ภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไป ตามข้อ 7.3.1 ข้อ 2.7.3.2 และข้อ 7. 3.3 จึงจะถือว่าผลไม้กวนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหารและจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 หน่วยภาชนะบรรจุ นำมาทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้ว ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 7.3.5 และข้อ 7.3.6 จึงจะถือว่าผลไม้กวนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างผลไม้กวนต้องเป็นไปตาม ข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าผลไม้กวนรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญ ในการตรวจสอบผลไม้กวนอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 วางตัวอย่างผลไม้กวนในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรสของผลไม้กวน (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	มีลักษณะเนื้อตามชนิดของผลไม้กวนตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก	4	3	2	1
สี	มีสีสม่ำเสมอ เป็นไปตามลักษณะเฉพาะของผลไม้กวนตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก	4	3	2	1
กลิ่นรส	มีกลิ่นรสเฉพาะของผลไม้กวนที่ระบุไว้ที่ฉลาก และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร และจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ (ข้อ 7.4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง ควรอยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลไม้กวน ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 ควรอยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่นมากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่ควรอยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารสถานที่ทำ ควรก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 ควรแยกบริเวณที่ทำผลไม้กวนออกเป็นสัดส่วน ไม่ควรอยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่ควรมีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงาน ควรมีบริเวณเพียงพอ แสงสว่าง และการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลไม้กวน ทำจากวัสดุมีผิวเรียบไม่เป็นสนิม ไม่กัดกร่อนหรือทำปฏิกิริยากับผลไม้กวน ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด และเหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำผลไม้กวน สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา ขนย้าย และขนส่งผลไม้กวน ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลไม้กวน

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือผู้ทำผลไม้กวนเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่น ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลไม้กวน

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำผลไม้กวน เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลไม้กวนได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะผู้ปฏิบัติงานผู้ทำผลไม้กวน ทุกคนควรรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลไม้กวน ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดก่อนสัมผัสผลไม้กวนทุกครั้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546.)

2.5.3 ผลิตภัณฑ์ชาส้มแขกผงสำเร็จรูป

ส้มแขก เป็นสมุนไพรที่ตลาดมีความต้องการสูง ทั้งตลาดภายในประเทศและส่งออกนอกประเทศ ราคาผลผลิตส้มแขกคุณภาพดีที่เกษตรกรจำหน่ายได้ ส้มแขกเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีความสำคัญ นิยมนำผลส้มแขกมาปรุงรสแทนผลมะขามหรือผลมะนาวมานานปีแล้ว และปัจจุบันความนิยมในการนำส้มแขกมาปรุงรสอาหารก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ด้านผลิตภัณฑ์

อาหารเสริม ปัจจุบันมีผู้ประกอบการนำผลส้มแขกมทำผลิตภัณฑ์เสริมอาหารกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เป็นผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับความอ้วนหรือการสะสมของไขมันส่วนเกิน ทำให้ผู้ประกอบการหลายรายได้ผลิตผลิตภัณฑ์ส้มแขกออกมาในหลายรูปแบบ การแปรรูปส้มแขกสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การแปรรูปส้มแขกแห้ง โดยนำผลส้มแขกมาหั่นด้วยมือ หรือด้วยเครื่องเป็นชิ้นบางๆให้มีขนาดสม่ำเสมอ หลังจากนั้นก็นำมาตากแดด ผึ่งลมในสถานที่หรือภาชนะที่สะอาด ไม่ควรตากโดยตรงบนพื้นดินหรือพื้นซีเมนต์ เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ หากอบควรอบในอุณหภูมิที่เหมาะสม ไม่ควรเกิน 60 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าผลส้มแขกจำนวน 100 กิโลกรัม จะได้ส้มแขกแห้งประมาณ 8-12 กิโลกรัม

2. การแปรรูปน้ำส้มแขก ปัจจุบันน้ำส้มแขก กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำส้มแขกมีรสเปรี้ยว และเมื่อรับประทานแล้วจะรู้สึกชุ่มคอ ช่วยลดกระหายน้ำได้ดี ดังนั้น จึงมีผู้สนใจทำน้ำส้มแขก เอาไว้บริโภคในครอบครัว และบางรายก็สามารถทำน้ำส้มแขกไว้จำหน่ายได้

ส้มแขก นอกจากจะแปรรูปเป็นส้มแขกแห้งและน้ำส้มแขกแล้ว ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการแปรรูปผลผลิตส้มแขกในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่มชาส้มแขกผงสำเร็จรูป เครื่องดื่มส้มแขกชนิดผง ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมชนิดแคปซูล การทำส้มแขกดอง และยาระบาย ซึ่งได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

ในการพัฒนาอุตสาหกรรมแปรรูปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้น สิ่งที่มีความสำคัญมาก คือ การผลิตต้องสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ หากตลาดเป็นไปได้จะส่งผลย้อนไปทุกขั้นตอนจนถึงระบบรากหญ้า คือ เกษตรกรผู้ปลูก จึงควรเน้นการทำความเข้าใจกับผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์ส้มแขก ถึงความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการผลิตให้เป็นมาตรฐานการผลิตที่ดี GMP (Good management Practice) สิ้นค้าจึงสามารถส่งเสริมการตลาดได้ดี อีกทั้งต้องมีมาตรการควบคุมไม่ให้มีการกล่าวอ้างสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เกินจริง โดยไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับ เพราะอาจทำให้เกิดปัญหาอุปสรรค (http://www.masci.or.th/TH/service/scd/Pages/gmp.aspx)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนชาส้มแขกผงสำเร็จรูป (มผช. 707/2547)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะส้มแขกผสมน้ำตาลที่ทำให้แห้งแล้ว อยู่ในลักษณะเป็นเกล็ดและเป็นผงพร้อมชงดื่ม บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ชาส้มแขกผงสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำสกัดจากผลส้มแขกสดหรือแห้งไปให้ความร้อนจนเข้มข้น นำไปผสมกับน้ำตาล อาจเติมเกลือ ทำให้แห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม อาจทำเป็นเกล็ดขนาดเล็กหรือบดเป็นผง

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นเกล็ดขนาดเล็กหรือเป็นผง แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

3.4 การละลาย

ของเหลวที่ได้ต้องมีลักษณะที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.5 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.6 วอเตอร์แอกทิวิตี

ต้องไม่เกิน 0.5

หมายเหตุ : วอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

3.7 วัตถุเจือปนอาหาร

ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

3.8 จุลินทรีย์

3.8.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1X\ 10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.2 เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.8.3 ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำชาส้มแขกผงสำเร็จรูป ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

5. การบรรจุ

5.1ให้บรรจุชาส้มแขกผงสำเร็จรูปในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 น้ำหนักสุทธิของชาส้มแขกผงสำเร็จรูปในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุชาส้มแขกผงสำเร็จรูปทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ชาส้มแขกผงสำเร็จรูป ส้มแขกผงชงดื่ม

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) น้ำหนักสุทธิ

(4) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)"

(5) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา

(6) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ชาส้มแขกผงสำเร็จรูปที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 ข้อ 5 และข้อ 6 จึงจะถือว่าชาส้มแขกผงสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการละลาย ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 จึงจะถือว่าชาส้มแขกผงสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตีและวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 300 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 และข้อ 3.7 จึงจะถือว่าชาส้มแขกผงสำเร็จรูปรุ่นนั้น เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อย

กว่า 200 กรัมกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.8 จึงจะถือว่าชาส้มแขกผงสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างชาส้มแขกผงสำเร็จรูปต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าชาส้มแขกผงสำเร็จรูปรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการละลาย

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจชาส้มแขกผงสำเร็จรูปอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างชาส้มแขกผงสำเร็จรูปลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไปและสีโดยการตรวจพินิจ

8.1.3 ใส่ตัวอย่างชาส้มแขกผงสำเร็จรูปลงในภาชนะที่เหมาะสม เติมน้ำเดือดตามปริมาณที่ระบุไว้ที่ฉลาก ทิ้งให้ละลาย 30 วินาที ตรวจสอบกลิ่นรสและการละลายโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน (ข้อ 8.1.4)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นเกล็ดขนาดเล็กหรือเป็นผง แห้งไม่จับตัวเป็นก้อน	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	4	3	2	1
การละลาย	ของเหลวที่ได้ต้องมีลักษณะที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวอเตอร์แอกทิวิตี

ให้ใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตีที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ (25 ± 2) องศาเซลเซียส

8.4 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.5 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.6 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสมตาม มผช.707/2547

ภาคผนวก ก.

สุขลักษณะ (ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย

ก.1.2.1 พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.3.2 การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.4 การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.4 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผม เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนชาส้มแขกผงสำเร็จรูป, 2547)

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ อาหารทะเลแห้ง เครื่องแกง ชาสมุนไพร และผักผลไม้กวน
2. เพื่อยกระดับคุณภาพอาหารพื้นบ้านที่ผลิตจากกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้ประกอบการขนาดกลางและย่อม ให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยในการผลิตอาหาร
3. เพื่อส่งเสริมและให้ความรู้ความเข้าใจแก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกี่ยวกับการนำระบบการผลิตอาหารที่ถูกหลักอนามัย (GMP) มาใช้ในการผลิตอาหารพื้นบ้าน
4. เพื่อสนับสนุนการวิจัยและส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับชุมชนให้มากขึ้น
5. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากการศึกษาวิจัยให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเป้าหมาย ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ประกอบกิจการอาหารพื้นบ้าน