บทที่ 1

บทนำ

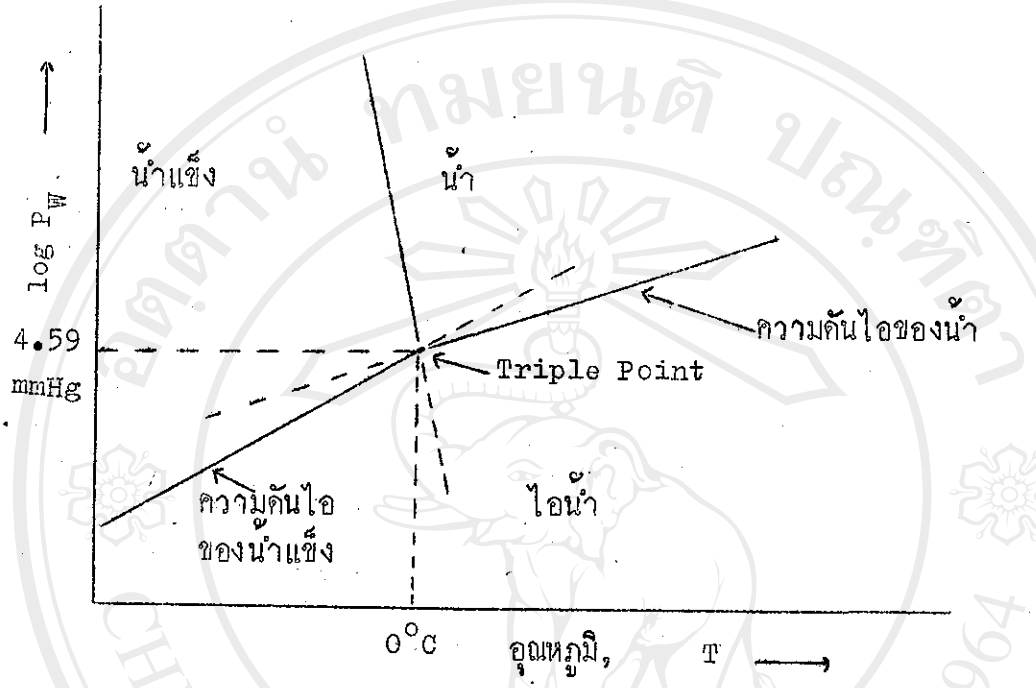
การทำแห้ง (drying) เป็นกระบวนการแยกความชื้นหรือของเหลวออกจากผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง โดยทั่วไปของเหลวที่ถูกแยกออกมักจะเป็นน้ำจึงเรียกกันว่าดีไฮเดรชัน (dehydration) วิธีการทำให้แห้งที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบันจะเป็นการให้ความร้อนแก่สารชื้น เพื่อให้เกิดการระเหยเป็นไอของของเหลวหรือน้ำที่มีปนอยู่กับของแข็งและไอจะถูกแยกออกไปจากของแข็งโดยวิธีการที่เหมาะสม เช่น ถูกแยกออกจากระบบด้วยกระแสแก๊สที่เรียกว่าตัวกลางทำให้แห้ง (drying medium) หรือทำให้เกิดการกลั่นตัว ณ บริเวณที่ห่างไกลออกไปหรือโดยการใช้สารดูดความชื้นที่เหมาะสม การทำให้แห้งโดยการใช้ความร้อนนี้ไม่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน เช่น อาหาร สารอินทรีย์บางชนิด เป็นต้น ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางกายภาพและ/หรือทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไปจากเดิมจนไม่อาจยอมรับได้ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจทำให้แห้งได้โดยแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใดด้วยกระบวนการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (Freeze-drying)

1.1 การทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (Freeze-drying)

1.1.1 หลักการทั่วไป[1]

การทำแห้งในสภาพแช่แข็งเป็นขบวนการนำน้ำออกจากสารโดยการระเหิด (Sublimation) โดยตรงจากสถานะแช่แข็ง (frozen state) ไปเป็นไอ (vapor state) โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลว (liquid state) ขบวนการนี้จะเกิดภายใต้สภาวะของอุณหภูมิและความดันไอของน้ำต่ำกว่าจุด triple point ของน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.1 แสดงแผนภูมิวัฏภาค (phase diagram) ของน้ำบริสุทธิ์

พิจารณาแผนภูมิวัฏภาค (phase diagram) ของน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยของไอน้ำ (partial pressure, P_w) กับอุณหภูมิ (T) ของระบบ ที่จุด triple point (0°C, 4.59 mmHg) น้ำบริสุทธิ์จะประกอบด้วย 3 สถานะคือ ของแข็ง (น้ำแข็ง) ของเหลว (น้ำ) และก๊าซ (ไอน้ำ) จะอยู่ในสมดุลกัน น้ำที่อยู่ในสภาวะที่มีความดันสูงกว่า 4.59 mmHg และอุณหภูมิต่ำกว่า 0 °ซ. จะมีสถานะเป็นของแข็ง ถ้าลดความดันรอบ ๆ น้ำแข็งให้ต่ำมาก ๆ (ต่ำกว่า 4.59 mmHg) และลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 0 °ซ. น้ำในสถานะของแข็งหรือน้ำแข็งจะเปลี่ยนไปเป็นไอน้ำได้โดยตรง กล่าวคือ เกิดการระเหิดขึ้น

จากหลักการนี้สามารถนำมาใช้ทำอาหารให้แห้งได้ โดยนำอาหารมาแช่แข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ จากนั้นนำอาหารไปไว้ในสภาวะที่ความดันต่ำมาก ๆ จะทำให้น้ำแข็งในอาหารเกิดการระเหิดอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งน้ำแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่มีอยู่ในอาหารถูกถ่ายเทออกไปทำให้อาหารแห้ง การระเหิดของน้ำแข็งนี้ต้องใช้ความร้อนจำนวนหนึ่งเรียกว่า ความร้อนของการระเหิด (Heat of sublimation) มีค่า 9-12 Kcal/gm mole ดังนั้นขบวนการระเหิดของน้ำแข็งออกจากอาหารจึงเกิดได้ดีเมื่อ

- ลดความดันย่อยของไอน้ำให้ต่ำและต่ำกว่าค่าความดันไอของน้ำ ณ อุณหภูมิของระบบ และ
- ให้ความร้อนแก่อาหารด้วยอัตราที่พอเพียงสำหรับการระเหิดของน้ำแข็ง

เนื่องจากความดันของระบบจะมีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศมาก กล่าวคือ ระบบอยู่ในสภาวะสูญญากาศ (high vacuum) วิธีการที่ใช้ลดความดันย่อยของไอน้ำให้มีค่าต่ำที่ใช้กันทั่วไปจึงมีเพียง 3 วิธีดังนี้ (2), (3), (4)

ก. <u>การควบแน่นที่อุณหภูมิต่ำ</u> ไอน้ำในระบบจะถูกเปลี่ยนสภาพกลับเป็นของเหลว หรือของแข็งโดยใช้วิธีการปั๊มอากาศที่มีไอน้ำปนอยู่นี้ผ่านเครื่องควบแน่นซึ่งจุ่มแช่ในภาชนะหรืออุปกรณ์ที่บรรจุด้วยน้ำแข็งแห้ง (dry ice) หรือสารทำความเย็น เช่น ฟรีออน (Freon) หรือแอมโมเนีย เป็นต้น

ข. <u>การใช้สารดูดความชื้น</u> ไอน้ำจะถูกดูดจับด้วยสารดูดความชื้น เช่น $CaCl_2$ H_2SO_4 P_2O_5 ซึ่งบรรจุไว้ในอุปกรณ์ดักความชื้น (trap)

ค. <u>การใช้ปั๊ม</u> ไอน้ำที่ระเหิดออกมาจะถูกแยกออกจากระบบโดยตรงโดยการปั๊มออกไปด้วยปั๊ม (pump) ซึ่งส่วนมากจะใช้ oil-sealed rotary pump หรือ high vacuum pump

1.1.2 <u>ขั้นตอนการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง</u> (5), (6)

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 1.2 คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การแช่แข็ง (5)
- การทำแห้ง (6)

ก. <u>การแช่แข็ง</u> เป็นการทำให้สารละลายที่มีอยู่ในอาหารเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง การแช่แข็งแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

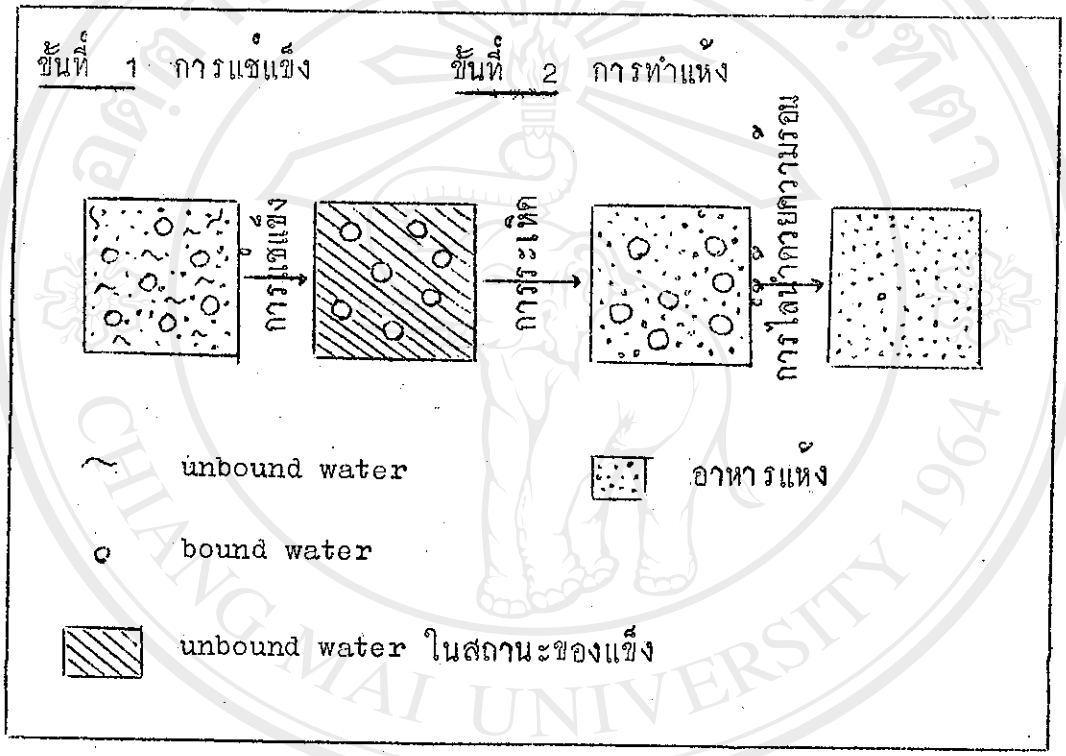
- การแช่แข็งอย่างเร็วเป็นการทำให้อาหารแข็งในเวลา 30 นาที อุณหภูมิระหว่าง -18 °ซ. ถึง - 40 °ซ.
- การแช่แข็งอย่างช้า ใช้เวลา 3-72 ชั่วโมง อุณหภูมิประมาณ -15 °ซ.

การแช่แข็งเป็นขั้นตอนสำคัญในการรักษาคุณค่าของอาหาร ดังนั้นขบวนการทำแห้งในสภาพแช่แข็งจึงนิยมใช้การแช่แข็งอย่างเร็ว ซึ่งจะทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งอย่างฉับพลัน จึงไม่มีโอกาสรวมตัวและเรียงตัวเป็นผลึกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเมื่อน้ำแข็งเกิดการระเหิดแยกออกไปจากอาหาร จะทิ้งช่องว่างขนาดเล็กไว้ทุกๆ แห่งที่เดิมเป็นน้ำแข็ง ทำให้อาหารที่ได้มีรูพรุนขนาดเล็กและอาหารไม่เสียโครงสร้าง การแช่แข็งอย่างเร็วอาจใช้สารทำความเย็นพวกไนโตรเจนเหลวหรืออะซิโตนกับน้ำแข็งแห้ง แต่การที่ใช้ไนโตรเจนเหลวหรืออะซิโตนกับน้ำแข็งแห้งสิ้นเปลืองมากเพราะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีกได้ ส่วนการแช่แข็งอย่างช้าน้ำที่อยู่ในอาหารจะเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งได้ช้า โอกาสที่น้ำจะรวมตัวและเรียงตัวเป็นผลึกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อาหารแห้งช้าและโครงสร้างของอาหารอาจมีการเปลี่ยนแปลง การแช่แข็งอย่างช้าอาจใช้วิธีการแช่แข็งในห้องแช่แข็ง (Freezer) โดยใช้สารพวกฟีออนหรือแอมโมเนียเป็นตัวกลางดึงความร้อนออกจากอาหาร

ข. <u>การทำแห้ง</u> หลังจากอาหารถูกแช่แข็งแล้วจะเป็นการกำจัดน้ำที่มีอยู่ในอาหารออกไปภายใต้สภาวะที่ควบคุมโดยอาศัยขบวนการระเหิด ซึ่งต้องอาศัย 2 ขบวนการคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

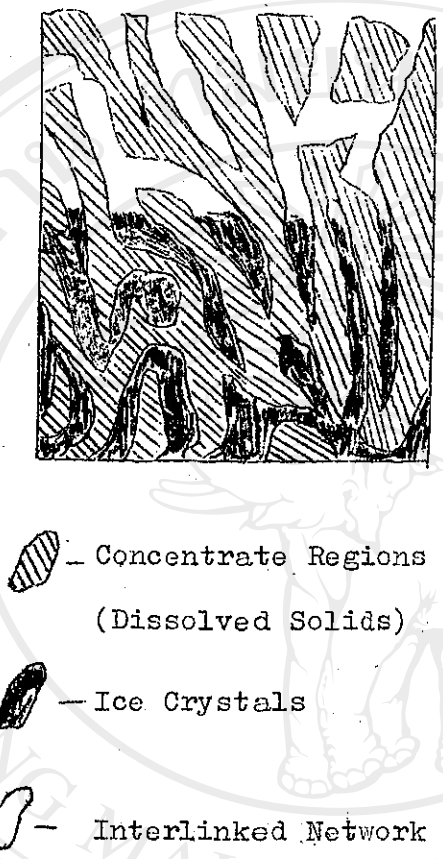
- การลดความดันรอบ ๆ ชิ้นอาหารให้ต่ำลง
- การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ชั้นน้ำแข็งโดยที่อุณหภูมิของชิ้นอาหารจะต้องไม่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (freezing point)



รูป 1.2 แสดงขั้นตอนการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง

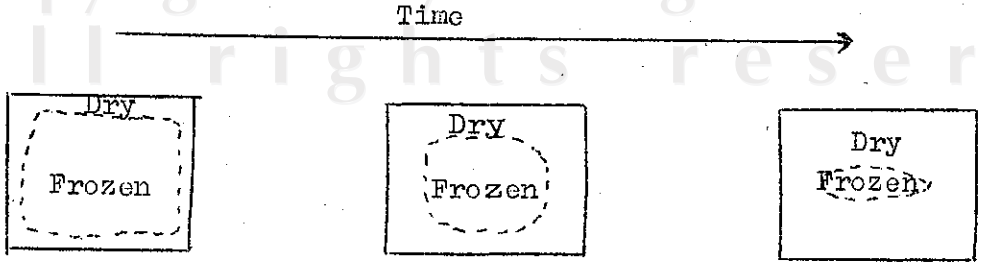
ขณะทำแห้งความดันย่อยของไอน้ำรอบชิ้นอาหารแข็งจะมีค่าและถูกควบคุมให้ต่ำกว่าความดันไอของน้ำ น้ำแข็งที่บริเวณผิวภายนอกของอาหารจึงเกิดการระเหิดและถูกแยกออกไปจากระบบโดยวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผิวของชิ้นอาหารเกิดเป็นชั้นแห้งและมีความพรุนอันเนื่องจากการระเหิดต่อเนื่องไอน้ำที่เกิดจะแพร่กระจายหรือเคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง ซึ่งเป็นรูพรุนเหล่านั้นออกไปจากชิ้นอาหารและออกไปจากระบบในที่สุด โดยวิธีการดังกล่าวนี้เมื่อเวลาผ่านไประนาบของการระเหิด ซึ่งจะเป็นรอยต่อระหว่างชั้นอาหารแห้งกับชั้นอาหารชั้นจะเคลื่อนถอยลึกเข้าไปในชิ้นอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.3 การทำแห้งในสภาพแช่แข็งของอาหารแช่แข็งที่เป็นของเหลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.4 แสดงลักษณะการแห้งของอาหาร

การให้ความร้อนเพื่อให้เกิดขบวนการระเหิดอาศัยขบวนการนำ และการแผ่รังสี ซึ่งการทำให้เกิดการระเหิดต้องอาศัยการลดความดันและการให้ความร้อนพร้อมกันไป (7)

-การนำ (Conduction) ขบวนการนี้ความร้อนจากตัวให้ความร้อน (heater) จะถูกนำมายังถาดอาหาร (tray) จากนั้นจะส่งผ่านมายังชิ้นอาหารและถ่ายเท โดยการพาไปให้ส่วนที่เป็นน้ำแข็ง เมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อนก็จะเกิดการระเหิดกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำจะถ่ายเทออกจากชิ้นอาหารและออกไปจากระบบ

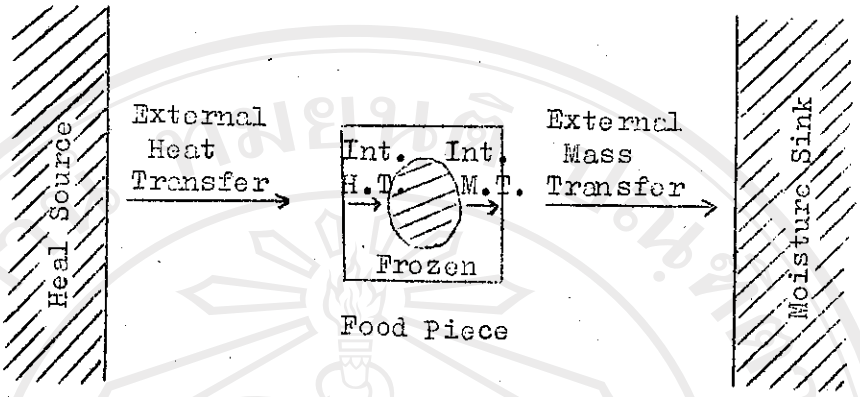
-การแผ่รังสี (radiation) ความร้อนจากตัวให้ความร้อนที่อยู่ติดกับผนังของห้องทำแห้ง (chamber) จะเคลื่อนที่โดยการแผ่รังสีผ่านสุญญากาศ (Vacuum) มายังชิ้นอาหารและถ่ายเทไปยังชั้นของน้ำแข็งในอาหารต่อไป

ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยอัตราที่พอเหมาะก็ต้องอาศัยตัวให้ความร้อนซึ่งได้แก่ แผ่นความร้อน การใช้รังสีอินฟาเรด และการใช้ไมโครเวฟ แต่ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางคือ แผ่นความร้อน ซึ่งวิธีการนี้มีข้อเสียคือ การถ่ายเทความร้อนจากแผ่นความร้อนไปยังน้ำแข็งอาจเกิดขึ้นอย่างมีขีดจำกัด

1.1.3 อัตราเร็วของการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (Rate of Freeze drying)

อัตราเร็วของการทำแห้งในสภาพแช่แข็งเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและไอน้ำ ขบวนการระเหิดจะเกิดได้ดีเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแข็ง โดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวหน้าอาหารและน้ำแข็ง และการออกไปของไอน้ำจากน้ำแข็งไปสู่ภายนอก อาศัยความแตกต่างของความดันย่อยของไอน้ำระหว่างผิวของน้ำแข็งที่เกิดการระเหิดและที่ผิวของตัวดูดความชื้น (Moisture sink) ดังแสดงในรูป 1.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 1.5 แสดงการถ่ายเทมวลและการถ่ายเทความร้อนในขบวนการทำแห้งภายใต้สภาพแช่แข็ง

จากรูป 1.5 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้งในสภาพแช่แข็งได้แก่

ก. การถ่ายเทความร้อนภายนอกชิ้นอาหาร (External heat transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งไปยังพื้นผิวภายนอกของชิ้นอาหาร

ข. การถ่ายเทความร้อนภายในชิ้นอาหาร (Internal heat transfer) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกของอาหารเข้าไปยังผิวของน้ำแข็งที่เกิดการระเหิด

ค. การถ่ายเทมวลภายในชิ้นอาหาร (Internal mass transfer) เป็นการถ่ายเทไอน้ำที่เกิดจากการระเหิดไปยังภายนอกที่ผิวของอาหาร

ง. การถ่ายเทมวลภายนอกชิ้นอาหาร (External mass transfer) เป็นการถ่ายเทไอน้ำจากผิวภายนอกของอาหารไปยังเครื่องควบแน่นหรือตัวดูดความชื้น (Moisture sink)

1.1.4 <u>สิ่งที่มีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของการทำแห้ง</u> (7), (8)

ก. <u>ความดันรอบ ๆ ชิ้นอาหาร</u> Harper และ Chichester (1960)[10] แสดงความสัมพันธ์ของความดันที่มีต่อค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) ค่าการนำความร้อนลดลงเมื่อความดันลดลงจาก 100 ไปถึง 0.1 mmHg

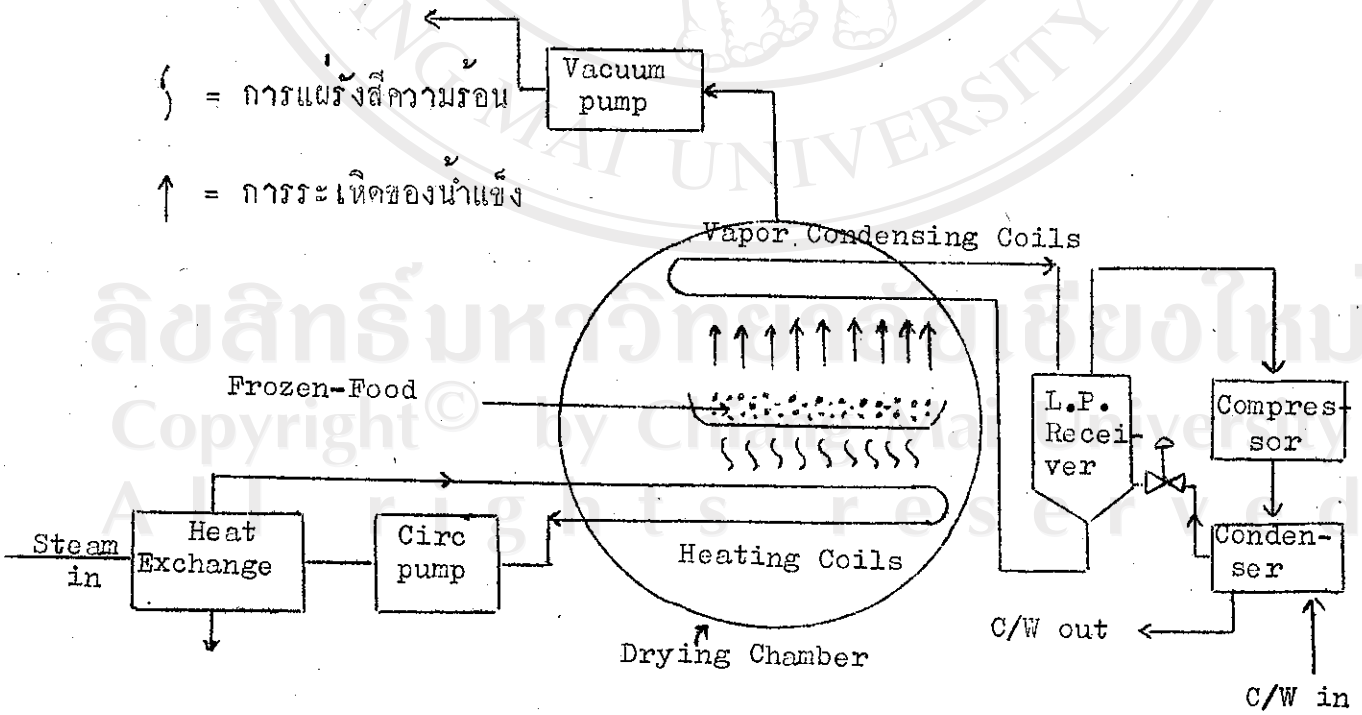
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความดันสูงไม่มีผลต่อการนำความร้อน แต่ที่ความดันต่ำการนำความร้อนจะต่ำด้วย ทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้ช้า ซึ่งมีผลทำให้อัตราเร็วของการทำแห้งช้าลงด้วย ดังนั้นการทำแห้งในสภาพแช่แข็งจึงไม่ควรทำที่ความดันต่ำเกินไป

ข. ลักษณะและโครงสร้างเนื้อเยื่อในอาหาร รูปร่างและโครงสร้างของเนื้อเยื่ออาหารจะมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทไอน้ำ อาหารที่มีโครงสร้างที่เอื้ออำนวยต่อทิศทางการไหลของไอจากผิวน้ำแข็งไปยังผิวหน้าอาหารจะใช้เวลาทำแห้งน้อยกว่าอาหารที่มีโครงสร้างแน่น

ค. อัตราการแช่แข็ง Greaves (1954) (13) เสนอว่าการแช่แข็งอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งเล็ก ๆ ทำให้มีพื้นที่ของการระเหิดมากกว่าในการแช่แข็งอย่างช้า ๆ ซึ่งทำให้ได้ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่พื้นที่การระเหิดจึงน้อยกว่าทำให้อัตราเร็วในการทำแห้งช้า

1.1.5 เครื่องมือทำแห้งในสภาพแช่แข็ง



รูป 1.6 แผนภาพการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (9)

(Schematic view of freezing-drying plant)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1.6 ลักษณะของอาหารแห้งจากการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง(6),(10),(11)

- ลักษณะทางกายภาพ อาหารแห้งที่ได้จากขบวนการทำแห้งในสภาพแช่แข็งมีลักษณะแห้งเป็นรูพรุน มีความชื้นต่ำ มีน้ำหนักเบากว่าอาหารสด เปราะแตกง่าย

- การหดตัว อาหารแห้งที่ได้จากการทำแห้งในสภาพแช่แข็งจะมีการหดตัวของอาหารน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งโดยวิธีอื่นทำให้อาหารไม่เสียโครงสร้าง

- กลิ่นและรส ขบวนการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารระเหยง่าย สีกลิ่นของอาหารน้อยที่สุด

- Rehydration อาหารเมื่อผ่านขบวนการทำแห้งในสภาพแช่แข็งก่อนนำมาบริโภคต้องทำให้คืนรูปก่อนโดยการ rehydrate การ rehydrate ขึ้นอยู่กับชนิดและสมบัติของอาหารคือ

ก. อาหารพวกที่เป็นของแข็ง เช่น ลูกพรุนแห้ง พุทราแห้ง ถั่วเมล็ดแห้ง rehydrate โดยวิธีแช่น้ำเย็นหรือน้ำอุ่น

ข. อาหารแห้งที่เป็นผง ทำให้คืนรูปได้ทันที โดยการเติมน้ำตามปริมาณที่ต้องการ เพราะโครงสร้างที่มีรูพรุนทำให้ละลายน้ำได้ดี

1.1.7 ข้อดีและข้อเสียของการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (2)

ก. ข้อดี

- อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำมีผลทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระหว่างการทำแห้ง

- จะไม่มีการพองตัวของผลิตภัณฑ์และเมื่อนำผลิตภัณฑ์แห้งกลับมาละลายน้ำใหม่จะละลายได้ง่าย

- ไม่ต้องทำการฆ่าเชื้อ เพราะการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ไม่มีการออกซิไดซ์เกิดขึ้น เนื่องจากขบวนการนี้กระทำภายใต้ภาวะสุญญากาศและที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะไม่มีออกซิเจนสำหรับใช้ในปฏิกิริยาการออกซิไดซ์อาหาร

ข. ข้อเสีย

- ขั้นตอนและขบวนการยุ่งยากและซับซ้อนต้องระมัดระวังมาก เนื่องจากต้องทำภายใต้ภาวะของความดันต่ำมาก ๆ (Vacuum)

- ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องมีการเก็บรักษาอย่างดี เนื่องจากว่องไวต่อความชื้นมาก ตลอดจนการบรรจุลงในภาชนะหรือหีบห่อ

- ต้นทุนในการผลิตยังค่อนข้างสูง

การทำแห้งในสภาพแช่แข็งสามารถใช้ในการแยกน้ำออก (dehydrate) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง สำหรับอาหารที่เป็นของเหลว เช่น กาแฟ และน้ำผลไม้ แต่วิธีนี้ก็ยังใช้ได้อย่างดีในการผลิตอาหารแห้งที่เป็นของแข็ง เช่น สตรอเบอรี่ กุ้ง ไก่ เห็ด เป็นต้น อาหารเหล่านี้สามารถสูญเสีย กลิ่น รส สี และโครงสร้างได้ง่าย ซึ่งการทำแห้งด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่สามารถเก็บรักษาคุณสมบัติเหล่านี้ไว้ได้ดีเท่าการทำแห้งในสภาพแช่แข็ง (10)

การทดลองครั้งนี้สนใจการทำแห้งในสภาพแช่แข็งของน้ำชาและน้ำมะตูม เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในภูมิภาคแถบทางเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดใกล้เคียง แหล่งวัตถุดิบคือ

- ชาฝรั่งผงบรรจุของของบริษัทชาระมิงค์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

- มะตูมแว่นตากแห้งของโรงงานมอนดาวเรือง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

เพื่อความเข้าใจดีขึ้น จึงควรที่จะทราบรายละเอียดพอสังเขปเกี่ยวกับชาและมะตูมดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับชา (12), (13), (14)

ชาอยู่ในตระกูล Theaceae genus Camellia และ Species Sinensis หรือ Assamica[13] ชาเป็นไม้พุ่มสีเขียวตัดกิ่งได้สูงเฉลี่ย 3 ถึง 5 ฟุต การปลูกชาเป็นสวนและตกแต่งความสูงอยู่เสมอ ทำให้สะดวกต่อการเก็บพืชผล ชาปลูกมากในประเทศจีน อินเดีย และทางตะวันตกเฉียงใต้ของโซเวียต ส่วนที่นำมาผลิตเป็นใบชาคือ ยอดอ่อน ใบที่สองและใบที่สาม ซึ่งเรียกว่า tea flush

ชาที่ขายตามท้องตลาดแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. ชาดำ (Black tea)
2. ชาโอลอง (Oolong tea)
3. ชาเขียว (Green tea)

1.2.1 วิธีการเตรียมชา (Methods of preparation)

- ชาดำ (Black tea) การผลิตชาดำมีทั้งหมด 4 ขั้นตอนด้วยกันคือ

การผึ่งใบชา (Withering)

การม้วน (Rolling)

การหมัก (Fermenting)

การอบ (Firing)

การผึ่งใบชา (Withering) ใบชาที่เก็บเกี่ยวแล้วจะถูกนำมาแผ่บนลานกว้าง เพื่อให้ใบชาเหี่ยวประมาณ 18 ชั่วโมง หรืออาจใช้ความร้อนเข้าช่วย ใช้เวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมง ความชื้นในใบชาจะลดจาก 75-80 % ลงมาเหลือระหว่าง 58-68 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิต ความชื้นที่ลดลงจะต้องอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ จึงจะทำให้เซลของใบชาไม่แตกมากเกินไปในขั้นตอนถัดไปคือ ขั้นตอนการม้วน(rolling)

การม้วน (Rolling) ผ่านจากการ withering จะเป็นการทำให้ใบชาม้วนเป็นเกลียว เพื่อให้เซลแตกทำให้ของเหลวในเซลซึ่งมีเอนไซม์ Catechol oxidase ปนอยู่ด้วยไหลออกมา เอนไซม์นี้จะทำให้เกิดการออกซิไดส์ของสาร ฟลาวานอล (Flavanols) ทำให้กลิ่นของชาเปลี่ยนไป ขั้นตอนการม้วนใบชานี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงกล่าวได้ว่าเป็นการเปลี่ยนจากการหายใจหรือกระบวนการชีวเคมีปกติของใบชาไปเป็นการหมัก (fermentation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อนึ่งบางแห่งอาจมีการเติมเอนไซม์บางชนิดลงไปด้วย เช่น เอนไซม์ flavonals และ catechol oxidase[6] ขั้นตอนการม้วนนี้ใช้เวลาไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ตามต้องการ โดยทั่วไปจึงต้องนำใบชาไปผ่านขั้นตอนถัดไปซึ่งเรียกว่า การหมัก (fermentation)

การหมัก (Fermentation) ใบชาที่จะหมักจะถูกนำไปหมักที่อุณหภูมิห้อง (room temperature) ในห้องหมักควรมีความชื้นเกือบอิ่มตัว ใช้เวลา 3 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น ในระหว่างการหมักใบชาจะเปลี่ยนสีจากเขียวเป็นสีน้ำตาลแดงและกลิ่นจะเปลี่ยนจากกลิ่นเหม็นเขียวเป็นกลิ่นชาหมัก สีและกลิ่นที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากการออกซิไดส์ของแทนนิน (tannin)[6] ซึ่งเป็นกลุ่มสารประกอบพวกโพลีฟีนอล ในใบชาพบสารโพลีฟีนอลมากกว่า 20 ชนิด[13] และพบว่า (-) epigallocatechin และ (-) epigallocatechin gallate เกิดการเปลี่ยนแปลงมากในระหว่างการหมักสารทั้งคู่นี้จะถูกออกซิไดส์เป็น theaflavin และถูกออกซิไดส์ต่อเป็น thearubigins แม้ว่าจะพบความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นกับปริมาณของ theaflavins แต่ก็มีการค้นคว้าพบว่าสารที่มีกลิ่นในชาดำและชาเขียวมีอยู่ประมาณ 200 ชนิด[18] และไม่มีสารใดหรือกลุ่มสารใดที่ให้กลิ่นคล้ายกับกลิ่นชาเลย อนึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้รสชาเปลี่ยนจากขมเป็นกลมกล่อมและทำให้อาการหดตัวของเส้นเลือดลดน้อยลง

การอบ (Firing) การทำให้ร้อนเพื่อให้ขบวนการหมักสิ้นสุดอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 82-93 °ซ. ความร้อนจะหยุดการทำงานของเอนไซม์และขบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ ลง นอกจากนี้การทำให้ร้อนทำให้ความชื้นลดลงไปจนกระทั่งเหลือเพียงประมาณ 3 % ในระหว่างการอบจะมีสารที่ระเหยง่ายซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารให้กลิ่นสูญหายไปด้วย และทำให้เกิดการ coagulate ของโปรตีน ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดสารที่ไม่ละลายในน้ำ

เมื่อผ่านขั้นตอนทั้ง 4 นี้แล้วใบชาที่ได้จะถูกส่งไปคัดแยกและบรรจุแยกตามคุณภาพต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ชาโอลอง (Oolong Tea) เป็นชาจำพวก Semifermented จัดอยู่ระหว่างชาเขียวกับชาดำ หลังจากเก็บเกี่ยวใบชาแล้วใบชาจะถูกทำให้แห้งอย่างรวดเร็วช่วยให้เกิดการหมักบ้างเล็กน้อย โดยการเกลี่ยใบชาลงในตะกร้าไม้ไผ่ และนำไปไว้ในที่มืด 5-6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28.3-29.4 °ซ. ใบชาจะเปลี่ยนสี ขบวนการหมักจะหยุดโดยการทำให้แห้ง 10 นาที ที่อุณหภูมิ 95.5 °ซ. ต่อไปทำการอบใบชาให้แห้งโดยช่วงแรกใช้เวลา 3 ชั่วโมง ช่วงที่สองเป็นช่วงสุดท้ายใช้เวลา 5-12 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 100 °ซ.

- ชาเขียว (Green Tea) เป็นชาที่ผลิตโดยอาศัยวิธีการและขั้นตอนต่างๆ แต่ไม่ผ่านขั้นตอนการหมัก ใบชาที่เก็บเกี่ยวจะถูกผ่านเข้าไปในไอน้ำและความร้อนเพื่อหยุดยั้งการทำงานของเอนไซม์ หลังจากนั้นจะถูกม้วนจนกว่าใบชาแห้งและทำให้แห้งต่อไปจนมีค่าความชื้นประมาณ 2 %

ชานิยมใช้เป็นเครื่องดื่มกันมาก คุณภาพของใบชาจะแตกต่างกันตามชนิดและภูมิภาคที่ปลูก นอกจากนี้สมบัติในเรื่องกลิ่น รส สีก็ต่างกันไป อันเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมี[13] ดังตาราง 1.1 ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตและการชงชาด้วย

- ชาผงสำเร็จรูป (Instant Tea) การผลิตชาผงสำเร็จรูปมีวิธีการผลิตคล้าย ๆ กับกาแฟผงสำเร็จรูป โดยใช้วิธีการทำแห้งแบบสเปรย์ (spray drying) ในการแยกน้ำออก (dehydration)[14] วิธีนี้ทำได้โดยนำชาที่สกัดได้จากชาดำที่ผสมตามสูตรของโรงงานจะถูกส่งเข้าไปยังตอนบนของหอพ่น (spray tower) จากนั้นจะถูกพ่นให้เป็นฝอยหรือละออง ซึ่งจะตกไปยังก้นถังด้วยแรงดึงดูดของโลกสวนทางกับอากาศร้อนที่ถูกเป่าเข้ามาทางตอนล่างของถัง ขณะที่สวนทางกัน น้ำในชาจะระเหยเป็นไอและปนออกไปกับอากาศร้อนน้ำชาจะแห้งแล้วตกลงมา น้ำชาที่ผ่านขบวนการนี้แล้วมักจะมีลักษณะเป็นผงละเอียด ในทางอุตสาหกรรมการผลิตชาผงสำเร็จรูป หอที่ใช้พ่นก็มีลักษณะคล้ายกับการผลิตกาแฟผงสำเร็จรูปต่างกันตรงที่อากาศที่ดูดเข้าไปในหอพ่นนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่ากาแฟผงสำเร็จรูป ซึ่งใช้อากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ 277 °ซ. อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.1 ส่วนประกอบทั่วไปของชาโดยประมาณ (เทียบเป็นร้อยละในชาแห้งสนิท)

Component	Fresh Flush	Black Tea	Black Tea Brew*
Protein	15	15	Trace
Fiber	30	30	0.0
Pigment	5	5	Trace
Caffeine	4	4	3.2
Polyphenols simple	30	5	4.5
Polyphenols oxidized	0	25	15.0
Amino acids	4	4	3.5
Ash	5	5	4.5
Carbohydrate	7	7	4.0
Volatile Compound	0.01	0.01	0.01

* น้ำชาที่สกัดได้โดยใช้ภาวะปกติของการชงชาคือ 5 นาทีในกาน้ำชา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูงสุดที่ใช้ในการทำแห้งแบบสเปรย์ทั่ว ๆ ไปประมาณ 190.5 °ร. ผลิตภัณฑ์ชาผงสำเร็จรูปที่ได้จะมีความชื้นอยู่ 2 % ตัวอย่างของกระบวนการผลิตชาผงสำเร็จรูปแสดงไดด้วยแผนภาพที่ 1.7

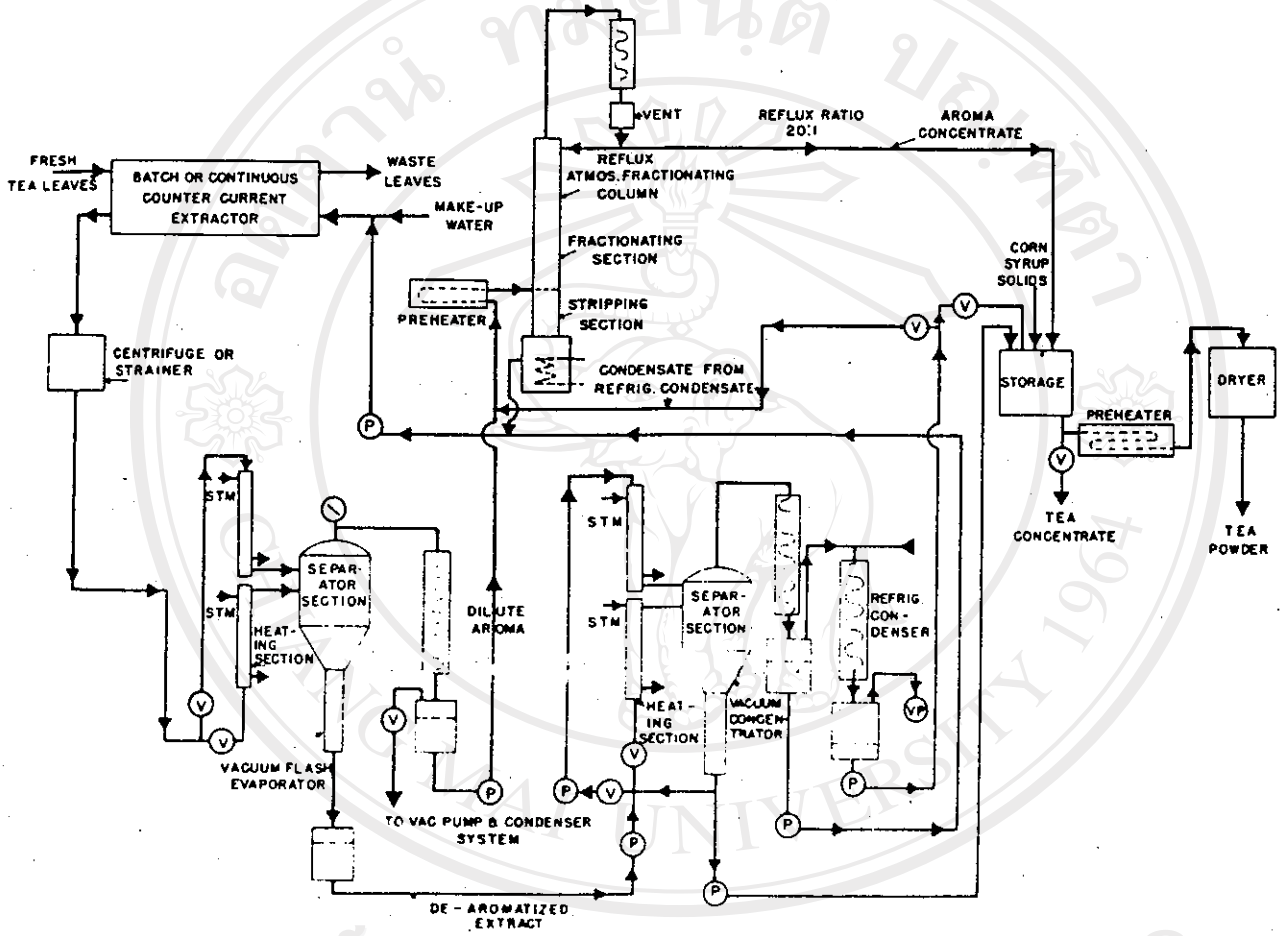


FIG 17.6 FLOW SHEET FOR INSTANT TEA MANUFACTURE

รูป 1.7 แผนภาพการผลิตชาผงสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการผลิตชาผงสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบสเปรย์นี้ทำให้สารที่ให้กลิ่นสูญหายไป เพื่อลดความสูญเสียดังกล่าวจึงต้องใช้วิธีการแยกสารที่มีกลิ่น (aroma) ออกจากสารละลายสกัดเจือจาง นำไปทำให้เข้มข้นขึ้นแล้วส่งกลับมาผสมกับสารละลายสกัดเข้มข้นก่อนส่งเข้าเครื่องทำแห้ง (dryer) ในยุคแรก ๆ ของการผลิตชาผงสำเร็จรูปใช้น้ำชาสกัดเพียงอย่างเดียว ซึ่งเมื่อนำไปชงเป็นเครื่องดื่มจะได้น้ำชาสีคล้ำ มีลักษณะขุ่น และมีข้อเสียในกรณีที่ต้องการใช้ดื่มในลักษณะชาเย็นคือ จะต้องละลายผงชาด้วยน้ำร้อนก่อนแล้วทำให้เย็นลงก่อนเติมน้ำแข็ง ต่อมาจึงมีการแก้ไขโดยเติมผงน้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup powder) ลงไปในสารละลายสกัดจากใบชาก่อนส่งเข้าเครื่องทำแห้งแบบสเปรย์ ซึ่งจะทำให้ได้ชาผงสำเร็จรูปที่ให้สีอ่อนลง ละลายได้ในน้ำเย็น และนอกจากนี้ยังมีการกล่าวอ้าง[14] ว่าน้ำเชื่อมข้าวโพดนี้ช่วยลดการสูญเสียกลิ่นและรสของชาในระหว่างการทำแห้งด้วย

นอกจากวิธีการทำแห้งแบบสเปรย์แล้วยังมีการทำแห้งโดยวิธี

- Vacuum-belt drying และ
- freeze drying

แบบแรกเป็นการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบสายพานภายใต้ภาวะสุญญากาศ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นหรือเกล็ดบาง ๆ ละลายได้ในน้ำเย็น กระบวนการนี้ใช้อุณหภูมิต่ำจึงมีการสูญเสียกลิ่นและรสในระหว่างกระบวนการผลิตน้อยกว่าการทำแห้งแบบสเปรย์ แต่มีข้อเสียที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นสูงกว่าทำให้มีปริมาตรน้อยและให้ความรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์มีราคาสูง เนื่องจากผู้ซื้อมักจะมองจากปริมาตรมากกว่าน้ำหนัก

ส่วนการทำแห้งภายใต้ภาวะแช่แข็ง (freeze drying) นั้นเคยมีการทดลองใช้ทำชาผงซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีกว่าการทำแห้งสองแบบแรกมาก แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ต้องใช้เงินทุนมากในด้านอุปกรณ์ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงจึงไม่เหมาะกับการผลิตชาผงสำเร็จรูป สำหรับประเทศหรือตลาดที่นำน้ำชาผงไปใช้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องดื่มแบบชาเย็นหรือชาผสมมะนาว ซึ่งภายใต้ลักษณะการใช้งานดังกล่าวนั้น ผู้บริโภคมักจะรับรู้กลิ่นและรสของชาได้น้อยและยากที่จะจำแนกคุณภาพของชาตามกลิ่นและรส อย่างไรก็ตามหากชาผงสำเร็จรูปถูกนำไปใช้ในลักษณะของชาร้อน กลิ่นและรสของชาจะมีความสำคัญและเป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้จำแนกคุณภาพของชา

การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้ต้นทุนการผลิตโดยใช้ภาวะแช่แข็งมีราคาถูกลงมาก ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทดลองผลิตชาผงโดยวิธีทำแห้งภายใต้ภาวะแช่แข็งนี้

1.3 <u>ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะตูม</u> (12), (15), (16), (17)

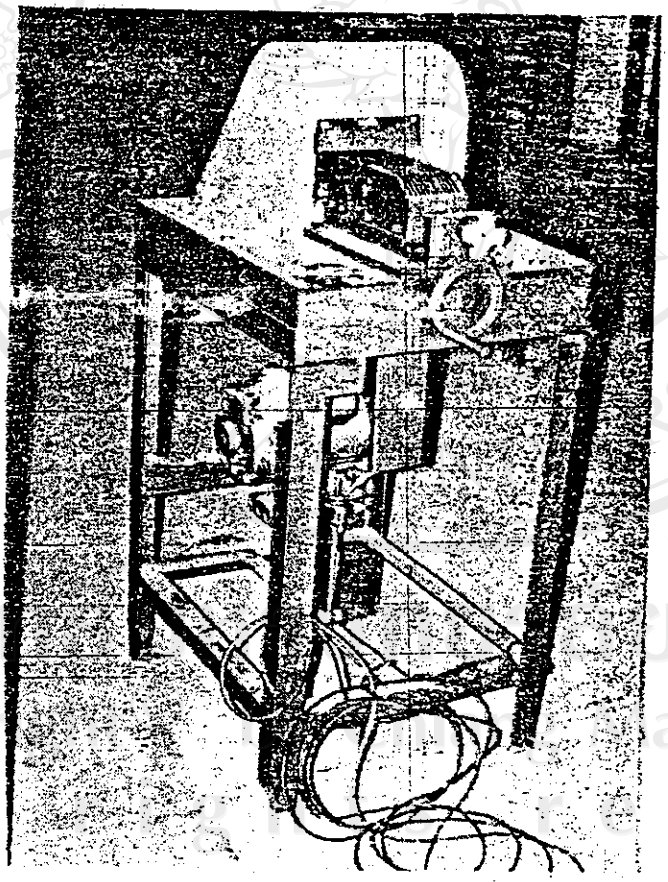
มะตูม RUTACEAE Aegle Marmelos หรือชื่อในทางผลไม้คือ golden apple, bengal quince, bel fruit (16) เกิดตามธรรมชาติในป่าทั่วไปในประเทศไทย บางที่มีผู้ปลูกไว้ตามบ้านตามสวนหรือตามวัด ใช้ผลรับประทาน มะตูมเป็นไม้ขนาดใหญ่ ลำต้นโตขนาดต้นมะพร้าว มีใบเป็นพุ่ม ใบสีเขียวและเป็นรูปไข่ยาว ปลายใบเรียวแหลม มีหนามแหลม ๆ ตามข้อหนามยาวประมาณ 3 เซนติเมตร มีดอกในฤดูร้อน ดอกเล็ก ๆ สีเหลืองอ่อนเป็นช่อ ผลแก่ในฤดูหนาว ผลแก่สุกเต็มที่เป็นสีเขียวแกมเหลืองอ่อน มะตูมมี 2 ชนิดคือ ชนิดกลมใหญ่และยาว อีกชนิดหนึ่งผลเล็กกว่าเรียกมะตูมนิ่ม

มะตูมที่สุกแล้วมี มาร์เมโลซิน ซึ่งเป็นประโยชน์ทางการแพทย์ ผลมะตูมนำมาหั่นเป็นแว่นแล้วตากให้แห้งสนิท นำมาต้มกับน้ำเป็นเครื่องดื่มจะทำให้รู้สึกสดชื่นไม่กระหายน้ำและยังช่วยขับปัสสาวะและระบบขับถ่ายให้เป็นปกติ ผลมะตูมออนมีสารช่วยเคลือบกระเพาะและช่วยย่อยอาหารแก้โรคบิดและท้องเสีย มะตูมเป็นไม้ยืนต้น ผลมีผิวเรียบและแข็ง มีสีเขียว เขียวอ่อนหรือเขียวอมเหลือง เนื้อแน่น มียางเป็นกรดอ่อน กลิ่นหอม รสหวานรับประทานได้ การรับประทานอาจนำผลมะตูมมารับประทานสด ๆ เชื่อมดองกวนหรือทำแยมผสมกับน้ำผลไม้อื่น ๆ หรือนำไปตากแห้งแล้วต้มกับน้ำเป็นเครื่องดื่มก็ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.1 กรรมวิธีการผลิตมะขามแว่นตากแห้ง (12)

กองบริการอุตสาหกรรมภาคเหนือ(12) ได้พัฒนาเครื่องหั่นมะขามเพื่อประโยชน์ในการผลิตมะขามแห้งจำนวนมาก ๆ สำหรับจำหน่ายโดยเฉพาะเครื่องหั่นมะขามที่ปรับปรุงขึ้นนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าและใช้น้ำช่วยหล่อลื่นในขณะที่ตัดเครื่องหั่นมะขามจะมีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 5 ปี โรงงานมอนดาวเรืองโดยเจ้าของคือ เจ้าดวงเดือน ณ เชียงใหม่ ผู้ผลิตแว่นมะขามตากแห้งสำหรับบริโภคเป็นเครื่องดื่มลักษณะเดียวกับชาจีนได้ขอบริการใช้เครื่องหั่นมะขามเป็นแว่นนี้ด้วย ดังรูป 1.8



รูป 1.8 เครื่องหั่นมะขาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผลิตมะตูมแว่นตากแห้งมีดังนี้คือ

1. หั่นมะตูมเป็นแว่นบาง ๆ โดยใช้มีดหั่นด้วยมือหรือเครื่องซึ่งทำขึ้นพิเศษดังกล่าวมาแล้ว โดยหั่นทั้งเปลือกเป็นแว่นบาง ๆ ตามแนวขวางของผลมะตูมให้แว่นมะตูมหนาประมาณ 3/16 นิ้ว

2. วิธีทำให้แห้ง โดยทั่วไปการตากแห้งโดยวางเรียงแว่นมะตูมที่ตัดแล้วลงบนกระด้งไม้ไผ่หรือตะแกรงลวด แล้วนำไปผึ่งแดดจนแห้งสนิท

3. การบรรจุ เมื่อแว่นมะตูมแห้งดีแล้วจึงบรรจุลงถุงพลาสติกปิดปากถุงและใส่ตรายี่ห้อพร้อมทั้งคำแนะนำในการบริโภค

1.3.2 การนำมะตูมแว่นตากแห้งไปใช้เป็นเครื่องดื่ม

มะตูมเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งของไทยสามารถใช้เนื้อรับประทานเป็นอาหารใช้ทำยา และมะตูมแว่นตากแห้งยังใช้ชงกับน้ำร้อนเป็นเครื่องดื่มได้ด้วย ปัจจุบันนิยมใช้บริโภคกันอย่างกว้างขวาง ขั้นตอนการเตรียมมะตูมก่อนการชงหรือการสกัดด้วยน้ำร้อนเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มมีดังนี้คือ

- นำมะตูมแว่นตากแห้งที่บรรจุถุงหรือห่อที่ใช้สำหรับบริโภคมาประมาณ 3-5 แว่น ไปย่างไฟอ่อน ๆ โดยพลิกกลับไปมาให้สุกทั่ว ๆ กันจนแว่นมะตูมมีสีน้ำตาลออกเหลืองมีกลิ่นหอมพยายามอย่าให้ไหม้

- พอมะตูมมีกลิ่นหอมดีแล้ว นำใส่ในกาต้มน้ำ เทน้ำลงในกาพอประมาณ (ปกติมะตูม 3-5 แว่น สามารถชงได้ประมาณ 10 แก้ว) ต้มให้เดือดประมาณ 1-2 นาที พยายามอย่าให้เนื้อมะตูมนิ่ม จะได้น้ำมะตูมตามต้องการ

- เทใส่แก้วเติมน้ำตาลเล็กน้อยหรือตามความพอใจของผู้บริโภคใช้เป็นเครื่องดื่มได้ดี

จะเห็นว่าการเตรียมน้ำมะตูมเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มนั้นยุ่งยากและต้องใช้เวลา นอกจากนี้การย่างมะตูมซึ่งอาจทำให้ได้กลิ่นและรสต่างกันไปได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของผู้บริโภค ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพของน้ำมะตูมลดน้อยลง ดังนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้านำมาทำเป็นน้ำมะตูมผงสำเร็จรูปได้จะทำให้ผู้บริโภคได้บริโภคน้ำมะตูมที่มีคุณภาพเดียวกันเสมอ สะดวกในการใช้ ความนิยมบริโภคจะมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงสนใจทดลองทำน้ำมะตูมผงสำเร็จรูปด้วยขบวนการทำแห้งภายใต้ภาวะแช่แข็ง (Freeze drying)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved