บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระชายดำ

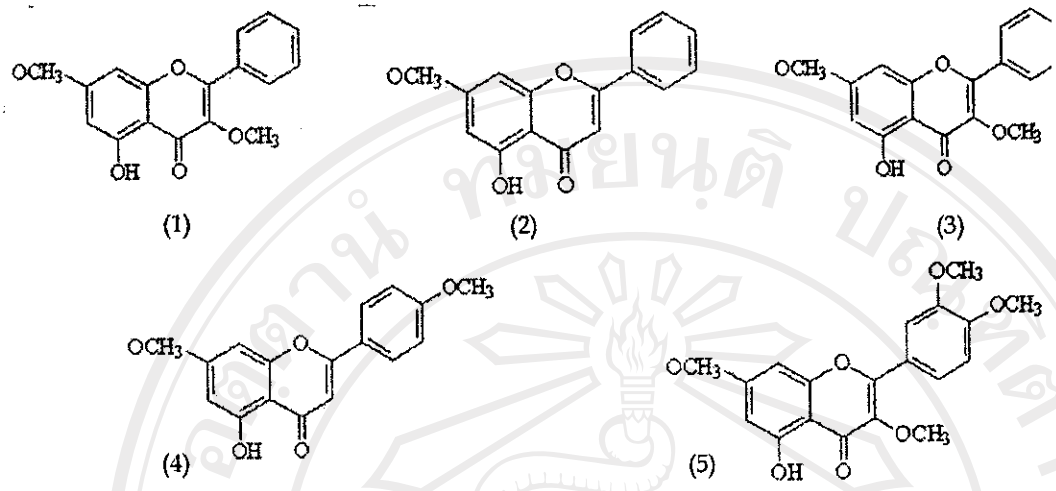
กระชายดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Kaempferia parviflora* วงศ์ Zingiberaceae มีชื่อเรียกท้องถิ่นว่า กระแอน กระชาย โป๊ดาวอย (เหนือ) ชีฟูกระ (กระเหรี่ยง) ขิงทราย (มหาสารคาม) ว่านพระอาทิตย์ (กรุงเทพมหานคร) จิ๊ปู-ซีฟู (ฉาน-แม่ฮ่องสอน) เป๊าซอเถ๊าะ เป๊าสี (กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) (นิรนาม, 2547) กระชายดำเป็นพืชล้มลุกมีเหง้าใต้ดิน รากสะสมอาหาร มีลักษณะเป็นปุ่ม ๆ ไม่ยาวเป็นทางไหลเหมือนกับกระชายธรรมดา และรากนั้นจะเปลี่ยนเป็นหัวเมื่อโตขึ้นเนื้อในหัวจะมีสีม่วงหม่นหรือดำดังผลลูกหว้า กระชายดำเป็นพืชล้มลุกอายุสั้น นับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวซึ่งจะได้เหง้าหรือหัวแก่เต็มที่ใช้เวลาประมาณ 8-10 เดือนโดยจะเริ่มปลูกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม

สรรพคุณทางยา เพิ่มฮอร์โมนเพศร้อยละ 33 (มากกว่าโสมเกาหลี) ทำให้กระชุ่มกระชวย บำรุงความกำหนัด กระตุ้นประสาท บำรุงกำลัง เป็นยาอายุวัฒนะ ชะลอความแก่ ขับลม ขับปัสสาวะ แก้โรคกระเพาะอาหารท้องอืดท้องเฟ้อ เนื่องจากรับประทานอาหารไม่เป็นเวลา มีสรรพคุณช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือด บำรุงเลือดสตรี แก้ตกขาว ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ รักษาโรคลำไส้อักเสบ ช่วยระบบการหมุนเวียนโลหิต รักษาโรคริดสีดวงทวารหนักได้ นอกจากนี้ยังใช้ในการรักษาโรคความดันโลหิตด้วย (นิรนาม, 2547)

สารเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยของกระชายดำมีดังนี้ D-Thugene, D-Penene, camphene, myrcene, Limonene, 1,8-cineol, trans-Ocimene, P-cymenelinalool, neral, D-terpineol, borneol, geraneol, benzyl, acetone, methyl–cinamate, geraniol&camphor ร้อยละ 32.1 และสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น pinostrobin, alpinin, chalcone, boesenbergin a เป็นต้น (บัญญัติ, 2527)

ประสิทธิภาพของสารเคมีที่พบในน้ำมันหอมระเหยของกระชายดำนั้น สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งสามารถพบได้ทั้งในส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยและน้ำที่เหลือจากการสกัด ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสารใด แต่สารที่พบได้ในส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหย และส่วนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของจุลินทรีย์เช่น geraneol trans-ocimene, camphor, borneol, methylcinamate และจากการสกัดกระชายดำด้วยตัวทำละลาย dichloromethane พบสารฟลาโวนอยด์ 5 ตัว โดย มีสูตรโครงสร้างและชื่อดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ที่มา : สุรพจน์ (2546)

ภาพ 2.1 สูตรโครงสร้างของฟลาโวนอยด์ที่พบในหัวกระชายดำ

(1) 3,7 - dimethoxy - 5 - hydroxyflavone

(2) 5 - hydroxy - 7 - methoxyflavone

(3) 5 - hydroxy - 3, 7, 4′ - trimethoxyflavone

(4) 7, 4′ - dimethoxy - 5 - hydroxyflavone

(5) 5 - hydroxy - 3, 7, 3′, 4′ - tetramethoxyflavone

2.1.1 การศึกษาการออกฤทธิ์ของกระชายดำ

ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ สาร 5, 7, 4′- trimethoxyflavone และ 5, 7, 3′, 4′ – tetramethoxyflavone แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *Plasmodium falciparum* ที่เป็นสาเหตุของโรคมาลาเรีย ส่วนสาร 3, 5, 7, 4′ - tetramethoxyflavone และ 5, 7, 4′ - trimethoxyflavone แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *Candida albicans* และแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ Mycobacterium อย่างอ่อน (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2548)

ฤทธิ์ต้านเชื้อรา จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Candida albicans* พบว่าฟลาโวนอยด์ 2 ตัว คือ 5- hydroxy - 3, 7, 3′, 4′- tetramethoxyflavone และ 5 - hydroxy - 3, 7, 3′, 4′-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

trimethoxyflavone สามารถต้านเชื้อราดังกล่าวได้โดยมีขนาดของตัวอย่างยาที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) เท่ากับ 17.63 และ 39.71 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (สุรพจน์, 2546) กระชายดำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่า รา และยีสต์ นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้อีกหลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus, Bacillus megaterium, Lactobacillus, Salmonella anteriticus* ส่วนราที่ถูกยับยั้งการเจริญได้แก่ Newhammella, Dervuraria, Mucor, Rhizopus และ Pennicillium (บัญญัติ, 2527)

ฤทธิ์ต้านอักเสบ สาร 5, 7 – dimethoxyflavone (5,7-DMF) ที่แยกได้จากเหง้ากระชายดำมีฤทธิ์ต้านการอักเสบเทียบได้กับยามาตรฐานหลายชนิด คือ แอสไพริน อินโดเมธาซิน ไฮโดรคอร์ติโซน และเพรดนิโซโลน จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอักเสบของสารนี้ในสัตว์ทดลองด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่าสาร 5, 7 – dimethoxyflavone สามารถต้านการอักเสบแบบเฉียบพลันได้ดีกว่าแบบเรื้อรัง โดยแสดงฤทธิ์ยับยั้งการบวมของอุ้งเท้าหนูขาวจากสารคาราจีนแนนและเคโอลินได้ดีกว่าฤทธิ์ยับยั้งการสร้าง granuloma จากการฝังสำลีใต้ผิวหนัง นอกจากนี้ พบว่า สาร 5, 7 – dimethoxyflavone มีฤทธิ์ยับยั้งการเกิด oxidation และการสร้างสาร prostaglandin อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบในช่องปอดของหนูขาว (rat pleurisy)

ได้มีการทดสอบสารฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการสกัดกระชายดำด้วยตัวทำละลาย dichloromethane และ methanol พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารฟลาโวนอยด์โดยทั่วไป

จากการทดสอบผลของฟลาโวนอยด์ 9 ชนิดของกระชายดำต่อเซลล์มะเร็ง เช่น KB, BC หรือ NCI-H187 ไม่พบว่ามีสารใดทำให้เกิดพิษต่อเซลล์มะเร็งที่ทดสอบ

มีรายงานการวิจัยว่า สารสกัดด้วยเอธานอลของกระชายดำมีฤทธิ์ขยายหลอดเลือดแดงใหญ่ (aorta) และลดการหดเกร็งของลำไส้เล็กส่วนปลาย (ileum) ของหนูขาว และยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือดของคน

การศึกษาพิษเรื้อรังระยะเวลา 6 เดือน ของผงกระชายดำในหนูขาว ในขนาด 20 200 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำ พบว่า หนูที่ได้รับกระชายดำทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อาการและสุขภาพไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหนูที่ได้รับกระชายดำขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีน้ำหนักสัมพันธ์ของตับสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจากมีน้ำหนักตัวที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และมีเม็ดเลือดขาวอิโอสิโนฟิลต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังคงอยู่ในช่วงค่าปกติ ในหนูเพศเมียที่ได้รับกระชายดำขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับโคเลสเตอรอลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ หนูทั้งสองเพศที่ได้รับกระชายดำ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีระดับซีรั่มโซเดียมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ยังอยู่ในช่วงค่าปกติ ผลการตรวจอวัยวะทางจุลพยาธิวิทยานั้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่บ่งชี้ว่าเกิดจากความเป็นพิษของกระชายดำ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาอาหาร, 2547)

ตามประวัติการใช้จากโบราณพบว่า มีความปลอดภัย ไม่เป็นพิษ จากการหาความเป็นพิษเฉียบพลันของผงกระชายดำ โดยนำมากรอกให้หนูกินครั้งละ 6.67 กรัมต่อน้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 14 วัน ผลการทดสอบ ปรากฏว่าไม่มีอาการพิษใดๆ และไม่มีหนูตาย นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถต้านการอักเสบในสัตว์ทดลองและผลจากการผ่าซากชันสูตร ไม่พบพยาธิสภาพของอวัยวะภายในที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ทำให้สามารถสรุปได้ว่าขนาดของตัวอย่างยาที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครึ่งหนึ่ง (LD_{50}) มีค่ามากกว่า 13.33 กรัมต่อน้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม (สุรพจน์, 2546)

2.1.2 การแปรรูปกระชายดำ

เนื่องจากกระชายดำมีสรรพคุณหลากหลายจึงได้มีการทำแปรรูปผลิตภัณฑ์กระชายดำออกมาเป็นจำนวนมากโดยสมามารถนำไปบริโภคได้ในลักษณะเหง้าสด เหง้าแห้ง การทำชาชง หรือการทำไวน์กระชายดำ

1) การรับประทานแบบหัวสด ทำโดยการใช้รากเหง้า (เหง้าสด) ประมาณ 400-500 กรัมต่อสุราขาว 1 ขวด ดองสุราขาวดื่มก่อนรับประทานอาหารเย็น ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ผู้ที่ดื่มสุราไม่ได้ให้ฝานเป็นแว่นบางๆ แช่น้ำร้อนดื่มทุกวัน หรือจะดองกับน้ำผึ้งก็ได้

2) การรับประทานแบบเหง้าแห้ง ทำโดยการนำกระชายดำเหง้าสดไปล้าง ทำความสะอาด นำมาฝานเป็นแว่น แล้วนำเข้าตู้อบ อบให้แห้งที่อุณหภูมิสูง จนแห้งได้ที่แล้วจึงนำมาเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น การรับประทานผู้ที่สามารถดื่มสุราได้มักนิยมนำไปดองเหล้าขาว ส่วนผู้ที่ดื่มสุราไม่ได้นำมาต้มกับน้ำรับประทาน

3) ชาชงกระชายดำ ทำโดยการนำเหง้ากระชายดำที่ฝานเป็นแว่น อบให้แห้ง นำมาบดให้ละเอียด แล้วบรรจุซอง

4) ลูกอมกระชายดำ จัดทำโดยศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดเลยร่วมกับกลุ่มโซนศรีสองรัก ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก ศูนย์บริการการศึกษานอกโรงเรียนอำเภอนาแห้ว จ.เลย มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ กระชายดำ นมสด เนยอย่างดี น้ำตาลทราย และ แบะแซ (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

5) ไวน์กระชายดำ การทำไวน์กระชายดำ นำน้ำกระชายดำไปหมักและใส่เชื้อยีสต์ลงไปหมักทิ้งไว้จนได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ต้องการ แล้วจึงหยุดการทำงานของเชื้อยีสต์ หลังจากนั้นนำมาบ่มและบรรจุขวดขาย การทำไวน์กระชายดำนั้นจะมีสูตรส่วนผสมการทำแตกต่างกันไป (จำรัส และมนตรี, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6) กระชายดำผงชงดื่ม นำกระชายดำไปล้างให้สะอาดและหั่นเป็นชิ้นบางๆ นำเข้าเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองด้วยผ้าขาวบางเอากากออก นำส่วนที่กรองได้มากวนและใส่น้ำตาลลงไป กวนจนตกผลึก ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นจนตกผลึก ร่อนในเครื่องร่อนแล้วบรรจุซองจำหน่าย (จำรัส และมนตรี, 2546)

7) กระชายดำบรรจุแคปซูล ทำโดยการนำกระชายดำทั้งเหง้าไปตากแดดให้แห้งสนิท แล้วเข้าตู้อบอย่างน้อย 3 วัน นำไปตากแดดต่ออีก 1 วัน นำไปเข้าเครื่องบดละเอียด ผงที่ได้ร่อนในผ้าขาวบางเพื่อให้ได้ผงที่ละเอียด นำไปอัดแคปซูลโดยใช้เครื่องบรรจุแคปซูล

8) การทำยาลูกกลอนกระชายดำ นำผงกระชายดำที่บดละเอียดมาผสมน้ำผึ้งพอประมาณให้เนื้อยาจับติดกัน และนำมาปั้นด้วยมือหรือใช้เครื่องปั้นลูกกลอน

9) กระชายดำดองน้ำผึ้ง นำกระชายดำเหง้าสดมาหั่นเป็นแว่นบางๆ แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง หรืออบแห้ง ใช้กระชายดำอบแห้งประมาณครึ่งขีดต่อน้ำผึ้ง 1 ขวด อีกสูตรหนึ่งใช้กระชายดำครึ่งขีดใส่ลงในขวดแล้วผสมน้ำผึ้งลงไปให้ท่วมกระชายดำเก็บไว้สำหรับดองเหล้า (จำรัส และมนตรี, 2545)

10) น้ำกระชายดำพร้อมดื่ม เนื่องจากการทำน้ำกระชายดำพร้อมดื่มมีหลายวิธีการ ดังนั้นวิธีการเบื้องต้นสำหรับสำหรับการทำน้ำกระชายพร้อมดื่ม สามารถทำได้โดยนำเหง้ากระชายดำสดมาหั่นเป็นแว่นๆและต้มกับน้ำสะอาดให้เดือด กรองเอาแต่น้ำ สามารถเติมน้ำตาลได้ตามชอบ (อมราภรณ์, 2549)

2.2 การผลิตเครื่องดื่มสมุนไพร

เครื่องดื่ม

เครื่องดื่มเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทหนึ่งที่มีองค์ประกอบต่างๆ รวมกันมากมายขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องดื่ม เครื่องดื่มพอจำแนกได้ ดังนี้ เครื่องดื่มน้ำผลไม้แท้ เครื่องดื่มน้ำผลไม้เข้มข้น (fruit juice concentrate) เครื่องดื่มเนคต้า (nectar) เครื่องดื่มสควอส (squash) เครื่องดื่มคอร์เดียล (cordial) เครื่องดื่มสมุนไพร (herb drinks) (ไพโรจน์, 2535)

สมุนไพร

สมุนไพรมีความหมายตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2525 ว่า คือพืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยาและมีความหมายตามพระราชบัญญัติยาว่า คือยาที่ได้จากพืช สัตว์ แร่ ซึ่งยังมิได้มีการผสม ปรุง หรือแปรสภาพ เช่น พืชยังคงเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผลที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูปใดๆ เช่น การหั่น การบด การกลั่นรวมทั้งผสมกับสารอื่นๆ (จริยา, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องดื่มสมุนไพร

เครื่องดื่มต่างๆ มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะนอกจากจะช่วยแก้กระหายคลายความร้อนในร่างกายแล้ว ยังทำให้สดชื่นกระปรี้กระเปร่าอีกด้วย นอกจากนี้เครื่องดื่มที่เตรียมจากสมุนไพรซึ่งเรียกว่า เครื่องดื่มสมุนไพร (herb drink) หมายถึง เครื่องดื่มทั้งชนิดน้ำและ แห้ง ที่มีสมุนไพรเป็นส่วนประกอบ เป็นเครื่องดื่มที่มีกลิ่น และรสชาติน่าดื่มอีกชนิดหนึ่ง อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการบำบัดรักษาโรค อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งส่งผลถึงสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคโดยส่วนรวมให้ดีขึ้นอีกด้วย เครื่องดื่มสมุนไพรได้จากการเตรียมส่วนต่างๆ ของพืช ส่วนใหญ่ได้แก่ เหง้า ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด นำไปผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การหั่น การบด การกลั่น การสกัดแยกรวมทั้งการผสมสารอื่นๆ (ไพโรจน์, 2535)

การผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ เช่น น้ำสมุนไพรพร้อมดื่ม ชาชงสมุนไพร เครื่องดื่มสมุนไพรผงสำเร็จรูป

น้ำสมุนไพรพร้อมดื่ม เป็นน้ำดื่มที่ได้จากการใช้ส่วนประกอบต่างๆ ของพืช เช่น ผลไม้ ผัก ธัญพืชต่างๆ นำมาแปรรูปให้เหมาะสมตามฤดูกาล เช่น น้ำกระเจี๊ยบ น้ำขิง น้ำเก๊กฮวย น้ำบัวบก น้ำมะนาว น้ำมะตูม เป็นต้น

ชาชงสมุนไพร เป็นเครื่องดื่มสมุนไพรแปรรูปในรูปแห้งแบบชาชง เช่น ชาใบหม่อน ชาใบบัวบก ชาใบเตย ชามะขามแขก ชาฟ้าทะลายโจร เป็นต้น

เครื่องดื่มสมุนไพรผงสำเร็จรูป เป็นเครื่องดื่มผงชงละลายสำเร็จรูปเช่น เครื่องดื่มขิงผง มะตูมผง กระเจี๊ยบผง เก๊กฮวยผง เป็นต้น การทำแห้งเครื่องดื่มสมุนไพรผงสำเร็จรูปมีอยู่หลายวิธีที่ใช้ โดยเลือกใช้ให้เหมาะสมกับองค์ประกอบของเครื่องดื่มที่มี และผงที่ได้มีคุณภาพดี

2.3 การผลิตเครื่องดื่มผง

การผลิตเครื่องดื่มผงในประเทศไทยได้รับความสนใจมาก ทั้งนี้เพราะการผลิตเครื่องดื่มที่มีปริมาณความชื้นสูงย่อมจะเสื่อมคุณภาพได้ง่ายกว่าอาหารที่มีปริมาณความชื้นต่ำ เช่น พวกเครื่องดื่มน้ำผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการทำให้อาหารหรือเครื่องดื่มแห้งหรือเป็นผงจึงเป็นการลดปริมาณความชื้นในอาหารลง ทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ อีกทั้งการแปรรูปเครื่องดื่มผงจะได้ผลิตภัณฑ์ ที่มีน้ำหนักเบาและขนส่งได้สะดวก ตลอดจนการบริโภคก็ทำได้ง่าย เพียงแค่ชงด้วยน้ำเย็น หรือน้ำร้อนก็สามารถบริโภคได้ทันที

การผลิตเครื่องดื่มผงได้มีความสำคัญขึ้นมากในปัจจุบัน การผลิตจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางวิชาการ ในการทำผงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ปัจจุบันส่วนใหญ่รู้จักเครื่องดื่มผงในรูปนมผงและกาแฟผง เป็นต้น แต่ที่แท้จริงการผลิตเครื่องดื่มผงยังสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีกเช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องดื่มกระเจี๊ยบผง เครื่องดื่มขิงผง เครื่องดื่มมะนาวผง เครื่องดื่มผงอัดก๊าซต่างๆ เนื่องจากการผลิตเครื่องดื่มผงจะมีต้นทุนการผลิตสูง เมื่อเทียบกับการทำแห้งหรือระเหยแบบอื่นๆ เครื่องดื่มที่จะนำมาทำเป็นผงปกติจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพงเพื่อให้คุ้มค่าใช้จ่ายในการผลิต

หลักการทำเครื่องดื่มผงเป็นการทำแห้งอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงมีการละลายน้ำดี มีความชื้นต่ำกว่าปกติประมาณร้อยละ 5 สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องสะดวกต่อการขนส่ง (ไพโรจน์, 2535)

แต่เดิมการผลิตเครื่องดื่มผงมีปัญหาในแง่กลิ่นรสซึ่งเหลืออยู่น้อยมาก ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อคงไว้ซึ่งกลิ่นรสของเครื่องดื่ม เช่น การพัฒนาทางด้านเครื่องมือการผลิตเครื่องดื่มผงจึงมีการนำเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) และเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freezing drier) มาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มผง นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีอื่นๆ อีกเช่น การตากแห้งและการบดละเอียด หรือการใช้ส่วนประกอบเป็นผงมาผสมกัน เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผง

เครื่องดื่มผงแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องดื่มและน้ำผลไม้แท้ผง ได้จากการสกัดน้ำผลไม้และนำเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยฉีดให้เป็นฝอยและกระทบกับความร้อนทำให้แห้งเป็นผง และสามารถนำวิธีอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มการละลายให้มากขึ้น เช่น การผลิตกาแฟผง การผลิตนมผง และผลไม้ต่างๆ วิธีนี้มีการลงทุนค่อนข้างสูง

2. เครื่องดื่มผงดัดแปลงหรือเครื่องดื่มกึ่งแท้ผง เป็นเครื่องดื่มที่ผลิตได้จากการเคลือบสารให้กลิ่นรสลงไปในสารที่เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งนิยมใช้น้ำตาล แป้ง หรือนมผง การเคลือบสารให้กลิ่นรสลงบนส่วนประกอบหลักทำได้โดยการฉีดสารเคลือบลงบนส่วนประกอบหลักเพื่อดูดซึมกลิ่นรสของผลไม้ไว้ แล้วจึงนำไปอบแห้ง นอกจากนั้นอาจมีการผสมสารให้กลิ่นรสเข้าไปโดยตรงโดยบดละเอียดผสมกับองค์ประกอบผงอื่นๆ เพื่อผลิตเป็นเครื่องดื่มผงตามต้องการ เช่น การผลิตเก๊กฮวยผง การผลิตเครื่องดื่มขิงผง เป็นต้น

3. เครื่องดื่มผงอัดก๊าซ เป็นเครื่องดื่มที่ผลิตเลียนแบบเครื่องดื่มอัดลม แต่ทำในลักษณะผง เป็นเครื่องดื่มที่มีสารโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบ เมื่อนำไปละลายน้ำสารนี้จะปฏิกิริยากับกรด จะสลายตัวเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ความรู้สึกซ่าได้ (ไพโรจน์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติที่ดีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผง

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงที่ดีนั้นควรจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ความสามารถในการดูดซึมของผิวอาหาร (wettability) ถ้ามีผิวสัมผัสจะดูดน้ำได้ดีเมื่อมีการเติมน้ำลงไป ทำให้เกิดการกระจายตัวในของเหลวได้ง่าย

2. การจมน้ำ (sinkability) เครื่องดื่มผงที่ละลายได้ดี จะมีการจมน้ำได้เร็ว ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นของผง

3. การกระจายตัว (dispersibility) เครื่องดื่มผงที่การกระจายตัวดี จะมีการจมน้ำได้ดีแต่หากเครื่องดื่มผงมีการรวมกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ความสามารถในการกระจายตัวอาจลดลงได้

4. ความสามารถละลายน้ำ (solubility) และอัตราเร็วของการละลายจะขึ้นอยู่กับลักษณะหรือส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร (อรุณี, 2530)

2.4 การทำแห้งแบบโฟม

การทำแห้ง คือ การทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าผลิตภัณฑ์สด นอกจากนี้ช่วยลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ทำให้สะดวกในการขนส่งและง่ายต่อการบริโภคและการนำไปใช้ (สมบัติ, 2529)

น้ำผลไม้ก็เป็นที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบัน การที่จะเก็บน้ำผลไม้ไว้บริโภคได้นานๆ นั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีการนำเอาน้ำผลไม้มาอบให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก มีน้ำหนักและปริมาตรลดลงประมาณ 8 และ 4 เท่าตามลำดับ เมื่อเติมน้ำลงไปแล้วจะทำให้ได้น้ำผลไม้ซึ่งคล้ายกับน้ำผลไม้สด เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งจะต้องมีคุณสมบัติที่ดีคือ สามารถทำให้กลับคืนรูปเดิมได้อย่างรวดเร็วโดย น้ำเย็นภายในเวลา 1–2 นาที มีสี รส และกลิ่น ใกล้เคียงกับน้ำผลไม้สดมากที่สุดและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่สูญเสียคุณภาพ (สมชาติ, 2532)

โครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ควรมีลักษณะเป็นรูพรุนแข็งแรงไม่พังง่าย โครงสร้างดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการละลายอย่างรวดเร็วเมื่อเติมน้ำลงไป โดยทั่วไปจะต้องให้ผงผลไม้แห้งละลายได้ในน้ำเย็นภายในเวลา 1 – 2 นาที วิธีการอบแห้งมีผลอย่างมากต่อโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ วิธีที่ดีได้แก่ การอบแห้งแบบแช่แข็ง (freeze drying) อบแห้งแบบพัฟ (puff drying) การอบแห้งแบบโฟม (foam-mat drying) และการอบแห้งแบบพ่นฝอยโฟม (foam-spray drying)

กระบวนการทำแห้งแบบโฟมเริ่มพัฒนาขึ้นโดย Morgan *et al.* (1959, 1960, 1961) และ Morgan (1961) ภายหลังได้มีการพัฒนาต่อโดย Bissett *et al.* (1963) และ Ginnette *et al.* (1963)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการการทำแห้งแบบโฟมเริ่มจากการนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น เพื่อลดปริมาณน้ำส่วนหนึ่งและช่วยทำให้โฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัวมากขึ้น ชนิดของอาหารจะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการเกิดโฟม เช่น น้ำนมและไข่สามารถนำมาทำให้เกิดโฟมได้ทันที เนื่องจากมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดโฟมได้ สำหรับอาหารบางชนิดที่ไม่สามารถตีให้เกิดโฟมได้หรือว่าสามารถทำให้เกิดโฟม แต่โฟมที่เกิดขึ้นไม่คงตัวและยุบตัวขณะอบแห้ง ควรเติมสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) เพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ ทำให้เกิดโฟมและทำให้โฟมมีความแข็งแรง อาหารที่ผ่านการทำโฟมแล้วจะถูกนำมาแผ่กระจายลงบนถาดและอบให้แห้งโดยใช้ลมร้อน

สารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizers) ใช้สำหรับเติมอาหารเหลวที่มีของแข็งที่ไม่ละลายอยู่ปริมาณน้อยหรือมีความหนืดต่ำ เพื่อทำให้อาหารมีความหนืดเพิ่มขึ้น และตีให้เป็นโฟมที่ไม่ยุบตัวได้ง่าย (สมชาติ, 2532)

2.4.1 กระบวนการทำให้เกิดโฟม

การทำให้เกิดโฟมในอาหารเหลว ทำได้โดยการตีด้วยความเร็วสูงๆ เป็นการผสมของผสม 2 สถานะคือของเหลวและอากาศด้วยแรงเฉือนที่สูง อาหารเหลวมีการแตกตัวทำให้อากาศสามารถแทรกตัวเป็นฟองในของเหลวได้ ซึ่งกลไกของการเกิดโฟมในของเหลวนั้นจะเกี่ยวข้องกับแรงตึงผิว (surface tension) ทั้งนี้โดยปกติเมื่อฟองอากาศในของเหลวลอยขึ้นมาอยู่ในผิวหน้า จะมีการแตกของฟองอากาศ ดังนั้นถ้าต้องการรักษาสภาพของฟองอากาศให้คงอยู่ที่ผิวของของเหลวได้ จะต้องทำการเปลี่ยนค่าแรงตึงผิวให้ต่ำลง (Hart *et al.*, 1963) การตีโฟมในอาหารเหลวจะทำให้อาหารไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำโฟมไปอบในเครื่องอบแห้งแบบสายพานต่อเนื่องหรืออบแห้งในเตาอบแบบถาดต่อเนื่องในรูปแผ่นบางๆ โครงสร้างของโฟมและการจัดเรียงตัวของโฟมที่เหมาะสมจะทำให้การอบแห้งเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยลักษณะของโฟมที่ต้องการในการอบแห้งคือโฟมจะต้องมีความคงตัวสูง เพื่อให้โฟมสามารถพยุงโครงสร้างของอาหารในระหว่างการอบแห้งได้ โฟมที่อบแห้งแล้วจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุนและ สามารถขูดออกทำให้เป็นผง ซึ่งสามารถละลายได้ทันทีในน้ำเย็น วิธีนี้สามารถช่วยให้รักษาคุณภาพของอาหารไว้ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอาหารที่ไวต่อการเสื่อมคุณภาพด้วยความร้อน (Ponting *et al.*, 1973)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมของน้ำผลไม้เมืองร้อน ได้แก่ ธรรมชาติทางเคมีของน้ำผลไม้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อัตราส่วนของเนื้อผลไม้ ชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟม ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้โฟมคงตัว ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยคือ ความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟม เวลา และอุณหภูมิในการผสม (Bates, 1964)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของโฟม

1. ความหนืด การทำให้ของเหลวมีความหนืดสูงขึ้นจะทำให้โฟมมีความคงตัวมากขึ้น สารที่ช่วยเพิ่มความหนืดส่วนใหญ่เป็นพวกน้ำตาลและสารไฮโดรคอลลอยด์ สารพวกนี้นอกจากจะเพิ่มความหนืดแล้วยังลดแรงตึงผิวอีกด้วย

2. แรงตึงผิว ของเหลวที่มีแรงตึงผิวต่ำ จะช่วยทำให้ของเหลวมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นรอบๆ ฟองอากาศโดยไม่บีบตัวให้ฟองอากาศแตกเร็วเกินไป ดังนั้นการเปลี่ยนแรงตึงผิวของฟิล์มสามารถทำให้เกิดโฟมหรือเกิดการยุบตัวของโฟมได้

3. ความดันไอ ของเหลวต้องมีความดันไอต่ำ เพราะทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้ยาก หรือของเหลวจะระเหยได้ช้า ถ้าของเหลวมีความดันไอสูงจะกลายเป็นไออย่างรวดเร็วทำให้ฟิล์มที่ล้อมรอบฟองอากาศบางลงและโฟมจะยุบตัว

4. การเกิดฟิล์มของอนุภาคฟองอากาศ โฟมที่มีความคงตัวฟิล์มที่เกิดขึ้นต้องมี ค่าความยืดหยุ่นที่ผิวสัมผัส และ ความหนืดที่ผิวสัมผัสสูง

5. สารที่จะช่วยให้โฟมมีความแข็งตัว (rigidity) ที่ระหว่างผิวของก๊าซ และของเหลว เช่นโปรตีนที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อทำให้เกิดโฟมโดยการตีโปรตีนจะเสียสภาพขณะตีจะช่วยทำให้โฟมมีความแข็งตัวและคงตัวมากขึ้นด้วย (นิธิยา, 2545)

2.4.2 สารที่ก่อให้เกิดโฟม

สารที่ก่อให้เกิดโฟม เป็นสารที่ใช้สำหรับเติมลงในอาหารเหลว เพื่อช่วยให้เกิดโฟมเมื่อนำไปตีในเครื่องปั่นเติมอากาศให้กับอาหารจนเกิดโฟม ซึ่งเป็นของผสมระหว่างของเหลวหรือกึ่งของแข็งในอากาศ มีของเหลวเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) และอากาศเป็นส่วนกระจาย (disperse phase) โดยชั้นระหว่างของเหลวบางๆ เรียกว่า lamellae แยกฟองอากาศออกจากกัน สารก่อให้เกิดโฟมที่เติมลงไปในอาหารจะช่วยทำให้เกิดสภาพโฟม ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงบริเวณ lamellae ทำให้อาหารอุ้มอากาศไว้ภายในได้มากขึ้น โดยฟองอากาศนั้นไม่แตกหรือแยกออก ขณะเดียวกันจะช่วยรักษาสภาพโฟมให้มีความคงตัวยิ่งขึ้น ปกติโมเลกุลของสารที่ช่วยให้เกิดโฟมนั้นประกอบไปด้วย ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่มีประจุ ซึ่งอาจจะเป็นประจุบวกหรือลบก็ได้ เป็นส่วนที่จะละลายอยู่ในวัฏภาคของน้ำ (hydrophilic) ส่วนที่เป็นประจุมักเป็นอนุพันธ์คาร์บอนอะตอมที่มีสายยาวๆ (aliphatic carbon chain) เป็นส่วนที่จะละลายอยู่ในวัฏภาคของน้ำมัน (สมบัติ, 2529)

สารก่อให้เกิดโฟมที่เลือกใช้สำหรับอาหารควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ต้องไม่มีรสชาติและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. สามารถทำให้เกิดโฟมได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณต่ำและปลอดภัยสำหรับการบริโภค

สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่ใช้ในอาหารที่สำคัญในกระบวนการอบแห้งแบบโฟม เช่น methocel, solubilized soya protein, methyl cellulose, glyceryl monostearate, modified soya albumin และ egg albumin แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ methocel ซึ่งได้มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ ลูกกวาด เป็นต้น (Dow Chemical Company, 2002)

methocel เป็นชื่อทางการค้า ผลิตโดยบริษัท Dow Chemical ประเทศสหรัฐอเมริกา methocel เป็นสารช่วยโฟมคงตัวชนิดหนึ่ง โดยมีสายโพลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่มีกลิ่นรสกับอาหารที่เติมลงไป ลักษณะเป็นผง มีความบริสุทธิ์สูงและให้พลังงานต่ำ และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น methocel สามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ (binders) สารช่วยให้เกิดแขวนลอย (suspension) สารช่วยให้อิมัลชั่นคงตัว (emulsifier colloid) ที่สำคัญคือ methocel เป็นกัม (gum) ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวลดแรงดึงผิว (surfactant) ทำให้เกิดสภาพฟิล์ม (film foaming) ในอาหารได้ ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟม สามารถแบ่ง methocel ตามชนิดของ cellulose ethers ภายในองค์ประกอบทางเคมีได้ 2 ชนิด คือ methyl cellulose (MC) และ hydroxypropyl methycellulose (HPMC) โครงสร้างทางเคมีของ methocel ทั้ง 2 ชนิดแสดงในภาพที่ 2.2 มีโครงสร้างเป็น polymeric backbond cellulose ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานคือ anhydroglucose unit (Dow Chemical Company, 2002)

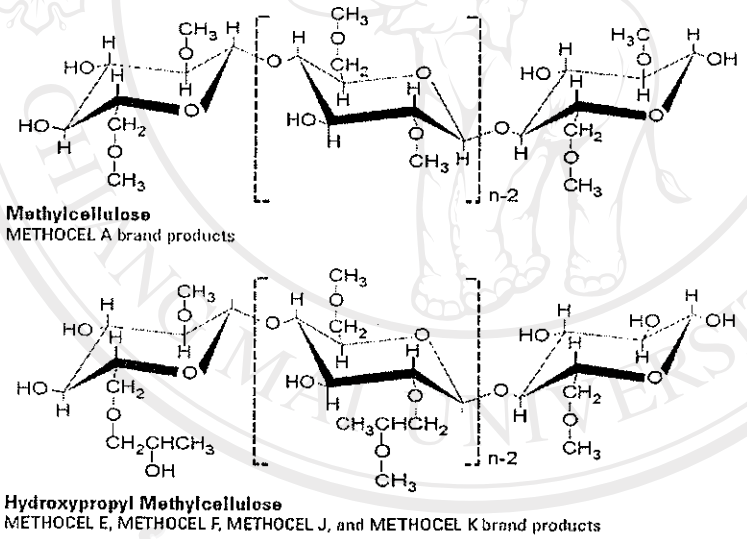
ความแตกต่างของ methocel ชนิดต่างๆ เกิดจากการผันแปรสัดส่วนของหมู่แทนที่ที่เป็น hydroxypropyl กับ methoxyl สัดส่วนดังกล่าวนี้จะทำให้ความสามารถในการละลาย ความข้นหนืด และอุณหภูมิเริ่มเกิดเจล (thermal gel point) ของสารละลาย methocel แตกต่างออกไป สามารถแบ่งออกตามค่าระดับการแทนที่ (degree of substitution, D.S.) ซึ่งหมายถึงปริมาณโดยเฉลี่ยของหมู่แทนที่ที่ทำปฏิกิริยาแทนที่วงแหวนตรงบริเวณหมู่ hydroxyl ของ anhydroglucose unit หากมีการแทนที่ 2 แห่ง เรียก D.S. = 2 เป็นต้น ความหนืดของสารละลาย methocel เริ่มตั้งแต่ 3-100,000 เซนติพอยส์ (Dow Chemical Company, 2002)

methocel ละลายน้ำได้ไม่ดีที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส หลังจาก methocel กระจายตัวในน้ำและทุกอนุภาคเปียกแล้ว การละลายของ methocel จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำให้ต่ำลง ดังภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการละลายของ methocel อย่างสมบูรณ์ ทำให้เกิดการคลายตัวของสายโพลิเมอร์ methocel จากที่ซับซ้อนเมื่อเริ่มต้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสายโพลิเมอร์จะปล่อยโมเลกุลของน้ำออกมา ทำให้ความหนืดของสารละลายลดลงไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูงถึงจุดเริ่มเกิดเจล (incipient gelation

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

temperature) สายโพลิเมอร์ที่ปราศจากน้ำนี้จะจับกัน และสารละลายเริ่มเกิดเจล ความหนืดของเจลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีค่าความหนืดสูงสุดที่อุณหภูมิค่าหนึ่งเท่านั้น ต่อมาเมื่อลดอุณหภูมิลงในช่วงทำเย็น ความหนืดของเจลจะเพิ่มขึ้นได้อีกเพียงเล็กน้อย หลังจากนั้นปฏิกิริยาจะเริ่มผันกลับและความหนืดจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนในที่สุดกราฟลดลงมาจนบรรจบกราฟเดิมเมื่อเริ่มต้นให้ความร้อน โดยกลไกนี้สามารถทำซ้ำได้อีกหลายครั้งตามต้องการ เพราะเจลของ methocel มีคุณสมบัติผันกลับได้

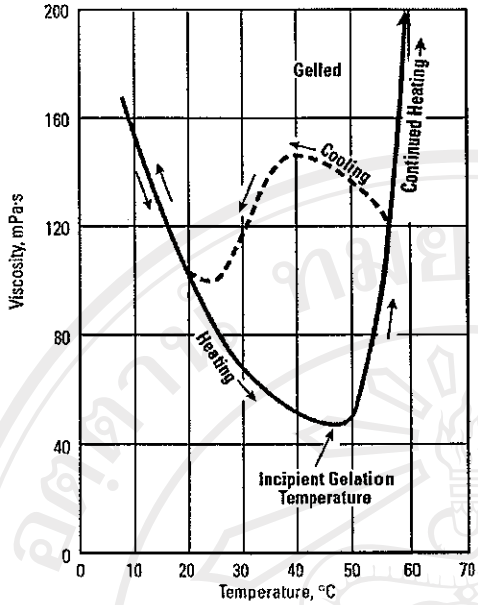
ปรากฏการเกิดเจลของ methocel ที่บริเวณผิวสัมผัส (interfacial) ของอาหารที่มีสภาพอิมัลชั่นเกิดขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของ methocel มีลักษณะเป็นสายโพลิเมอร์เคลื่อนที่ไปยังผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำ (air/water interface) ในอาหาร และเกิดเจลขึ้นมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ยึดเกาะบริเวณนี้ไว้ ทำให้เกิดสภาพโฟมที่มีความคงตัวและไม่ยุบตัว ความหนืดของ methocel มีผลเล็กน้อยต่ออุณหภูมิเริ่มเกิดเจลในขณะที่หากความเข้มข้นของ methocel เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อุณหภูมิเริ่มเกิดเจลต่ำลง (Dow Chemical Company, 2002)



ที่มา : Dow Chemical Company (2002)

ภาพ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของ methocel ชนิด methyl cellulose และชนิด hydroxypropyl methyl cellulose

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ที่มา : Dow Chemical Company (2002)

ภาพ 2.3 ผลของการเพิ่มและลดอุณหภูมิต่อความข้นหนืดและการเกิดเจลของ methocel

2.4.3 สารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizers) ที่ใช้ในการอบแห้งแบบโฟม

Hart *et al.* (1963) ได้รายงานชนิดของสารเพิ่มความคงตัวของโฟมและวิธีการเตรียมสารก่อนนำมาใช้ ในช่วงแรกที่มีการพัฒนากระบวนการอบแห้งแบบโฟม สารเพิ่มความคงตัวของโฟมที่นิยมใช้มากที่สุด คือ glyceryl monostearate (GMS) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ มีวิธีการเตรียมสารก่อนนำมาใช้โดยการเติม GMS ลงในน้ำ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนัก คนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 60-68.3 องศาเซลเซียส หรือใช้เครื่องผสมทำให้ GMS กระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิ 76.6 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 54.4 องศาเซลเซียส GMS ถูกนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในอาหารเหลวหลายชนิด ได้แก่ แอปปริคอท กล้วยแช่แข็ง น้ำมะนาวเข้มข้น กากน้ำตาล ถั่ว ลูกสาลี่ มันฝรั่ง ลูกพรุน สตรอเบอรี่ผสมน้ำตาล น้ำตาลซูโครสผสมเจลาติน และน้ำมะเขือเทศเข้มข้น เป็นต้น สารเพิ่มความคงตัวของโฟมที่นิยมใช้รองลงมาคือ solubilized soya protein ซึ่งเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ วิธีการเตรียมก่อนนำมาใช้ คือ ละลาย solubilized soya protein ในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก มีรายงานการใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในน้ำองุ่นเข้มข้น น้ำเกรฟฟรุต น้ำส้ม น้ำสับปะรด นมถั่วเหลือง น้ำตาลซูโครส และน้ำตาลซูโครสผสมเพกติน เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้น Hart *et al.* (1963) ยังได้รายงานการใช้ sucrose monopalmitate, sucrose monolaurate, egg albumin, sorbitan monostearate, polyoxyethelene sorbitan monostearate, methyl cellulose, guar gum และแป้งมันสำปะหลัง เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในกระบวนการผลิตอาหารผงหลายชนิดดังตารางที่ 2.1

Berry *et al.* (1965a) ได้รายงานวิธีการเตรียมสารเพิ่มความคงตัวของโฟม 3 ชนิด คือ modified soya albumin (D - 100) ซึ่งเตรียมโดยการละลายในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 16.7 แล้วเก็บไว้ในตู้เย็น methyl cellulose (ความหนืด 10 เซนติพอยส์) เตรียมโดยการทำให้กระจายตัวในน้ำร้อนในปริมาณน้อยๆ แล้วจึงเติมน้ำเย็นให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ โดยปรับให้ความเข้มข้นร้อยละ 4.8 โดยน้ำหนัก และ glyceryl monostearate (GMS) เตรียมโดยการต้มน้ำจนมีอุณหภูมิ 68.3 องศาเซลเซียส ค่อยๆ เติม GMS ลงไปให้มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พร้อมกับคนให้กระจายตัว นำสารแขวนลอยที่ได้ตีด้วยเครื่องผสมในตู้อบขนาดที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จะได้สารแขวนลอยคล้ายครีมสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง โดยต้องมีการเตรียมใหม่เพื่อให้งานทุกๆ 24 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.4.4 วิธีการตรวจสอบคุณภาพของโฟม

เนื่องจากคุณภาพของโฟมที่เกิดจากการตีปั่นส่วนผสม มีผลต่อสภาวะการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของโฟมที่ได้ โดยคุณภาพของโฟมสามารถตรวจสอบมีดังนี้

ความหนาแน่นของโฟม

สามารถวัดความหนาแน่นของโฟมโดยการบรรจุโฟมลงในจานชั่งน้ำหนักที่ทำจากอลูมิเนียม ขนาด 40 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกฉีดยาหรือ spatula โดยระวังไม่ให้โฟมแตกเสียหายแล้วชั่งน้ำหนัก อีกวิธีหนึ่ง ใช้ปิเปต 10 มิลลิลิตร ซึ่งขยายปลายเปิดให้กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ดูดโฟมแล้วชั่งน้ำหนัก (Labelle, 1966)

การวัดความคงตัวของโฟม

สามารถวัดความคงตัวของโฟมโดยการใส่โฟมลงในกรวยกรองที่ทราบปริมาตรปิดฝาเพื่อป้องกันการระเหย และวางกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร รองรับของเหลวที่แยกตัวออกมาในช่วงเวลา 60 นาทีโดยบันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกออกมาทุกๆ 15 นาที (Sauter and Montoure, 1972)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 สารเพิ่มความคงตัวของโฟมและวิธีการเตรียมสาร

Stabilizer	Trade name	Manufacturer	FDA approved*	Method of dispersion
Gloceryl monostearate	Myverol 1800	DPI	Yes	Use 5-10% by wt. in rater. Mix and store at 140-150^{0}F or disperse in Watering boender at 170^{0}F and store at 130^{0}F
Solubilized soya protein	D-100-WA	Gunther Products	Yes	Use 20% aq. solution at 70^{0}F
Sucrose monopalmitate	-	Ledoga	No	Use 1-5% by wt. in water. Mix at 160-180^{0}F. Store 1% solution at 70^{0}F or higher. Store 5% solution at 130^{0}F or higher.
Sucrose monolaurate	-	Ledoga	No	Use 1-5% by wt. in water. Mix at 160-180^{0}F. Store at 70^{0}F
Egg albumin	Span 60	-	Yes	Use 10% aq. Solution at 70^{0}F
Sorbitan monostearate	Tween 60	Atlas	Partially	Use 9.2% Span 60 plus 0.8% Tween 60 to weight in water. Mix and store at 70-140^{0}F
Polyoxyrthylene Sortitan monostearate	Methocel10CPS.MC	Atlas	Partially	Use 9.2% Span 60 plus 0.8% Tween 60 to weight in water. Mix and store at 70-140^{0}F
Methylcellulose	Jaguar 307	Dow	Yes	Use cold aq. solutions
Guar gum	Cell U	Stein-Hall	Yes	Use cold aq. solutions
Tapioca starch		Chicago Sieteic Supply	Yes	Use cold aq. Solutions

*Individual manufacturers should consult the Food and Drug Administration. Washington 25. D.C. and drug officials of the individual states involved to determine if the use of any prepared additive is permissible. And if so, what limitations are placed on its use.

ที่มา : Hart *et al.* (1963)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 ชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในผลิตภัณฑ์

Commodity	Soluble Solid	Additives [a]	Additives (% dsb)	Foaming Temp (oF)	Foam Density (g/ml)	Foaming Time (min)
Apricot	32	A	1.1	32	0.43	10
Apple juice	47.2	C&D	0.10, 0.02	100	0.15	10
Apple sauce	20	E	1.5	70	0.25	10
Frozen banana	21	A	1.0	40	0.40	20
Canned banana	18	A&L	1.0, 10.0	70	0.40	20
Beef extract	54	J	-	70	0.32	8
Coffee extract	47	C	1.0	70	0.20	10
Coffee extract	30	K,G&A	1.0, 1.0, 1.0	70	0.30	15
Flour, all purpose	35	H	1.0	70	0.25	20
Grape juice concentrate	46	B&I	1.0, 0.2	70	0.25	4
Grapefruit juice	39	B&I	2.0, 0.45	70	0.17	11
Lemon juice concentrate	60	A	1.0	70	0.25	5
Milk, whole	42	J	-	70	0.35	10
Molasses	85	A	0.3	70	0.50	3
Orange juice	50	B&I	0.8, 0.2	40	0.30	20
Pea	18	A	5.5	70	0.40	15
Pear	13	A	7.7	70	0.21	5
Pineapple juice	46	B	1.0	70	0.28	2
Potato, white	19	A	1.6	70	0.52	3
Squash	12	F&G	2.6, 0.2	70	0.55	35
Prune	35	A	0.5	70	0.40	9
Prune whip	34.5	E	2.3	70	0.36	5
Soya bean milk	24.4	B&H	4.0, 0.5	32	0.23	10
Strawberry + 1/3 x sugar	40	A	1.5	70	0.28	10
Sucrose	70	B	1.0	70	0.31	5
Sucrose + 10% gelatin	33	A	1.0	100	0.14	5
Sucrose + 6% pectin	53	B	1.0	70	0.29	5
Tea	45	C	1.0	70	0.25	5
Tomato paste	30	A	1.0	70	0.40	4

aAdditves

A. Glyceryl monodtearate
B. Solubilizes soya protein
C. Sucrose monopalmitate
D. Sucrose monolaurate
E. Egg albumin
F. Sorbitan monostearate
G. Polyoxyethylene sorbitan monostearate
H. Methylcellulose. 8000 cps.
I. Methylcellulose. 10 cps.
J. Xo additive
K. Guar gum
L. Tapioca starch

ที่มา : Hart *et al.* (1963)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดค่า overrun ของโฟม

สามารถวัดโดยชั่งน้ำหนักส่วนผสม (น้ำผลไม้+สารก่อโฟม) ที่มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร และชั่งน้ำหนักโฟมที่ปริมาตรเดียวกัน โดยทำการชั่งซ้ำ 3 ครั้งต่อการผสม นำค่าที่ได้ทั้ง 3 ซ้ำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้ในการคำนวน (Karim and Wai , 1999)

ค่า overrun สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{overrun} = \frac{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม - น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}}{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}} \times 100$$

2.4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bissett *et al.* (1963) ได้ศึกษาการทำน้ำส้มผงโดยวิธีอบแห้งแบบโฟม น้ำส้มมีความเข้มข้น 59 องศาบริกซ์ ถูกทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการแช่แข็ง เตรียมความเข้มข้นของ modified soya protein ร้อยละ 16.7 และ methycellulose ร้อยละ 4.8 ผสมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 คิดเป็นร้อยละ 0.9 ของปริมาณของแข็งทั้งหมด อบแห้งที่อุณหภูมิ 71.1 76.6 และ 82.2 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 11.7 -26.2 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 4.5 - 2.71 ที่อุณหภูมิ 76.6 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 10.5 -13.1 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 3.99–3.37 และเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 82.2 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8.8 - 13.1 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 4.03 - 2.46 ถ้าใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น

Berry *et al.* (1965b) ใช้โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 0.45 โดยน้ำหนักเป็นสารที่ทำให้เกิดโฟม และใช้ methocel (ความหนืด 10 เซนติพอยส์) ร้อยละ 0.17 โดยน้ำหนักเป็นสารที่ทำให้โฟมคงตัวศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งน้ำเกรฟฟรุตโดยวิธีโฟม ด้วยเตาอบแบบสายพาน ใช้เวลาอบแห้ง 8 ถึง 26 นาที ที่อุณหภูมิ 71.1 76.6 82.2 และ 87.7 องศาเซลเซียส พบว่า ที่เวลาการอบแห้งนาน 18 นาที หรือน้อยกว่านี้ กลิ่นและรสชาติของน้ำเกรฟฟรุตจะไม่ถูกทำลายโดยความร้อน ถ้าใช้อุณหภูมิ 87.7 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาน้อยกว่า 12 นาที จะได้น้ำเกรฟฟรุตผงมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 2 ถึง 3.5

Berry *et al.* (1967) ศึกษาการผลิตน้ำเกรฟฟรุตผงโดยการอบแห้งแบบโฟม ทดลองใช้ methyl cellulose, modified soya albumin algins, เพกติน และ cellulose derivatives เป็นสารที่ก่อให้เกิดโฟมและจำกัดปริมาณการเติมสารเหล่านี้ลงไปในน้ำเกรฟฟรุตเข้มข้น 40-58 องศาบริกซ์ ไม่เกินร้อยละ 1 จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 76.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และอบต่อที่อุณหภูมิ 65.5 ถึง 71.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง จะได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำเกรฟฟรุตผงที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 1.0 ถึง 1.25 ซึ่งต่ำเพียงพอที่จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้โดยไม่ต้องใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุ

Brown *et al.* (1973) ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอบแห้งโดยวิธีโฟม เพื่อลดภาระการทำงานของเตาอบ โดยโฟมถูกทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยน้ำ ซึ่งทำให้น้ำผลไม้เข้มข้นสามารถตีให้เป็นโฟมที่แข็งแรงและมีความคงตัวมากขึ้น แต่ถ้าทำให้เข้มข้นมากเกินไปจะทำให้โฟมมีความหนาแน่นมากเกินไป และทำให้ไม่สามารถดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้หมดในระหว่างการอบแห้ง ความเข้มข้นของของแข็งที่ดีสำหรับมะเขือเทศ คือ ร้อยละ 30 และสำหรับส้ม คือ ร้อยละ 55

Beristain *et al.* (1993) ได้ทดลองทำน้ำดอกจาไมกาผงด้วยวิธีโฟม ด้วยการเติม emulsifier (ร้อยละ 0.1 ถึง 0.4 โดยน้ำหนัก) และ maltodextrins (ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก) ลงไปในสารสกัดเข้มข้นของกลีบชั้นนอกของดอกจาไมกาเพื่อก่อให้เกิดโฟม การอบแห้งโฟมทำในเตาอบแบบพาความร้อน ทดลองที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และโฟมที่ใช้ มีความหนา 2 4 และ 6 มิลลิลิตร ผลการศึกษาอุณหภูมิและความหนาของตัวอย่างต่ออัตราการอบแห้งพบว่าเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง คือ 70 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความหนาของโฟม 4 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3 (น้ำหนักเปียก) ผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏที่ดีและมีการละลายได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย

Karim and Wai (1999) ได้ศึกษาการอบแห้งน้ำมะเฟืองตีป่นด้วยวิธีโฟมในด้านความคงตัวของโฟม และลักษณะการอบแห้งด้วยลมร้อน มีการเติม methocel 65 HG ตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึง 0.5 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่า overrun และความคงตัวของโฟมเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ methocel 65 HG และมีค่าสูงสุดเมื่อ methocel 65 HG มีความเข้มข้นร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนัก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งจาก 70 เป็น 90 องศาเซลเซียส ทำให้เวลาในการอบแห้งลดลงได้มากถึง 30 นาที และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส สีและกลิ่นรสชาติของผลิตภัณฑ์จะมีการเปลี่ยนแปลง

วัชรี และรัตนา (2543) ได้ศึกษาความเข้มข้นของน้ำลำไย และสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสมในน้ำลำไย พบว่าส่วนผสมน้ำลำไยเข้มข้นที่เหมาะสมประกอบด้วย เนื้อลำไยร้อยละ 50 เนื้อลำไยแห้งร้อยละ 20 และน้ำตาลทรายร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสม คือ methocel 65 HG ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ตีให้เกิดด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 15 นาที ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

ชนันท์ (2545) ศึกษาการผลิตน้ำลำไยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม พบว่าสารที่ทำให้โฟมคงตัวที่เหมาะสมที่สุดคือสารผสมของ methocel 65 HG ความเข้มข้นร้อยละ 0.13 กับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

glyceryl monostearate ความเข้มข้นร้อยละ 0.13 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ความหนาของโฟม 5 มิลลิเมตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

อรทัย (2547) ได้ศึกษาสารก่อให้เกิดโฟมในน้ำมะเกี๋ยงสกัด โดยใช้สารก่อให้เกิดโฟม 3 ชนิด คือ methocel, glyceryl monostearate (GMS), carboxy methyl cellulose (CMC) และการใช้สารผสม 3 ประเภท คือ methocel ผสมกับ GMS , methocel ผสมกับ CMC และ GMS ผสมกับ CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1 พบว่า การใช้สารละลาย methocel ผสมกับ CMC ในปริมาณร้อยละ 47โดยน้ำหนักของน้ำมะเกี๋ยงสกัด เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดโฟมที่ได้มีความหนาแน่น 0.44 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีค่า overrun สูงถึงร้อยละ 690.07 น้ำมะเกี๋ยงที่ได้มีคุณภาพดี สามารถคืนรูปได้สูงถึงร้อยละ 97.86 ละลายได้ภายในเวลา2 นาที ผงแห้งมีความชื้นร้อยละ 2

2.4.6 วิธีการเก็บรักษาน้ำผลไม้ผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งจะต้องมีความชื้นต่ำโดยปกติจะอยู่ประมาณร้อยละ 5 (ไพโรจน์, 2535) เพื่อให้สามารถรักษาผลิตภัณฑ์นั้นไว้ได้นาน (น้ำส้มผงต้องการให้มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 1 มะเขือเทศผงต้องการให้มีความชื้นเหลืออยู่ ร้อยละ 2 การอบแห้งเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำระดับนี้ จะต้องอบแห้งโดยใช้กระแสลมร้อนที่ไหลแบบสวนทางกับผลิตภัณฑ์ มีการเตรียมโฟมที่ดี และบรรจุในห้องที่มีความชื้นต่ำ เมื่อผลิตภัณฑ์เย็นลงถึงอุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส จะต้องเก็บไว้ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 15 ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งแล้วมีน้ำหนักเบามาก มีช่องว่างของก๊าซแทรกอยู่ในโครงสร้างทำให้มีความหนาแน่น 0.3 กรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อนำมาละลายจะปล่อยก๊าซออกทำให้เกิดโฟมขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ดังนั้นจึงมีการนำไปกดอัดเป็นแถบบางๆ ด้วยลูกกลิ้งที่อุ่นเพียงพอ เพื่อทำให้มีการไหลแบบพลาสติก แถบบางดังกล่าวมีลักษณะเปราะแตกง่าย เมื่อถูกคนจะแตกเป็นเกล็ด อุณหภูมิของลูกกลิ้งที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และปริมาณความชื้น การใช้ลูกกลิ้งที่มีอุณหภูมิ 65.5 และ 93.3 องศาเซลเซียส จะไม่มีผลต่อกลิ่นรสและการอบแห้ง ในกรณีที่แถบอาหารติดแน่นกับลูกกลิ้งสามารถป้องกันได้โดยทาด้วย acetylated monoglyceride บางๆ ลงบนผิวลูกกลิ้งเพื่อช่วยให้แกะแถบอาหารออกได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นประมาณ 0.8 กรัมต่อมิลลิเมตร มีสีที่ดี ละลายหรือซึมซับน้ำได้ทันทีและไม่มีโฟม ทำให้ต้นทุนภาชนะบรรจุลดลง แม้การอัดแน่นจะมีข้อดีมากแต่ในขณะเดียวกันก็มีข้อเสียอยู่บ้างคือทำให้อัตราการดูดซับน้ำลดลง (Brown *et al.*, 1973) ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งแล้วควรมีความหนาแน่นประมาณ 0.1-0.8 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยยิ่งมีความหนาแน่นมากยิ่งดี (Morgan, 1961)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved