บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของการใช้ความร้อนในการผลิตอาหารกระป๋อง (วารุณี และคณะ, 2547)

ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องซึ่งจัดเป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน โดยเฉพาะอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low Acid Canned Food, LACF) นั้น กระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอนและการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้นผู้ผลิตอาหารกระป๋อง ในที่นี้รวมถึงภาชนะบรรจุปิดสนิทอื่นๆ ด้วย เช่น ขวดแก้ว รีทอร์ทเพาช์ จำเป็นต้องทราบถึงเทคนิคพื้นฐาน รวมถึงปัจจัยที่สำคัญและสิ่งที่ต้องควบคุมในการผลิต รวมทั้งการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อให้ทราบถึงสภาวะในการทำงานซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาเนื่องจากการผลิตไม่เป็นไปตามที่กำหนด

การถนอมอาหารโดยการใช้ความร้อนมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำให้อาหารกระป๋องอยู่ในสภาพปลอดเชื้อจุลินทรีย์เชิงการค้า (commercial sterility) โดยใช้ความร้อนในระดับที่เรียกว่าการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) ซึ่งหมายถึงการทำให้อาหารปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคต่อผู้บริโภค และไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย ภายใต้สภาวะการ เก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (shelf stable) คือสามารถเก็บอาหารไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยไม่มีการเน่าเสีย ซึ่งวิธีนี้ไม่ใช่เป็นการทำให้อาหารกระป๋องปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ (absolute sterilization) ในทางปฏิบัติผู้ผลิตจำต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกพิจารณาอุณหภูมิและเวลาที่เพียงพอ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและอาหารและเน่าเสียโดยยังคงรักษาคุณค่าของสารอาหารที่สำคัญไว้และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การใช้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นโดยอาจใช้วิธีการให้ความร้อนอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวิธีอื่น เช่น การปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) การควบคุมวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) การใช้สารเคมี เป็นต้น โดยภาชนะที่ใช้บรรจุอาหารจะทำหน้าที่ป้องกันการปนเปื้อนย้อนกลับเข้าไปในผลิตภัณฑ์อาหารหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะต้องเพียงพอต่อการถนอมอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ซึ่งหมายถึง อาหารใดก็ตามที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 และ a_w สูงกว่า 0.85 (a_w หมายถึง การวัดค่าความชื้นอิสระในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสัดส่วนของความดันย่อยของน้ำในอาหารกับความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน) เนื่องจากอาหารประเภทนี้มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายเจริญได้ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิห้องและไม่ต้องการอากาศในการเจริญ (anaerobe mesophile) สามารถสร้างสปอร์ที่ทนร้อน และสร้างสารพิษ botulinum toxin สารพิษดังกล่าวทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า botulism ดังนั้นการป้องกันการเกิดสารพิษ botulinum toxin เป็นเป้าหมายหลักของการกำหนดหลักเกณฑ์ในการให้ความร้อนต่ออาหารกระป๋อง

การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตอาหารกระป๋อง ในระดับที่เพียงพอต่อการถนอมอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงนั้นจำเป็นต้องมี กรรมวิธีการผลิตที่กำหนด (schedule process) หมายถึงวิธีการที่ผู้ผลิตเลือกใช้และมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์จะได้รับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าอย่างเพียงพอ วิธีนี้จะเป็นวิธีการที่เทียบเท่าหรือเกินกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดขึ้นโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา นอกจากนี้ผู้ผลิตบางรายอาจกำหนดเกณฑ์สำหรับใช้ขึ้นเองซึ่งเรียกว่ากรรมวิธีการผลิตที่ใช้ (operating process) หมายถึงวิธีการที่ผู้ผลิตเลือกใช้ซึ่งจะเป็นวิธีการที่เทียบเท่าหรือเกินกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด

ทั้งกรรมวิธีการผลิตที่กำหนด และ กรรมวิธีการผลิตที่ใช้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และทำให้เกิดสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้า ซึ่งทำให้ไม่เกิดการเน่าเสียในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แต่ในการผลิตอาหารกระป๋องมีโอกาสที่เกิดการเบี่ยงเบนจากกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ อาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงานในการให้เวลาในการฆ่าเชื้อสั้นเกินไป ความดันของไอน้ำต่ำเกินไป เนื่องจากเครื่องผลิตไอน้ำมีปัญหามีผลทำให้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อตกลงต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนด การตั้งเครื่องบรรจุผิดพลาดทำให้การบรรจุน้ำหนักมากเกินไป (overweight) การเติมสารให้ความหนืดมากเกินไป หรือเติมผิดชนิดจากสูตรอาหารเดิมมีผลทำให้ความข้นหนืดมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นการพิจารณาว่าอาหารนั้นๆ สามารถส่งจำหน่ายได้หรือไม่จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตัดสินใจโดยดูข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ความร้อนอย่างละเอียด เพื่อประเมินว่าผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคหรือไม่ ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์นั้นได้รับความร้อนไม่พียงพอ (under processing) ผู้ผลิตอาจนำผลิตภัณฑ์นั้นไปแก้ไขเพื่อให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดความสมบูรณ์ในการฆ่าเชื้อก่อนส่งจำหน่าย เช่น นำไปฆ่าเชื้อใหม่ (reprocess) การบรรจุใหม่ (repack) หรือทำลายทิ้ง เป็นต้น

2.2 การผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน (สถาบันอาหาร, 2547)

การผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน เป็นการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเสื่อมเสีย รวมถึงพยาธิ และเอนไซม์ต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อน คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี การใช้ความร้อนในการถนอมอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) และการสเตอริไลซ์ (sterilization)

2.2.1 การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization)

จากการค้นพบของหลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) เมื่อ ค.ศ. 1864 โดยค้นพบว่าการให้ความร้อนไวน์ที่อุณหภูมิ 50-60°ซ เพียง 1-2 นาที จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียได้ ต่อจากนั้นมาจึงเรียกชื่อวิธีนี้ตามชื่อผู้ค้นพบว่า “pasteurization”

การพาสเจอร์ไรซ์ เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°ซ โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียส่วนใหญ่ในอาหาร จุลินทรีย์ที่ถูกทำลายจะเป็นพวกเซลล์จุลินทรีย์ (vegetative cell) เท่านั้น โดยจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจะอยู่ในสภาพที่อ่อนแอลง
- เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogen) เช่น เชื้อไทฟอยด์ อหิวาต์ คอตีบ วัณโรค ท้องร่วง เป็นต้น
- เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ไม่ต้องการ เช่น เอนไซม์ไลเปส และเอนไซม์โปรติเอส เป็นต้น
- เป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้ร่วมกับกรรมวิธีอื่น ๆ เช่น การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา การใช้สารเคมี เช่น เบนโซเอต และซอร์เบท การใช้น้ำตาลหรือเกลือ หรือกรดในปริมาณสูง ตัวอย่างอาหารที่ถนอมได้โดยการพาสเจอร์ไรซ์ เช่น น้ำผลไม้ นมพาสเจอร์ไรซ์ที่ต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำ แยมที่มีน้ำตาลปริมาณมาก ซอสพริกและน้ำพริกเผาที่มีเครื่องเทศปริมาณมาก
- เพื่อลดหรือจำกัดปริมาณจุลินทรีย์ในวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น การลดหรือกำจัดจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในน้ำนมที่ใช้ในการผลิตนมเปรี้ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อดีของการพาสเจอร์ไรซ์

ช่วยรักษาคุณภาพและคุณค่าของอาหาร เนื่องจากคุณภาพและคุณค่าของอาหารอาจเสื่อมเสียได้ง่ายด้วยความร้อนสูง เช่น การลดลงของกลิ่นรส วิตามินซีในน้ำส้ม การตกตะกอนของโปรตีนในน้ำนม หรือไข่ขาวจะเกิดการแข็งตัวเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์

อุณหภูมิและเวลาในการพาสเจอร์ไรซ์ ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- ความต้านทานความร้อน (heat resistance) ของจุลินทรีย์
- ลักษณะของอาหาร สามารถทนความร้อนได้มากหรือน้อยเพียงใด
- เชื้อจุลินทรีย์ที่เริ่มต้นปนเปื้อนในอาหาร

ระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์

ระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

- Low Temperature Long Time (LTLT) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิไม่สูง แต่ใช้เวลาในการให้ความร้อนนาน เช่น ที่อุณหภูมิ 60-65 °ซ นาน 30 นาที ซึ่งอาจทำให้อาหารเสียคุณค่าทางโภชนาการ
- High Temperature Short Time (HTST) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงแต่ใช้เวลาในการให้ความร้อนสั้น เช่น ที่อุณหภูมิ 72 °ซ นาน 15-16 วินาที วิธีนี้จะยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ได้ดีกว่าการพาสเจอร์ไรซ์แบบแรก

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ นมพาสเจอร์ไรซ์ น้ำผลไม้ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น น้ำอ้อย น้ำกระเจี๊ยบ น้ำใบเตย น้ำมะตูม น้ำมะนาว น้ำส้ม น้ำสับปะรด เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 การสเตอริไลซ์ (Sterilization)

การสเตอริไลซ์เป็นการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยใช้อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 100 °ซ เป็นต้นไป เพื่อทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิด (vegetative cell) และสปอร์ (spore) ของจุลินทรีย์ ซึ่งคำว่าสเตอริไลซ์นั้น มีความหมายว่าการทำลายเชื้อทั้งหมด ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสของอาหารด้วย

ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องจะใช้ความร้อนในระดับที่เรียกว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) การใช้เวลาและอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ เพื่อทำให้อาหารอยู่ในสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้า (commercial sterility) จะต้องมีระดับที่เพียงพอในการทำลาย หรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์หลัก ๆ ได้แก่

(1) จุลินทรีย์ชนิดเป็นพิษ รวมถึง *Clostridium botulinum* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคชนิดอื่น ๆ ในอาหาร ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

(2) จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ส่วนสปอร์จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่นั้นต้องไม่เจริญภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

ระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสเตอริไลซ์

ระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสเตอริไลซ์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ระดับ เช่นเดียวกับการพาสเจอร์ไรซ์ คือ

- การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องประเภทมีความเป็นกรดต่ำ (Low Acid Canned Food) ที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 °ซ เป็นเวลานาน

- การใช้กรรมวิธี UHT (Ultra-Heat Treatment หรือ Ultra High Temperature Sterilization) วิธีนี้เป็นการใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้นมาก (HTST, High Temperature Short Time) นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์นมบรรจุกล่องกระดาษ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 135 °ซ เป็นเวลา 2-5 วินาที แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว พร้อมบรรจุแบบปลอดเชื้อ วิธีการให้ความร้อนอาจใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หรือโดยพ่นไอน้ำโดยตรง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านระบบ UHT จะสามารถเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง

ปัจจัยในการพิจารณาเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาเพื่อการสเตอริไลซ์

ปัจจัยในการพิจารณาเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาเพื่อการสเตอริไลซ์ ขึ้นกับ

- องค์ประกอบและธรรมชาติของอาหาร เช่น pH ของอาหาร

- ความสามารถในการทนต่อความร้อนหรือความต้านทานความร้อน (heat resistance) ของจุลินทรีย์และสปอร์

- ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหาร ภาชนะบรรจุ และตัวกลางที่ใช้ในการส่งผ่านความร้อน

- ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์เริ่มต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งนี้จำเป็นต้องมีข้อมูลเรื่องความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์และเอนไซม์ รวมทั้งอัตราการแทรกผ่านของความร้อน (rate of heat penetration)

รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการถนอมอาหารด้วยความร้อน โดยทั่วไปจะบรรจุอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิท ได้แก่ กระป๋อง กล่อง Tetra Pack บรรจุภัณฑ์แก้วหรือบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ดังนั้นจุลินทรีย์ที่สำคัญในการทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเกิดสารพิษ คือ จุลินทรีย์กลุ่มที่สามารถเจริญได้ในสภาพกึ่งมีอากาศและไม่มีอากาศ (facultative anaerobe bacteria) อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาชนิดของจุลินทรีย์ อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารประเภทนั้นๆ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนด้วยวิธีการ สเตอริไลซ์ ได้แก่ อาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เช่น แกงเขียวหวานไก่บรรจุกระป๋อง เป็นต้น ผักผลไม้บรรจุกระป๋อง เช่น ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน หน่อไม้บรรจุกระป๋อง ผลิตภัณฑ์ UHT ต่างๆ เช่น น้ำนม UHT เป็นต้น

2.3 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ (วิไล, 2543)

ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.5) *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่อันตรายที่สุดสามารถสร้างสปอร์และมีความทนทานต่อความร้อน เชื้อสามารถเจริญเติบโตและผลิตสารพิษเอ็กโซทอกซิน (exotoxin) ซึ่งเป็นอันตรายแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยได้ด้วยภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท โดยทั่วไปจะมีการให้ความร้อนแก่อาหารมากกว่าความต้องการต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีจุลินทรีย์อื่นที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียที่คงทนต่อความร้อนมากกว่าอยู่ในอาหาร ตาราง 2.1 แสดงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มี pH ต่าง ๆ ในรูปของค่า D และค่า Z สามารถแบ่งอาหารออกตามความต้องการของการให้ความร้อนได้ตามตาราง 2.2 จุลินทรีย์จะมีความทนทานต่อความร้อนในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำมากกว่าในอาหารที่มีความเป็นกรดสูงกว่า สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดสูงสามารถใช้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ยีสต์หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนเป็นตัวกำหนดเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อน สำหรับวัตถุประสงค์หลักในการให้ความร้อนในอาหารที่เป็นกรดสูง (pH < 3.7) คือ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยเงื่อนไขการให้ความร้อนจะรุนแรงน้อยกว่าบางครั้งจึงเรียกว่าการพาสเจอไรซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีสภาพ pH ต่าง ๆ

ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	ช่วงความทนทานต่อความร้อน	
Low-acid และ medium-acid (pH > 4.5)		
- **Thermophiles (35-55 °C สร้างสปอร์ได้)**	**D_{250} หรือ D_{121} (min)**	**Z (°F)**
Flat-sour (*B. sterothermophilus*)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilage (*C. thermosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (*C. nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
- **Mesophiles (spores)**		
Putrefactive anaerobes		
C. botulinum (type A & B)	0.1-0.2	14-18
C. sporogenes (PA3679)	1.0-1.5	14-18
Acid-foods (pH 4.0-4.5)		
- **Thermophiles**		
B. coagulans (facultatively mesophile)	0.01-0.07	14-18
- **Mesophiles (spores)**	**D_{212} หรือ D_{100}**	**Z (°F)**
B. polymyxa และ *B. macerans*	0.1-0.5	12-16
(*C.pasteuianum*)	0.1-0.5	12-16
High-acid foods (pH ≤ 4)		
- **Mesophilic non-spore forming**	**D_{150} หรือ $D_{65.5}$**	**Z (°F)**
Lactobacillus spp. , *Leuconostoc* spp. , ยีสต์และรา	0.5-1.0	8-10

ที่มา : วิไล (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 การแบ่งประเภทของอาหารตามความต้องการของการให้ความร้อน

แบ่งตามความเป็นกรด	pH	ตัวอย่างอาหาร	กลุ่มอาหาร	จุลินทรีย์หรือต้นเหตุการเสื่อมเสีย	การให้ความร้อน
เป็นกรดต่ำ	7.0	เนื้อปู ไข่ หอยนางรม นม เนื้อวัว ข้าวโพด เป็ด ไก่ ปลา ปลาซาร์ดีน	เนื้อวัว ปลา นม สัตว์ปีก	เมโซไฟล์ แบคทีเรียแอนแอโรบซึ่งสามารถสร้างสปอร์	ให้ความร้อนสูงที่ 116°ซ - 21°ซ (240 - 250 °ฟ)
	6.0	คอร์นบีฟ ถั่วลิมา เมล็ดถั่วลันเตา แครอท หัวบีท หน่อไม้ฝรั่ง	ผัก	เทอร์โมไฟล์เอนไซม์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ	
	5.0	ซุปมะเขือเทศ	ซุป		
เป็นกรดปานกลาง	4.5		อาหารแปรรูป	ขีดจำกัดขั้นต่ำของการเจริญของ *C. botulinum*	
อาหารที่เป็นกรด		สลัดมันฝรั่ง มะเขือเทศ แพร์ แอปริคอต พีช ส้ม	ผลไม้	แบคทีเรียทนกรดซึ่งไม่สามารถสร้างสปอร์ได้ แบคทีเรียทนกรดซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้ เอนไซม์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ	ต้มในน้ำเดือดที่ 100°ซ (212°ฟ)
	3.7	กะหล่ำปลีดอง สัปปะรด สตรอเบอรี	เบอรี		
อาหารที่เป็นกรดสูง	3.0	ผักดอง ผลไม้ดอง น้ำมะนาว น้ำแครนเบอรี	อาหารซึ่งเป็นกรดสูง (ผักและผลไม้ดอง) อาหารที่เป็นของแข็งสูงและเป็นกรด	ยีสต์ รา	

ที่มา : วิไล (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า F-value หรือ process time

ค่า F หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นจะต้องระบุอุณหภูมิ (process temperature) และใช้ค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายด้วย

สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ F_t^Z เช่น F_{121}^{10} ถ้า Z = 10°ซ และ T = 121°ซ นั่นคือ F_{121}^{10} จะใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น F_0 ดังนั้น F_0 คือระยะเวลาเป็นนาทีที่ 121°ซ ที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ซึ่งมีค่า Z = 10°ซ ลดลงจำนวนหนึ่ง

ค่า F ยังสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F = D (\log N_0 - \log N)$$

โดยที่ N_0 = จำนวนเซลล์หรือสปอร์เริ่มต้น

N = จำนวนเซลล์หรือสปอร์สุดท้ายที่เหลืออยู่

D = ค่า D ของจุลินทรีย์ที่ทำการศึกษา

ถ้าการทดลองนี้ทำที่อุณหภูมิ 121°ซ และจุลินทรีย์มีค่า Z = 10°ซ ค่า F ที่คำนวณได้จะเท่ากับค่า F_0 การกำหนดค่า F_0 ขึ้นอยู่กับการทดลองเพราะต้องมีปัจจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องด้วย จึงมีการแนะนำให้บวกค่าความปลอดภัยค่าหนึ่งเข้าไปด้วยในการออกแบบกระบวนการแปรรูป คือ ด้จากการหาค่าการแทรกผ่านความร้อน และปัจจัยที่มีผลต่อค่า F_0 ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในวัตถุดิบ จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเตรียม คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ค่า F_0 จะแปรเปลี่ยนไปตามอาหารต่าง ๆ

โดยทั่วไปจะใช้แบคทีเรียที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงกว่า *C. botulinum* type A (D_{121} = 0.10 – 0.20) ในการกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อของอาหารกระป๋อง ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถฆ่า *C. botulinum* ได้ทั้งหมด การคำนวณเวลาที่ต้องใช้สำหรับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าจำเป็นต้องมีข้อมูลเรื่องความทนทานต่อความร้อนของเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า F เป็นความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ของกระบวนการ (lethality) หรืออัตราการทำลาย (lethal rate) ซึ่งเป็นค่าที่มีความสำคัญโดยเฉพาะเมื่อต้องการหาประสิทธิภาพในการทำลาย (lethal effect) ของช่วงอุณหภูมิที่กำลังให้ความร้อน แต่ยังไม่ถึงอุณหภูมิที่ต้องการและช่วงที่กำลังทำให้เย็นในรูปของความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ของกระบวนการที่จะใช้สำหรับ

เปลี่ยนเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิต่างๆ ให้เป็นเวลาในการฆ่าเชื้อที่ 121°ซ นั่นคือ สามารถแสดงค่า F ที่อุณหภูมิอื่น (นอกเหนือไปจาก 121°ซ) เช่น การให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิ 110 °ซ เป็นเวลา 13 นาที จะมีผลในการทำลายจุลินทรีย์ที่มีค่า Z = 10°ซ เท่ากับ 1 นาที ที่ 121°ซ

2.4 อัตราการแทรกผ่านของความร้อน (Rate of heat penetration) (วิไล, 2543)

ความร้อนจะถ่ายเทจากไอน้ำหรือน้ำที่ถูกแรงดันอัดผ่านภาชนะเข้าสู่อาหาร โดยทั่วไปแล้วค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะสูงมากและไม่ใช่ปัจจัยที่จำกัดการถ่ายเทความร้อน ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการแทรกผ่านของความร้อนไปสู่อาหารมีดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบและคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร

ของเหลวหรืออาหารบางชนิด เช่น เมล็ดถั่วลันเตาในน้ำเกลือ จะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพามากกว่าในอาหารแข็งซึ่งเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน อาหารมีค่าการนำความร้อนต่ำจึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนสำหรับอาหารที่ได้รับความร้อนจากการนำความร้อนเป็นหลัก องค์ประกอบและธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะปริมาณกรด หรือ pH มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการในกระบวนการผลิต ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่

1.1 pH ในอาหารกระป๋องเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญได้และปริมาณความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อ อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.5) จะต้องการความร้อนมากกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 4.5)

1.2 a_w ค่า a_w แสดงปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ หรือเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ อาหารกระป๋องส่วนใหญ่มีค่า $a_w > 0.98$ ดังนั้นจุลินทรีย์และสปอร์จึงสามารถเจริญได้ดี ถ้า $a_w < 0.85$ เชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Staphylococcus aureus* จะถูกยับยั้ง ดังนั้นจะทำให้ความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อน้อยลง

1.3 น้ำหนักบรรจุ (fill weight) ถ้ามากเกินไปจะทำให้อัตราการแทรกผ่านความร้อนลดลง ในการทดลองให้ใช้น้ำหนักบรรจุที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นในการผลิตจริง

1.4 ขนาดของชิ้นอาหาร หรือที่เรียกว่า “cut” และการเรียงตัวของอาหารในกระป๋อง ชิ้นอาหารขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่าชิ้นอาหารขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามต้องระวังว่าอาหารที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะตกลงมาอัดกันแน่นที่ก้นกระป๋องหรืออาหารที่เรียงตัวตามแนวนอนหรือแนวตั้งจะมีการเคลื่อนที่ของของเหลวยากง่ายต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 ความข้นหนืด (viscosity / consistency) ความข้นหนืดจะมีผลต่ออัตราการถ่ายโอนความร้อนและระดับของการผสม (agitation) ที่ช่องว่างเหนืออาหาร (headspace) การใส่แป้งมากเกินไปหรือใช้แป้งผิดประเภทอาจทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนลดลง ซึ่งจะเกิดปัญหาการให้ความร้อนไม่เพียงพอ (under processing) ได้

1.6 การดูดคืนน้ำ (rehydration) ขององค์ประกอบ สปอร์อาจจะเจริญได้ถ้าอาหารและองค์ประกอบดูดคืนน้ำได้ไม่เพียงพอในระหว่างการแปรรูป ในความร้อนแห้งสปอร์เหล่านี้จะทนความร้อนได้นานกว่าในความร้อนชื้น ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดมาตรฐานของขนาดและความหนาแน่นของส่วนผสมแห้ง

1.7 วัตถุกันเสีย และสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และสปอร์ เช่น เกลือไนเตรทไนไตรท์ ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก และไส้กรอก

1.8 อัตราส่วนของของแข็งและของเหลวที่บรรจุ การบรรจุของแข็งมากเกินไปจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง

1.9 การเตรียมวัตถุดิบ เช่น มีการลวก หรือแช่ในน้ำหรือสารละลายก่อนหรือไม่

1.10 ช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง ถ้าช่องว่างนี้ไม่เพียงพอ จะทำให้การหมุนเวียนของอาหารในกระป๋องไม่เพียงพอ และอาจเกิดการให้ความร้อนไม่พอได้

1.11 อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ

2. ขนาดของบรรจุภัณฑ์ การส่งผ่านความร้อนไปยังจุดกึ่งกลางในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กจะทำได้เร็วกว่าในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่กว่า

3. การหมุนกระป๋องในแกนนอน หรือในแกนตั้ง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการพาความร้อนและเพิ่มอัตราการแทรกผ่านความร้อนในอาหารที่มีความหนืดหรืออาหารกึ่งแข็ง เช่น เมล็ดถั่วในซอสมะเขือเทศ

4. อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารและตัวกลางให้ความร้อนที่สูงกว่าจะให้การแทรกผ่าความร้อนที่เร็วกว่า

5. รูปร่างของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะสูงจะส่งเสริมให้เกิดการพาดีขึ้นในอาหารที่ได้รับความร้อนโดยการพา

6. ชนิดของบรรจุภัณฑ์ การส่งผ่านความร้อนผ่านโลหะจะเร็วกว่าผ่านแก้วหรือพลาสติกเนื่องจากความแตกต่างเรื่องคุณสมบัติการนำความร้อน

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การเรียงกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ วิธีการทำให้เย็น ใช้น้ำเย็นหรืออากาศที่มีอุณหภูมิและความดันเท่าไหร่ ตำแหน่งของคู่ควบความร้อน (thermocouple)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกระป๋อง การดูแลกระป๋องหลังปิดผาแล้ว เวลาที่ใช้กว่าเครื่องฆ่าเชื้อจะมีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่กำหนด หรือ come-up time (CUT) การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ตำแหน่งของกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ

อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด (cold point) ของอาหารกระป๋องขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารนั้นๆ การถ่ายโอนความร้อนในอาหารจะซับซ้อนและมีผลต่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ที่จะแบ่งประเภทอาหารตามลักษณะทางความร้อน ดังนี้

1. อาหารที่ถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (conductive heating packs) ความร้อนจะถูกถ่ายเทในทุกทิศทุกทางผ่านผนังกระป๋อง แล้วผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางกระป๋อง (geometric center) การถ่ายเทความร้อนแบบนี้จะช้ากว่าแบบการพาความร้อน

2. อาหารที่ถ่ายเทความร้อนแบบการพา (convective heating packs) ความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยที่โมเลกุลของอาหารเคลื่อนที่ไปด้วย เช่น อาหารที่มีความข้นหนืดต่ำหรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดเล็กในน้ำเกลือ เมื่อได้รับความร้อนส่วนที่เป็นของเหลวจะได้รับความร้อนก่อนทำให้ความหนาแน่นน้อยลงจึงเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่ลงล่าง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอาหารภายในกระป๋องจุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ปริมาณ ¾ นิ้ว จากด้านล่างสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก ถ้าเป็นกระป๋องขนาดใหญ่ เช่นกระป๋องเบอร์ 10 จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ปริมาณ หนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างกระป๋อง

ถ้าหากอาหารนั้นมีการพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) ซึ่งจะมีแรงภายนอกออกมาบังคับให้โมเลกุลของอาหารเคลื่อนที่ เกิดการผสมกันภายในกระป๋อง ทำให้การถ่ายโอนความร้อนเป็นไปได้เร็วขึ้น เช่น การฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อแบบมีการหมุนในกรณีนี้มักไม่พบจุดร้อนช้าที่สุดหรือถ้ามีก็อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกระป๋อง

3. อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม (complex heating packs) อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืด ซึ่งในช่วงแรกจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพา และเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะข้นหนืดมากขึ้นและการถ่ายโอนความร้อนจะเปลี่ยนเป็นแบบการนำ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่ๆ ในของเหลวซึ่งส่วนของเหลวจะร้อนเร็วกว่าส่วนที่เป็นชิ้นอาหาร จุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุดจะอยู่ระหว่างจุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบการนำและแบบการพา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาอัตราการแทรกผ่านความร้อนทำได้โดยการวัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหารในบรรจุภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่เรียกคู่ควบความร้อน เพื่อวัดอุณหภูมิในอาหารระหว่างกระบวนการให้ความร้อน โดยประเมินว่าจุดอื่น ๆ ของบรรจุภัณฑ์จะได้รับความร้อนสูงกว่าจุดนี้ ในการสเตอริไลซ์แบบต่อเนื่องจะมีคู่ควบความร้อนต่ออยู่ที่จุดศูนย์กลางความร้อนของบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตามตำแหน่งที่แน่นอนของจุดดังกล่าวจะแตกต่างกันไปสำหรับอาหารเหลวชนิดต่าง ๆ ซึ่งควรหาค่าเหล่านี้ก่อนจากการทดลอง

2.5 การฆ่าเชื้อหรือกรรมวิธีการให้ความร้อน (Retorting หรือ Heating processing) (วิไล , 2543)

2.5.1 การฆ่าเชื้อโดยไอน้ำอิ่มตัว

เมื่อไอน้ำอิ่มตัวกลั่นตัวลงที่ด้านนอก จะมีการถ่ายความร้อนแฝงไปยังอาหาร ถ้ามีอากาศอยู่ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ อากาศนี้จะรวมตัวกันเป็นฉนวนฟิล์มอยู่รอบ ๆ กระป๋องและขัดขวางการควบแน่น ของน้ำ ทำให้อาหารได้รับความร้อนไม่เพียงพอ อุณหภูมิที่ได้ก็จะต่ำกว่าอุณหภูมิของไอน้ำอิ่มตัว จึงต้องกำจัดอากาศภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (venting) ทั้งหมดออกไปก่อนโดยการแทนที่ด้วยไอน้ำ

หลังการสเตอริไลซ์การหล่อเย็นอาหารในบรรจุภัณฑ์ด้วยน้ำเย็น ไอน้ำจะควบแน่นอย่างรวดเร็ว ส่วนอาหารจะเย็นลงอย่างช้า ๆ แต่ความดันภายในบรรจุภัณฑ์จะยังสูงอยู่ ความดันอากาศที่ยังสูงนี้จะป้องกันแรงเค้นที่รอยปิดผนึก (pressure cooling) เมื่ออาหารเย็นตัวลงต่ำกว่า 100°ซ ความดันของอากาศจะลดลงและเย็นลงจนกระทั่งประมาณอุณหภูมิ 40°ซ ที่อุณหภูมินี้บรรจุภัณฑ์จะแห้งเองเพื่อป้องกันสนิมและฉลากจะติดแน่นเร็วขึ้น ถาดที่ทำจากโพลิเมอร์แบบแข็งจะได้รับความร้อนเร็วกว่าบรรจุภัณฑ์แบบเดิมอื่น ๆ เนื่องจากมีหน้าตัดบางกว่า การฆ่าเชื้ออาหารในถาดแข็งนี้ใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบทั่วไปด้วยใช้ไอน้ำอิ่มตัวที่ 121°ซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.2 การฆ่าเชื้อโดยใช้น้ำร้อน

อาหารซึ่งบรรจุในแก้วหรือรีทอร์ทเพาซ์จะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยน้ำร้อนภายใต้อากาศที่มีความดันสูง อาหารในรีทอร์ทเพาซ์จะได้รับความร้อนเร็วกว่าบรรจุในวัสดุอื่นเนื่องจากบรรจุภัณฑ์มีหน้าตัดบางกว่า ทำให้สามารถประหยัดพลังงานและยังป้องกันผิวหน้าของ

อาหารไม่ให้ได้รับความร้อนมากเกินไป นิยมให้ความร้อนแก่อาหารเหลวหรืออาหารกึ่งเหลวในแนวนอนเพื่อให้อาหารในเพาซ์มีความสม่ำเสมอ การวางบรรจุภัณฑ์ในแนวตั้งจะช่วยให้การหมุนเวียนของน้ำร้อนในเครื่องดี แต่จำเป็นต้องใช้โครงยึดเพื่อป้องกันไม่ให้เพาซ์ตกมารวมกันอยู่ด้านล่าง ซึ่งจะทำให้อัตราการแทรกผ่านความร้อนและระดับการสเตอริไลซ์เปลี่ยนไป แม้ว่าเพาซ์จะเป็นที่นิยมในแถบตะวันออกไกลและนิยมใช้ในการบรรจุอาหาร แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในเชิงการค้าทั้งในแถบยุโรปและอเมริกา

2.6 บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (Flexible Containers) (วิไล, 2543)

เนื่องจากกระป๋องเป็นภาชนะที่หนัก กินที่ และบุบ หรือบวมในเวลาเก็บรักษา นักวิจัยจึงคิดค้นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (pouch) ที่ทนความร้อนสูง (121°ซ) เช่นเดียวกับกระป๋อง ให้ชื่อว่าบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวทนความร้อนสูง (retort pouch) เพื่อใช้บรรจุอาหารแทนกระป๋องหรือขวดแก้วได้เป็นอย่างดี ในปี ค.ศ. 1979 หน่วยงานทางทหารของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ผลิตอาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภค (Meals-Ready-to-Eat : MRE) โดยใช้บรรจุภัณฑ์อ่อนตัวทนความร้อนสูงเพื่อเป็นเสบียงอาหารให้ทหารจำนวนมากทำให้อาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวทนความร้อนสูงเป็นที่นิยมในการผลิตทางการค้าเพื่อประชากรทั่วไปมากขึ้น โดยเฉพาะชาวญี่ปุ่นที่นิยมบริโภคอาหารบรรจุบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวทนความร้อนสูงเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ละปีจะมีปริมาณ 750 ล้านถุง

ลักษณะของบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวทนความร้อนสูงที่นิยมใช้มากที่สุดประกอบด้วยวัสดุ 3 ชั้นลามิเนท (laminate) ติดกัน คือ พอลิเอสเทอร์ (polyester) อะลูมินัมฟอยล์ (aluminum foil) และพอลิโพรพิลีน (polypropylene) โดยชั้นนอกสุดเป็นพอลิเอสเทอร์ ทำหน้าที่ป้องกันการขูดขีดมีความแข็งแรง คงทน และอ่อนตัว มีความหนาประมาณ 0.0005 นิ้ว (0.0127 มม.) ส่วนชั้นกลางเป็นอะลูมินัมฟอยล์ เพื่อป้องกันแสง น้ำ และออกซิเจน ไม่ให้ผ่านเข้าไปสัมผัสกับกับอาหารภายในได้ ทำให้คงทนต่อการเก็บรักษา มีความหนาประมาณ 0.00035 นิ้ว ถึง 0.0007 นิ้ว หรือ 0.00889 มม. ชั้นในสุดจะเป็นพอลิโพรพิลีน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีในการทนต่อสภาวะต่าง ๆ ของอาหารได้ทุกชนิด ภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัวนี้ต้องทนความร้อนในเครื่องรีทอร์ทได้ 121 °ซ หรือน้อยกว่า ซึ่งได้รับการรับรองจาก FDA (Food and Drug Administration) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1977 วิไล (2543) รายงานว่า ได้มีการศึกษาเรื่องการแทรกผ่านภาชนะบรรจุของแบคทีเรีย พบว่า ชั้นลามิเนทของรีทอร์ทเพาซ์จะไม่ยอมให้แบคทีเรียแทรกผ่านได้ นอกจากจะมีรอยแตกในชั้นลามิเนทซึ่งสามารถตรวจสอบรอยแตกนั้นได้โดยเทคนิคย้อมสี รอยแตก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอะลูมินัมฟอยล์ไม่ยอมให้แบคทีเรียผ่านเข้าไปในอาหารได้ตราบใดที่รอยนั้นไม่ทะลุผ่านชั้นพลาสติก

นอกจากวัสดุต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีการพัฒนาวัสดุอื่น ๆ อีก ได้แก่ การใช้ฟิล์มที่สามารถป้องกันการแทรกผ่านของออกซิเจนสูง เช่น เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ (EVOH) และพอลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (PVDC) วิไล (2543) กล่าวว่า มีงานวิจัยจำนวนมากที่พัฒนาการผลิตรีทอร์ทเพาซ์ที่ไม่ใช้อลูมินัมฟอยล์ รีทอร์ทเพาซ์ดังกล่าวที่มีการผลิตในเชิงการค้า ได้แก่ พอลิเอสเทอร์/พอลิยูเรเทน/พอลิเอทิลีน ซึ่งมีความหนาแน่นสูง โดยใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 เดือน หรือน้อยกว่า หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องแช่เย็น

2.7 ว่านหางจระเข้ (*Aloe barbadensis Mill.* , Aloe vera) (สุธิดา, 2545)

ว่านหางจระเข้เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลลิเลี่ยม (Lilium) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aloe vera L.* อยู่ในวงศ์ Liliaceae มีชื่อเรียกตามภาษาท้องถิ่นดังนี้ ภาคกลาง และภาคเหนือ เรียกว่า ว่านหางจระเข้ ภาคอีสาน เรียกว่า ว่านหางจระเข้ ว่านแข้ หว่านตะแข่ หว่านตะเข้ ภาคใต้เรียกว่า หว่านเข้

2.7.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ว่านหางจระเข้เป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี สูง 0.5-1 เมตร ข้อและปล้องสั้น มีใบเดี่ยวเรียงรอบต้น ใบมีความกว้าง 5-12 ซม. ความยาวยาว 30-80 ซม. มีลักษณะอวบน้ำมาก สีเขียวอ่อนหรือเขียวเข้ม ภายในมีวุ้นใส ใต้ผิวสีเขียวมีน้ำยางสีเหลือง ใบอ่อนมีประสีขาว ดอกช่อ ออกจากกลางต้น ดอกย่อยเป็นหลอดห้อยลง สีส้ม บานจากล่างขึ้นบน ผลเป็นผลแห้ง ว่านหางจระเข้ผลิดอกในช่วงฤดูหนาว ดอกจะมีสีต่างๆ กัน เช่น เหลือง ขาว และแดง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของว่านหางจระเข้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.1 ว่านหางจระเข้ (*Aloe barbadensis Mill.*)

ที่มา : http://www.school.net.th

2.7.2 ชนิดของว่านหางจระเข้

ว่านหางจระเข้มีแหล่งกำเนิดในแถบชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและบริเวณตอนใต้ของทวีปแอฟริกา ในประเทศไทย พบปลูกมากที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พันธุ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเป็นพันธุ์ที่มีขนาดใบใหญ่สีเขียว คือ *Aloe barbadensis Mill.* สำหรับพันธุ์พื้นบ้านที่พบได้ทั่วไป ใบมีขนาดเล็กสีเขียวอ่อนลายกระสีขาว คือ *Aloe indica Royle* ว่านหางจระเข้ที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิด *Aloe vera Lin. var.* chinensis (Haw) Berg.

2.7.3 สารเคมีที่สำคัญในว่านหางจระเข้

สารอะโลอิน (aloin) และสารอื่นๆ มีฤทธิ์ยับยั้งเอ็นไซม์ ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งอยู่ใต้ผิวหนัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7.4 วิธีใช้ว่านหางจระเข้

- ต้นว่านหางจระเข้ที่จะนำมาใช้ควรเป็นต้นที่ปลูกนาน 1 ปีขึ้นไป อย่างไรก็ตามต้นเล็กๆ ก็มีสรรพคุณ ในการรักษาเช่นกัน แต่สรรพคุณของมันจะมีมากขึ้นตามอายุ

- การใช้ใบว่านหางจระเข้ ปกติควรใช้ใบล่างสุด เพราะเป็นใบที่แก่และใหญ่กว่าใบอื่น ดังนั้นจึงมีเมือกมากและมีคุณค่าทางยามากกว่า ก่อนนำใบว่านหางจระเข้มาใช้ต้องล่างให้สะอาดเสียก่อน ใบว่านที่นำมาใช้ยิ่งสดเท่าไหร่ยิ่งดี ทั้งนี้เพราะใบที่ถูกตัดจากต้นแล้วสรรพคุณจะลดลงเรื่อยๆ วิธีที่ประหยัดต้นว่านหางจระเข้และทำให้มีสรรพคุณดีที่สุด คือ ตัดใบเอามาใช้เท่าที่จำเป็นและพอใช้ ใน 1 วัน การตัดใบว่านออกมาบางส่วนไม่ได้ทำอันตรายต่อต้นไม้ เพราะว่ารอยตัดจะปิดตัวลงอย่างรวดเร็ว ใบว่านหางจระเข้สามารถเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 3-4 วัน หากนำมาแช่ในตู้เย็นสามารถเก็บไว้ใช้ได้ไม่เกิน 7 วัน

- วุ้นและน้ำเมือก เมื่อเราปอกเปลือกว่านหางจระเข้จนหมด จะเหลือส่วนที่เป็นเนื้อใสๆ ส่วนนี้เรียกว่า วุ้น และเมื่อขูดเนื้อวุ้นนี้จะมีน้ำไหลออกมา เรียกว่า เมือก วุ้นว่านหางจระเข้สามารถใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ ช่วยสมานห้ามเลือด ระงับปวด และรักษาโรคผิวหนังได้เป็นอย่างดี

2.7.5 ข้อควรระวังในการใช้ว่านหางจระเข้

1. สำหรับบาดแผล ก่อนใช้ต้องนำว่านหางจระเข้ไปลวกน้ำร้อนก่อน ผู้ที่มีผิวบอบบาง ให้ใช้เฉพาะส่วนเนื้อวุ้นที่มีฤทธิ์ระคายเคืองค่อนข้างน้อย
2. ถ้ารับประทานว่านหางจระเข้แล้วอาเจียนและท้องร่วง ควรลดปริมาณลง และถ้ารับประทาน 1 สัปดาห์แล้วอาการยังไม่หาย ก็ควรหยุดรับประทาน
3. ผู้ป่วยที่ร่างกายแข็งแรง ให้รับประทานในขณะท้องว่างหรือก่อนอาหาร ส่วนผู้ป่วยที่ร่างกาย อ่อนแอให้รับประทานหลังอาหาร และผู้ที่รับประทานครั้งแรกควรรับประทานหลังอาหาร ควรเริ่มรับประทานในปริมาณน้อยก่อน แล้วค่อยเพิ่มปริมาณมากขึ้น จนรับประทานได้วันละ 2 ช้อนโต๊ะ
4. ควรกินตามสภาพสุขภาพร่างกาย เพราะว่านหางจระเข้จะให้สรรพคุณไม่เหมือนกันตามสภาพร่างกายและอาการเจ็บป่วยที่ต่างกัน
5. ผู้ที่เกิดอาการลมชัก ควรรีบพาไปให้แพทย์ตรวจรักษา อย่าให้รับประทานว่านหางจระเข้
6. สตรีในช่วงที่มีรอบเดือนหรือตั้งครรภ์ ควรเลี่ยงไม่รับประทานว่านหางจระเข้
7. น้ำคั้นจากใบว่านสดที่แช่ไว้ในตู้เย็น หากมีสีเปลี่ยนไปก็ไม่ควรรับประทานอีก
8. ใบว่านไม่ว่าจะเป็นใบสด น้ำคั้นหรือน้ำว่านต้ม สามารถรับประทานได้เป็นประจำ ซึ่งใบสดจะให้ผลดีกว่า
9. ว่านหางจระเข้ไม่มีฤทธิ์เสพติดจึงใช้ต่อเนื่องได้ โดยไม่ต้องรับประทาน มากขึ้นเรื่อยๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7.6 สรรพคุณและวิธีใช้ว่านหางจระเข้ในการรักษาโรคเบาหวาน

โรคเบาหวานนี้ใช่จะเป็นกันแต่ในคนวัยกลางคนและวัยชราเท่านั้น แม้กระทั่งเด็กก็มีแนวโน้มว่าจะเป็นโรคเบาหวานกันมากขึ้น สาเหตุนั้นอาจเกี่ยวกับความอ้วนและวิธีกินอาหารแบบตะวันตก โรคเบาหวาน หมายถึง สภาวะการเผาผลาญอาหารในร่างกายผิดปกติ โดยมีลักษณะสำคัญคือ เกิดจากตับอ่อนสร้างสารอินซูลินไม่เพียงพอ จนทำให้ในเลือดมีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น อาการของโรคเบาหวานมี ดังนี้ อ่อนเพลีย คอแห้ง อ่อนระโหยโรยแรง ปัสสาวะมาก และถ้าเป็นหนักความต้องการทางเพศจะลดน้อยถอยลง และสูญเสียภูมิต้านทานโรค ถึงขนาดอาจเกิดโรคแทรกซ้อนขึ้นได้ การรักษาที่เหมาะสมจะช่วยให้อาการของโรคเบาหวานดีขึ้น แต่ก็จะไม่หายขาด และจะเป็นโรคนี้ไปตลอดชีวิต จึงควรศึกษาโรคเบาหวานให้ดี และรักษาตัวตามคำแนะนำของแพทย์ เนื่องจากว่านหางจระเข้มีส่วนเสริมสร้างกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกาย ช่วยให้ร่างกายแข็งแรง จึงใช้ว่านหางจระเข้ควบคู่กับการรักษาจากแพทย์ จะช่วยให้สามารถควบคุมอาการเบาหวานไว้ได้ ว่านหางจระเข้ก็ช่วยกระตุ้นการเผาผลาญอาหารในร่างกายได้ จึงใช้ได้ผลดีมาก วิธีรับประทานจะรับประทานว่านสดหรือจะดื่มน้ำคั้นว่านหางจระเข้ก็ได้ ในปริมาณ 15 กรัมทุกวัน หากเป็นการรับประทานเพื่อป้องกันโรค ก็อาจรับประทานในปริมาณที่น้อยลง

2.7.7 การเลือกซื้อว่านหางจระเข้

การเลือกซื้อว่านหางจระเข้มีข้อควรสนใจดังนี้

1. เลือกลำต้นอวบใหญ่และไม่แห้ง มีใบกว้างตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ขึ้นไปถึงจะดี ถ้าลำต้นแห้งเฉาไม่ควรเลือกซื้อ
2. ใบว่านต้องหนาและมีเนื้อมาก เมื่อใช้นิ้วมือกดดูจะรู้สึกนิ่ม
3. ใบต้องได้รับแสงอย่างเพียงพอ
4. หนามแหลมที่ขอบใบต้องบ่งบอกถึงความสดใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 แมงลัก (*Ocimum basilicum Linn.*)(ดวงจันทร์, 2549)

แมงลัก มีชื่อเรียกในภาษาท้องถิ่นแตกต่างกันออกไป เช่น ทางภาคเหนือ เรียกว่า ก้อมก้อข้าว มังลัก แมงลัก ก้อมก้อขาว ทางภาคกลาง เรียกว่า มังลัก ภาคอีสาน เรียกว่า ผักอีตู่ แมงลักมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ocimum basilicum Linn*. forma citratum Ba) จัดอยู่ในวงศ์ Labiatae

ภาพ 2.2 แมงลัก (*Ocimum basilicum Linn.*)

ที่มา : http://natres.psu.ac.th

2.8.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แมงลักเป็นพืชล้มลุกที่ใช้เป็นอาหารได้ทั้งใบและเมล็ด ส่วนที่เป็นใบนั้นมีกลิ่นฉุน ใช้ประกอบอาหารเช่นเดียวกับกระเพราและโหระพา เมล็ดแมงลักนำมาทำเป็นยาระบายได้ และสามารถนำมาทำเป็นอาหารเสริมลดความอ้วนได้ แมงลักมีลักษณะทรงพุ่มคล้ายโหระพามีความสูง 30-80 เซนติเมตร ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้าม รูปรี กว้าง 1-2.5 เซนติเมตร ยาว 2-5 เซนติเมตร ปลายและโคนใบแหลม มีกลิ่นหอม ขอบใบเรียวหรือหยักมนๆ ดอก มีสีขาว ออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ช่อดอกยาว 6-10 เซนติเมตร ใบประดับจะคงอยู่เมื่อเป็นผล ผลเป็นผลชนิดแห้ง รูปรี ขนาดเล็ก

2.8.2 การใช้ประโยชน์

ส่วนที่ใช้เป็นยาจะใช้ผลแก่แห้ง (ซึ่งมักเรียกว่า เมล็ดแมงลัก) จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พบว่า เมล็ดแมงลักประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ และสารประกอบอื่นๆ เช่น แคมฟีน (Camphene) ยูซิลเลจ (ucillage) ไมร์ซีนออยล์ (myrcene oil) ดีกลูโคส (D-Glucose) เป็นต้น บริเวณเปลือกนอกของเมล็ดแมงลัก จะมีสารเมือก ซึ่งสามารถพองตัวได้ 45 เท่า และได้มีการวิจัยพบว่า เมล็ดแมงลักมีสรรพคุณเป็นยาระบาย เพิ่มกากอาหารได้ และสารเมือกยังสามารถช่วยหล่อลื่นให้อุจจาระอ่อนตัว สามารถขับถ่ายได้สะดวกยิ่งขึ้น จึงได้มีการนำเมล็ดแมงลักมารับประทานก่อนอาหาร หรือบางท่านก็รับประทานแทนอาหาร เพื่อไม่ให้กระเพาะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารว่าง จึงสามารถใช้ลดความอ้วนได้ เพราะเมล็ดแมงลักไม่ก่อให้เกิดพลังงาน การรับประทานเมล็ดแมงลัก สามารถเตรียมได้โดยใช้เมล็ดแมงลัก 1-2 ช้อนชา แช่น้ำ 1 แก้วใหญ่ ทิ้งไว้จนกว่าจะพองเต็มที่ รับประทานก่อนอาหาร หรือทดแทนอาหารเป็นบางมื้อเท่านั้น เพราะหากรับประทานเมล็ดแมงลักทดแทนอาหารทุกมื้ออาจจะทำให้เป็นโรคขาดสารอาหารได้ นอกจากนั้นแล้วการรับประทานเมล็ดแมงลักในปริมาณมากๆ อาจทำให้เกิดอาการแน่นท้อง หรือถ้ารับประทานในขณะที่เมล็ดแมงลักยังไม่พองเต็มที่ ก็จะเกิดการดูดน้ำจากกระเพาะอาหารได้ ทำให้เมล็ดแมงลักจับตัวเป็นก้อนแข็ง และอุดตันลำไส้ ทำให้ท้องผูกได้มากขึ้น

2.8.3 สารเคมีที่สำคัญในแมงลัก

เมล็ดแมงลักประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรตหลายชนิดซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ และสารประกอบอื่นๆ เช่น camphene, mucillage, myrcene oil, D-Glucose เป็นต้น เปลือกผลแมงลัก มีสารเมือก (mucilage) ซึ่งพองตัวในน้ำได้ ใบแมงลักมีน้ำมันหอมระเหยประเภทการบูร เบอร์นีอัล ซีนีออล และยูจีนอล

2.8.4 สรรพคุณทางยาและวิธีใช้

- ใช้เป็นยาระบาย แก้อาการท้องผูก : นำเมล็ดแมงลักประมาณ ครึ่ง-หนึ่งช้อนชาแช่น้ำ 1 แก้ว ทิ้งไว้ให้พองเต็มที่ รับประทานก่อนนอน

- ช่วยขับลม ลดอาการจุกเสียด แน่นท้อง แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ : ใบแมงลักมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีฤทธิ์ขับลม มักใช้ในรูปผักสดหรือใช้ปรุงเป็นอาหาร เช่น แกงเลียง ขนมจีนน้ำยา เป็นต้น

- ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ต้องการลดความอ้วน : ใช้แมงลัก 1 - 2 ช้อนชา ผสมน้ำ 1 แก้วใหญ่ รับประทานก่อนอาหาร หรือแทนอาหารบางมื้อ

- ใช้รักษากลากน้ำนมที่หน้าเด็ก : ใช้ใบแมงลัก 10 ใบ นำมาตำผสมกับน้ำเล็กน้อย คั้นน้ำ แล้วนำน้ำที่ได้มาทาบริเวณที่เป็นกลากน้ำนม ซึ่งมักจะเห็นเป็นผื่นแดง ใช้ทาวันละครั้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ อาการกลากน้ำนมจะหายไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8.5 ข้อควรระวังในการใช้

ถ้าใช้เมล็ดแมงลักที่ยังพองตัวไม่เต็มที่ จะทำให้มีการดูดน้ำจากลำไส้เกิดอาการขาดน้ำ และอาจเกิดอาการลำไส้อุดตันได้โดยเฉพาะที่บดเป็นผง

2.9 มะตูม (*Aegle marmelos (L.) Corr. Serr.*) (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2545)

มะตูมเป็นไม้ยืนต้น มีชื่อพื้นเมืองหลายอย่างเรียกกันแตกต่างไป เช่น ภาคเหนือ เรียกว่า มะปิน ภาคใต้ เรียกว่า กะทันตาเถร ตูม ตุ่มตัง ภาคกลาง เรียกว่า มะตูม ภาคอีสาน เรียกว่า บักตูม หมากตูม เป็นต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Aegle marmelos (L.) Corr.* อยู่ในวงศ์ Rutaceae

ภาพ 2.3 มะตูม *Aegle marmelos*
ที่มา : http://www.doae.go.th

2.9.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะตูมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 10 - 15 เมตร ตามลำต้นและกิ่งมีหนามแข็งแหลมคมอยู่มากมาย เรือนยอดกลม เปลือกลำต้นเรียบ สีน้ำตาล

- ใบ เป็นใบประกอบชนิดมีใบย่อย 3 ใบ ออกเวียนเป็นเกลียวรอบกิ่ง ใบย่อยรูปไข่หรือรูปหอกแกมรูปไข่ ปลายใบเรียวแหลม กว้าง 1.75-7.5 เซนติเมตร ยาว 4-13.5 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ฐานใบมน ก้านใบยาว ใบมีกลิ่นหอม หากนำไปส่องแดดจะเห็นเนื้อใบมีต่อมน้ำมันเป็นจุดใสๆ กระจายอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ดอก เป็นดอกช่อ ออกตรงปลายกิ่งหรือซอกใบ ดอกย่อยสีขาว หรือขาวปนเขียว ด้านในสีนวล มีกลิ่นหอมไกล กลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 4-5 กลีบ

- ผล เป็นรูปไข่หรือรูปกลม เปลือกผลจะหนาแข็ง ผลอ่อนมีเปลือกสีเขียว เมื่อแก่กลายเป็นสีเขียวอมเหลือง ภายในผลมีเนื้อสีส้มปนเหลือง เนื้อนิ่มมีเมล็ดจำนวนมากแทรกอยู่ในเนื้อผล

2.9.2 สารสำคัญที่พบในมะตูม

สาระสำคัญที่พบในมะตูมมีมากมายหลายชนิด เช่น แทนนิน (tannin) เพคติน (pectin) สารเมือก (mucilage) และสารอื่นๆ นอกจากนี้ นักวิจัยไทยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของยางมะตูม (bael gum) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์เป็นสารปรุงแต่งในตำรับยาน้ำกระจายตัว พบว่ายางมะตูมเป็นสารปรุงแต่งที่ดีสำหรับตำรับยาน้ำกระจายตัวตำรับน้ำมันกระจายในน้ำ (oil in water emulsions) และของแข็งกระจายในน้ำ (suspending agent) ผลมะตูมแก่มีสารที่เป็นเมือก (mucilage) เพคติน และน้ำมันหอมระเหย ผลมะตูมสุกมีสารที่เป็นเมือก เพคติน น้ำมันหอมระเหย และ แทนนิน (ประจักษ์, 2547)

2.9.3 ประโยชน์ทางยา

ส่วนต่างๆ ของมะตูมที่ใช้เป็นยา ได้แก่ รากมีรสชาติฝาดปร่า ชา และขื่นเล็กน้อย ใช้แก้พิษฝี แก้ไข้ แก้โรคหืดหอบ แก้ไอช่วยขับเสมหะ รักษาน้ำดี ใบมะตูมมีรสชาติฝาด ปร่า ซ่า ขื่น และมัน เป็นยาบำรุงธาตุ ทำให้เจริญอาหาร แก้โรคลำไส้ แก้ท้องเดิน แก้หวัด แก้หลอดลมอักเสบ น้ำคั้นจากใบมะตูมใช้ทาแก้หวัด แก้บวม และแก้เยื่อตาอักเสบ ผลมะตูมแก่ จะมีรสฝาดหวาน มีสรรพคุณช่วยบำรุงธาตุ ช่วยให้เจริญอาหารและช่วยขับลม ผลมะตูมสุก มีรสหวานเย็น มีสรรพคุณช่วยแก้ลม แก้เสมหะ แก้มูกเลือด บำรุงไฟธาตุ แก้กระหายน้ำ และขับลม อีกทั้งยังช่วยแก้อาการปวดหัว วิงเวียน และช่วยลดความดันโลหิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.9.4 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ต้านยีสต์ ต้านไวรัส ต้านเชื้อมาลาเรีย ฆ่าไส้เดือน ฆ่าพยาธิ ฆ่าแมลง ยับยั้งการหดเกร็งของลำไส้ ยับยั้งการเคลื่อนไหวของลำไส้ คลายกล้ามเนื้อเรียบ ต้านฮีสตามีน ลดระดับน้ำตาลในเลือด ยับยั้งระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มระดับอินซูลิน

(insulin) ลดระดับไขมันในเลือด ลดการอักเสบ รักษาแผลในกระเพาะอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพบว่าเมื่อนำสารแทนนินซึ่งสกัดจากใบมะตูมไปใช้ทดสอบกับหนูขาวที่เป็นโรคเบาหวาน ทำให้หนูขาวนั้นมีระดับน้ำตาลในเลือดลดลงเนื่องจากเกิดการหลั่งของอินซูลินหรือฮอร์โมนควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดมากขึ้น (รักเกียรติ, 2549)

2.10 สารให้ความหวาน (ศิวาพร, 2546)

รสหวานเป็นรสที่สำคัญรสหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น และความต้องการรสหวานนั้น เป็นสิ่งที่ติดตัวมนุษย์มาตั้งแต่กำเนิดแล้ว มิใช่มาเรียนรู้เอาทีหลัง สารให้ความหวานที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณคือน้ำตาล ตามประวัติศาสตร์จารึกไว้ว่า มนุษย์รู้จักใช้อ้อยและน้ำตาลตั้งแต่ปี ค.ศ.375 และชาวอาหรับรู้จักทำน้ำตาลบริสุทธิ์ครั้งแรกในศตวรรษที่ 14 จากนั้นจึงได้มีการแพร่ไปทั่วยุโรปและที่อื่นๆ ส่วนสารให้ความหวานอื่นๆ เช่น เมเปิลซีรัป (maple syrup) ได้มีการรู้จักกันในทวีปอเมริกาเหนือมาเป็นเวลานานแล้วเช่นกัน

น้ำตาล (sucrose) ที่ใช้ในอาหารนั้น เมื่อร่างกายเมตาโบไลซ์ แล้วจะให้ 4 กิโลแคลอรีต่อน้ำตาล 1 กรัม ซึ่งไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการจำกัดน้ำหนัก หรือผู้ที่เป็นโรคบางชนิด เช่น เบาหวาน เป็นต้น เพราะจะทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้น นอกจากนั้นในปัจจุบันนี้ ผู้บริโภคเริ่มมีความระมัดระวังในเรื่องเกี่ยวกับสุขภาพมากขึ้น ไม่เพียงแต่อันตรายจากอาการผิดปกติต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการบริโภคเท่านั้น ยังระมัดระวังเกี่ยวกับน้ำหนักร่างกายด้วย เนื่องจากการศึกษาพบว่าคนที่อ้วนจะเกิดโรคต่างๆ ได้ง่ายกว่า วิธีหนึ่งที่จะกำจัดน้ำหนักร่างกายคือ การจำกัดปริมาณแคลอรีที่บริโภคปริมาณแคลอรีที่ร่างกายจะได้รับง่ายที่สุด คือ แคลอรีจากสารให้ความหวานหรือน้ำตาลหรือสารที่ให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหารต่างๆ จากการสำรวจปริมาณการบริโภคสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหารในสหรัฐอเมริกาในระหว่างปี 1975-1985 พบว่าปริมาณการบริโภคสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหารต่างๆดังกล่าวจะลดลง เช่น ปริมาณการบริโภคน้ำตาลลดลงจาก 89.2 ปอนด์ต่อคนในปี 1975 เป็น 61.8 ปอนด์ต่อคนในปี 1985 เป็นต้น ส่วนปริมาณการบริโภคแอสปาแทม (aspartame) และแซคคาริน (saccharin) ตามรายงานของ The Calorie Council และ The United State Department of Agriculture, Economic Research Service ในปี 1985 นั้น แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่า ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า รสหวานเป็นรสที่สำคัญรสหนึ่งของผลิตภัณฑ์อาหารที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น จึงได้มีการพยายามศึกษาค้นคว้าหาสารให้ความหวานที่จะแทนน้ำตาลได้มาใช้แทนน้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้สารให้รสหวานแทนน้ำตาล นอกจากจะมีประโยชน์ต่อผู้ป่วยด้วยโรคบางชนิดที่ต้องจำกัดน้ำตาล และสำหรับผู้ที่ไม่ต้องการให้มีน้ำหนักเกินแล้ว ยังเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตด้วย เนื่องจากสารให้รสหวานมีความหวานมากกว่าน้ำตาลมาก เช่น แซคคาริน (saccharin) จะหวานกว่าน้ำตาล 300-500 เท่า และแอสพาร์แทม (aspartame) จะหวานกว่าน้ำตาลประมาณ 180-200 เท่า เป็นต้น นอกจากนี้ในอาหารบางชนิดที่จำเป็นต้องมีรสหวาน แต่ไม่ต้องการส่วนประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เพราะจะทำให้อาหารนั้นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย จะมีการใช้สารให้รสหวานนี้แทนน้ำตาลเช่นกัน

2.10.1 สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร

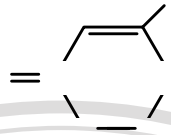
สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารในอุดมคติ ตามคำจำกัดความของ The Calorie Control Council (1985) คือสารที่สามารถให้ความหวานได้เช่นเดียวกับน้ำตาล หรือหวานกว่าน้ำตาล และควรเป็นสารที่ไม่มี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความคงตัวและสามารถละลายได้ดีในอาหารไม่ให้แคลอรีแก่ผู้บริโภค ไม่เป็นสาเหตุให้เกิดฟันผุหรือเป็นพิษต่อผู้บริโภค มีราคาถูกและหาได้ง่าย แต่ในปัจจุบันยังไม่สามารถหาสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่มีคุณสมบัติครบถ้วนที่กล่าวข้างต้น นอกเสียจากจะใช้วิธีการใช้สารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารผสมกัน 2 หรือ 3 ชนิดขึ้นไป

จากข้อมูลต่างๆที่กล่าว คณะกรรมการ The Joint FAO/WHO Expert Committees on Food Additives จึงได้มีมติกำหนดค่า Acceptable Daily Intake ของแคลเซียมซัยคลาเมตและโซเดียมซัยคลาเมตใหม่เป็น 0-11 มิลลิกรัม/ กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย แทนค่า ADI ที่กำหนดไว้เป็นแบบชั่วคราวในการประชุมครั้งที่ 24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.10.2 เอซีซัลเฟม-เค (Acesulfam-K)

เอซีซัลเฟม-เค หรือเกลือโปแตสเซียมของ 5,6-dimethy-,2,3-oxathiazine-4 (3H) one-2,2-dioxide เป็นสารที่ให้ความหวานอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีการพบโดยบังเอิญโดย Clauss และ Jensen ในปี 1973 มีลักษณะเป็นผลึกผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีความหวานกว่าน้ำตาลประมาณ 150-200 เท่า ละลายน้ำได้ดี และการละลายจะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และจะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 235°C



ภาพ 2.4 สูตรโครงสร้างเอซีซัลเฟม-เค

ความรู้สึกในรสหวานของเอซีซัลเฟม-เค จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อบริโภค แม้ว่าจะสามารถใช้เอซีซัลเฟม-เคเป็นสารให้ความหวานในอาหาร โดยไม่ผสมกับสารให้ความหวานชนิดอื่นเลย แต่ในทางปฏิบัติมักจะไม่นิยม เนื่องจากการใช้เอซีซัลเฟม-เคปริมาณสูงในอาหารมักทำให้เกิดรสขมเล็กน้อยในอาหาร แต่ถ้าใช้ในปริมาณน้อยๆ ก็จะไม่รู้สึกถึงรสขมที่เกิดขึ้น (Hoppe และ Gassmann, 1980) ฉะนั้นในอุตสาหกรรมอาหารจึงมักจะใช้เอซีซัลเฟม-เค ผสมกับสารให้ความหวานชนิดอื่น จากการทดลองของ Hoechst (1997) พบว่า การใช้เอซีซัลเฟม-เค ผสมกับสารให้ความหวานชนิดอื่นจะมีรสหวานที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าสารให้ความหวานที่ได้มีการทดลองใช้ร่วมกับเอซีซัลเฟม-เค ได้แก่ เอซีซัลเฟม-เค ผสมกับแอสพาร์เทมในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก หรือเอซีซัลเฟม-เค ผสมกับโซเดียมซัยคลาเมตในอัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนัก เป็นต้น และจากการทดลองยังพบว่า เอซีซัลเฟม-เค และแอสพาร์เทม หรือเอซีซัลเฟม-เค และโซเดียมซัยคลาเมต จะเสริมฤทธิ์กัน หรือทำให้มีรสหวานเพิ่มมากขึ้นด้วย ในขณะที่การใช้เอซีซัลเฟม-เค ร่วมกับแซคคารินนั้น จะมีการเสริมฤทธิ์กันเพียงเล็กน้อย หรือมีรสหวานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

(1) การใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ จะนิยมใช้เอซีซัลเฟม-เคในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการจำกัดแคลอรี เช่น ผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานหรือโรคอ้วน เป็นต้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้เอซีซัลเฟม-เค เช่น เครื่องดื่มต่างๆ ทั้งชนิดที่อัดและไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำผลไม้ แยม เยลลี ผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดต่างๆ ซึ่งรวมถึงลูกกวาด ทอฟฟี่ และหมากฝรั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ โยเกิร์ต ไอศกรีม และน้ำสลัดเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เอซีซัลเฟม-เค ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางด้วย ตัวอย่างเช่น ยาสีฟัน และน้ำยาบ้วนปาก เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) ความปลอดภัยในการใช้

การใช้เอซีซัลเฟม-เคเป็นสารให้ความหวานในอาหารนี้ เมื่อบริโภคเข้าไปร่างกายจะไม่สามารถเมตาบอไลซ์ได้ จะถูกขับถ่ายออกมาหมด ตามรายงานของ WHO (1980) ในการทดลองให้สัตว์ทดลองหนู สุนัข หมู และอาสาสมัครมนุษย์ บริโภค ^{14}C-labeled acesulfame-K

ปรากฏว่า ^{14}C-labeled acesulfame-K จะถูกขับถ่ายออกมาหมด เป็นการแสดงให้เห็นว่าสัตว์ทดลองชนิดต่างๆ รวมทั้งคนไม่สามารถเมตาบอไลซ์เอซีซัลเฟม-เคได้ นอกจากนั้นการศึกษาถึงความเป็นพิษอื่นๆ รวมถึงการเป็นสารก่อมะเร็ง สารก่อกลายพันธุ์ และผลต่อระบบสืบพันธุ์ของเอซีซัลเฟม-เค พบว่าเอซีซัลเฟม-เค ไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติใดๆกับสัตว์ทดลองเลย The Joint FAO/WHO Expert Committees on Food Additives จึงได้กำหนด Acceptable Daily Intake เป็น 0-9 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย (WHO, 1983)

2.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 พืชสมุนไพรที่มีคุณสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือด

กฤษณา และคณะ (2545) รายงานว่าพืชสมุนไพรเป็นแหล่งที่มาที่สำคัญของยารักษาโรค ซึ่งในประเทศไทยมีพืชมากกว่า 1,123 ชนิด ที่เคยใช้เป็นยาพื้นบ้านในการรักษาอาการของโรคเบาหวาน และบางชนิดก็ได้รับการคัดเลือกเพื่อทดสอบหาฤทธิ์ในการลดน้ำตาลในเลือด จากการรวบรวมรายชื่อพืชที่เคยใช้ในการรักษาโรคเบาหวานในยาพื้นบ้านพบว่ากระจายอยู่ใน 183 วงศ์ 725 สกุล พืชวงศ์ที่มักได้รับการกล่าวอ้างถึงได้แก่ Frabaceae , Asteraceae , Lamiaceae , Poaceae และ Euphorbiaceae และจากการทดสอบฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของพืชที่เคยใช้ในยาพื้นบ้านและพืชอื่นๆพบว่า ให้ผลบวกร้อยละ 81 และ 47 ของพืชที่ทดสอบตามลำดับ

มีรายงานเกี่ยวกับงานวิจัยพืชสมุนไพรหลายชนิด ที่มีคุณสมบัติในการลดน้ำตาลในเลือดและตีพิมพ์ค่อนข้างกว้างขวางในวารสารทั้งในและต่างประเทศ ภัทราพร และสมเกียรติ (2541) รายงานว่า ชุมนุมแพทย์แผนไทยและสมุนไพรแห่งชาติ ได้สรุปรายชื่อสมุนไพรที่ควรใช้ในรูปอาหารสำหรับต้านโรคเบาหวาน ซึ่งได้แก่ บอระเพ็ด มะระไทย ลูกใต้ใบ หญ้าใต้ใบ มะแว้งเครือ มะแว้งต้น ตำลึง ฟ้าทะลายโจร สะตอ ว่านหางจระเข้ เมล็ดแมงลัก อินทนิลน้ำ หอมใหญ่ กระเทียม กะเพรา หญ้าหนวดแมว เตยหอม ฝรั่ง ช้าพลู ขี้เหล็ก สะเดา ผักบุ้ง สัก กำแพงเจ็ดชั้น มวกแดง-ขาว ชะเอมไทย รากลำเจียก และรากคนทา ซึ่งพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะเลือกสมุนไพรที่มีรายงานวิจัยยืนยันว่า สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้จริง มีความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน และหาได้ง่าย ได้แก่ มะตูม เมล็ดแมงลัก และว่านหางจระเข้ ซึ่งมีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(1) ว่านหางจระเข้ (*Aloe arborescens*)

Beppu และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาผลการต้านเบาหวานของสารประกอบในว่านหางจระเข้ในหนูที่ถูกเหนี่ยวนำให้เป็นโรคเบาหวานโดยใช้ streptozotocin โดยให้สารประกอบจากว่านหางจระเข้เป็นอาหารเสริมแก่หนู และทำการวัดระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลินในเลือด พบว่าผงของสารประกอบจากส่วนเปลือกของว่านหางจระเข้ สามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผงจากส่วนของเนื้อว่านหางจระเข้นั้นสามารถยับยั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสารประกอบในว่านหางจระเข้จะไปยับยั้งการดูดซึมกลูโคสในลำไส้เล็ก นอกจากนี้ยังพบว่าสาร aloe phenol ในว่านหางจระเข้มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันในตับอ่อนและในเลือด จึงสามารถป้องกัน ต่อม Islets of Langerhans ซึ่งอยู่ในตับอ่อนทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) จากการทำลายของ methyl radical จาก streptozotocin ได้

Okayar และคณะ (2001) รายงานว่า มีการใช้ว่านหางจระเข้เป็นยารักษาโรคมาเป็นเวลานาน เนื่องจากว่านหางจระเข้มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด และได้ทำการศึกษาผลของใบว่านหางจระเข้ต่อระดับน้ำตาลกลูโคส ในเลือดในหนูที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 1 (พึ่งอินซูลิน) และชนิดที่ 2 (ไม่พึ่งอินซูลิน) โดยใช้สารสกัดจากส่วนที่เป็นเนื้อ และ จากเจลของใบว่านหางจระเข้ จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเนื้อของใบว่านหางจระเข้ แสดง hypoglycemic activity ในหนูที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 1 และ 2 ส่วนสารสกัดจากเจลของใบว่านหางจระเข้แสดง hyperglycemic activity ในหนูที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จากผลการทดลองอาจสรุปได้ว่าเนื้อว่านหางจระเข้ที่แยกเจลออกแล้วสามารถใช้ในการรักษาโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้

Rajasekaran และคณะ (2004) ทำการศึกษา hypoglycemic activity ของสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์ของเจลว่านหางจะเข้ (aloe vera gel) โดยให้สารสกัดทางปาก ปริมาณ 200 และ 300 mg / kg น้ำหนักตัว ในหนูที่เป็นเบาหวานจากการได้รับกลูโคสทางปาก และจากการเหนี่ยวนำให้เป็นโรคเบาหวานโดยใช้ streptozotocin พบว่า สารสกัดจากเจลว่านหางจระเข้สามารถรักษาสมดุลของระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ โดยไปควบคุมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ carbohydrate metabolize

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) เมล็ดแมงลัก (*Ocimum canum*)

Nyarko และคณะ (2002) รายงานว่ามีการใช้สารสกัดด้วยน้ำของเมล็ดแมงลัก ในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในประเทศกานา เพื่อรักษาโรคเบาหวาน และได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากเมล็ดแมงลัก ในการลดน้ำตาลในเลือด และการหลั่งของอินซูลิน โดยทดลองในหนู พบว่า สารสกัดสามารถลดระดับของ fasting blood glucose และน้ำหนักตัวของหนูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในหนูปกติและในหนูที่เป็นโรคเบาหวาน เมื่อศึกษาผลต่อการหลั่งของอินซูลิน โดยแยก pancreatic beta – islet cell จากหนูและทำการทดลองในหลอดทดลอง (in-vitro) พบว่า สารสกัดจากเมล็ดแมงลักสามารถเพิ่มการหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อนได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการหลั่งอินซูลินขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำตาลและการหลั่งอินซูลินจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเมล็ดแมงลัก นอกจากนี้ยังรายงานว่าการใช้สารสกัดจากเมล็ดแมงลักในหนู เป็นเวลา 13 สัปดาห์ จะลดระดับของ fasting blood glucose ได้ 60% ในหนูที่เป็นเบาหวาน และยังพบว่า น้ำหนักตัว ระดับคอเลสเตอรอลในซีรัม และ Low – density lipoprotein cholesterol (LDL – C) ลดลง

โอภาส (2540) รายงานว่า ผู้ป่วยเบาหวานที่รับประทานเมล็ดแมงลักหลังอาหารทุกมื้อ พบว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างชัดเจน

(3) มะตูม (*Aegle marmelos*)

Sharma และคณะ (1996) ทำการศึกษาผลของสารสกัดด้วยน้ำของใบมะตูมต่อการลดน้ำตาลในเลือดและการหลั่งของอินซูลิน โดยศึกษาในหนูที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติและในหนูที่เป็นเบาหวานเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำด้วย streptozotocin พบว่า สารสกัดด้วยน้ำของใบมะตูม มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดในหนูที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ และมีฤทธิ์ต้านการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดในหนูที่เป็นเบาหวาน นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับอินซูลินในพลาสมาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Seema และคณะ (1996) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของ สารสกัดจากใบมะตูมในการเป็น antidiabetic agent โดยทำการศึกษาผลที่มีต่อกลไกในการทำงานของเอนไซม์ malate dehydrogenase (MDH) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อเมทาโบลิซึมของกลูโคส ซึ่งในการทดลองจะทำการวัด kinetic parameter ของ MDH และ purified cytosolic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

isozyme ของ MDH (S – MDH) ในตับของหนูที่เป็นเบาหวานเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำด้วย streptozotocin ที่ได้รับสารสกัดจากใบมะตูม ผลการทดลองพบว่า K_m ของเอนไซม์ในตับของหนูที่เป็นเบาหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสารสกัดจากใบมะตูมจะไปทำให้ K_m ของเอนไซม์เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับระดับปกติ ทำให้ปริมาณอินซูลินอยู่ในระดับที่ปกติด้วย และค่า V_{max} ของ purified S – MDH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้สารสกัดจากใบมะตูมให้ผลเหมือนกับการใช้อินซูลินในการ restorate น้ำตาลกลูโคสในเลือดและน้ำหนักตัวให้อยู่ในระดับปกติ และได้แนะนำให้ใช้มะตูมเป็น hypoglycemic agent

Kamalakkanan และ Prince (2003) ทำการศึกษาผลการต้านเบาหวานของสารสกัดด้วยน้ำของผลมะตูม ในหนูที่เป็นเบาหวานเนื่องจากถูกเหนี่ยวนำด้วย streptozotocin โดยจะได้รับสารสกัดด้วยน้ำผลมะตูมปริมาณ 250 mg / kg ทางปาก 2 ครั้ง ต่อวันเป็นเวลา 1 เดือน และวัดระดับน้ำตาลในเลือด ระดับอินซูลินในซีรัม glycosylated hemoglobin ปริมาณไกลโคเจนในตับ และชั่งน้ำหนักตัว พบว่า หนูที่เป็นเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือด และ glycosylated hemoglobin ลดลง และ ระดับอินซูลินในซีรัม และ ปริมาณไกลโคเจนในตับเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษา hypoglycemic effect ของสารสกัดด้วยน้ำของผลมะตูมในหนูที่เป็นเบาหวานเนื่องจากการเหนี่ยวนำด้วย streptozotocin โดยให้สารสกัดด้วยน้ำของผลมะตูมทางปากปริมาณ 125-250 mg / kg 2 ครั้งต่อวัน เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ระดับน้ำตาลในเลือด plasma thiobarbituric acid reactive substances, hydroperoxides, ceruloplasmin และ alpha-tocopherol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสารสกัดปริมาณ 250 mg / kg มีประสิทธิภาพมากกว่ายา glibenclamide ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นได้ชัดว่า สารสกัดจากผลมะตูมมีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด (hypoglycemic activity)

โอภาส (2540) รายงานว่า ในประเทศอินเดียมีการใช้ใบมะตูมลดระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.11.2 การสเตอริไลซ์อาหารภายในภาชนะบรรจุ

Ali และคณะ (2006) รายงานว่า การใช้หม้อฆ่าเชื้อที่มีการหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อ (rotary retort) ความเร็วในการหมุนและ ช่องว่างเหนือผลิตภัณฑ์ มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการฆ่าเชื้อ มากกว่าอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ และรัศมีของการหมุน การหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อจะทำให้การส่งผ่านความร้อนในอาหารเหลว อาหารกึ่งเหลว หรืออนุภาคอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็น

หลักการพื้นฐานของ การสเตอริไลซ์ที่มีการหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อ ในขณะที่บรรจุภัณฑ์หมุนส่วนผสมจะหมุนตามไปด้วย การทำเช่นนี้เป็นการกำจัด cold spot และลดเวลาในการฆ่าเชื้อ ซึ่งจะทำให้อาหารในรีทอร์ทถูกให้ความร้อนอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับการฆ่าเชื้อที่หม้อฆ่าเชื้อที่ไม่มีการหมุนกับการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่มีการหมุนของบรรจุภัณฑ์ขณะฆ่าเชื้อ พบว่าเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการฆ่าเชื้อลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนบรรจุภัณฑ์ในหม้อฆ่าเชื้อ และสามารถลดเวลาทั้งหมดในการฆ่าเชื้อได้โดยใช้ไอน้ำในปริมาณที่น้อยในการฆ่าเชื้อ

Meng และ Ramaswamy (2007a) ได้ศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนของระบบอนุภาค/ของเหลวนิวโตเนียน ในกระป๋อง ในรีทอร์ททที่มีการหมุนของผลิตภัณฑ์ระหว่างฆ่าเชื้อ (rotary retort) ใช้สารละลายกลีเซอริน (glycerin) ความหนืดสูง (75 – 100% v/v) เป็นของเหลวนิวโตเนียน ทำการศึกษาผลของปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแทรกผ่านของความร้อน ได้แก่ ความเร็วในการหมุน (rotation speed) ความเข้มข้นของกลีเซอริน อุณหภูมิของรีทอร์ท ขนาดของกระป๋อง และชนิดของวัตถุดิบ จากการทดลองพบว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนปรากฏ (apparent heat transfer coefficients : h_{ap}) เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วในการหมุน อุณหภูมิรีทอร์ท และความหนาแน่นของอนุภาค และเมื่อลดความหนืดของของเหลว และลดขนาดของกระป๋อง ส่วนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (apparent overall heat transfer coefficient : U_a) จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วในการหมุน และ ลดความหนืดของของเหลว

Meng และ Ramaswamy (2007b) ศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอนุภาคในของเหลวหนืดบรรจุในบรรจุภัณฑ์ ทำการทดลองภายใต้สภาวะที่ถูกจำลองขึ้นเพื่อแสดงกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อนของอาหารกระป๋อง ในรีทอร์ทแบบหมุนที่มีการหมุนแบบ end-over-end พบว่า ในของเหลวที่มีความหนืดต่ำการผสมกันของอนุภาคเกิดได้เร็ว มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคมาก และมีความถี่ในการหมุนตัวของอนุภาคอย่างสม่ำเสมอ มีการผสมกันของอนุภาคอย่างทั่วกันภายในบรรจุภัณฑ์ ในทางตรงกันข้ามอนุภาคในของเหลวที่มีความหนืดสูง การผสมกันของอนุภาคเกิดได้ช้า การเคลื่อนที่ของอนุภาคในบรรจุภัณฑ์ทำได้ยากกว่า ทำให้การหมุนของอนุภาค และการไหลของของเหลวถูกจำกัดให้เกิดขึ้นได้เฉพาะบริเวณผนังของบรรจุภัณฑ์ จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการแทรกผ่านของความร้อนสามารถเหนี่ยวนำได้ง่ายด้วยการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กันของอนุภาค และจากการสังเกตพบว่า ความแตกต่างของการแทรกผ่านของความร้อนในระบบของของเหลวต่างชนิดกันมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bindu และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการแปรรูปเนื้อหอยกาบสีดำ (black clam meat) ในรีทอร์ทเพาซ์ พบว่า ที่ค่า F_0 เท่ากับ 9 และ cook value เท่ากับ 99 นาที เป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการแปรแปรรูปเนื้อหอยกาบสีดำ (black clam meat) ในรีทอร์ทเพาซ์ ซึ่งหลังจากให้ความร้อนและทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 12 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์จะยังคงคุณลักษณะที่น่าพึงพอใจทั้งในด้านประสาทสัมผัส และด้านชีวเคมี ไว้ได้เป็นอย่างดี

Sablani และ Ramaswamy (1998) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมในการผสมกันของอนุภาค และบทบาทต่อการแทรกผ่านของของความร้อน ระหว่างการหมุนของรีทอร์ท แบบ end-over-end ทำการศึกษา 5 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของอนุภาค (20, 30 และ40% v/v) ขนาดของอนุภาค (เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคทรงกลม เท่ากับ 0.019, 0.022 และ 0.025 เมตร) รูปร่างของอนุภาค (ทรงกลม ทรงกระบอก และลูกบาศก์) ความหนืดของของเหลว ($1x10^{-6}$ และ $1x10^{-4}$ m^2/s) และความเร็วในการหมุน (15, 20 และ 25 rpm) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการแทรกผ่านของความร้อน พบว่า ปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยมีผลต่อการแทรกผ่านของความร้อนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีอย่างมากต่อสัมประสิทธิ์การแทรกผ่านของความร้อนจากของเหลวไปสู่อนุภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.0001$) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การแทรกผ่านของความร้อนสามารถอธิบายได้ด้วยพฤติกรรมการผสมกันของอนุภาค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved