บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ชนิดของน้ำในอาหารที่มีอยู่ในสมุนไพร

1. น้ำที่เกาะติดกับอาหาร (Bound water) เป็นน้ำที่ใช้ในการสร้างพันธะต่าง ๆ เช่น พันธะไอออนิค พันธะไฮโดรเจน เป็นน้ำที่มีความคงตัวมาก สามารถถูกยึดเกาะได้อย่างเหนียวแน่น มีระเบียบและรูปทรง น้ำชนิดนี้ไม่สามารถนำไปใช้เป็นตัวทำละลายได้ และเป็นน้ำที่ไม่แข็งตัว (unfreezeable water) จะอยู่ในโครงสร้างของเนื้อเยื่อ อาหารที่ประกอบไปด้วยตัวถูกละลายมากจะมี bound water เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และ bound water มีบทบาทต่อการเกิด hydrolysis ในอาหารอีกด้วย

2. น้ำอิสระ (Free water) เป็นน้ำที่ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการเกิดพันธะใดๆ และจะอยู่ภายในช่องว่างของอาหาร น้ำในส่วนนี้จะสามารถระเหยออกไปได้ง่าย

ปริมาณความชื้น (Moisture Content) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร คือ รวมทั้ง bound water และ free water

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และการมีชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์

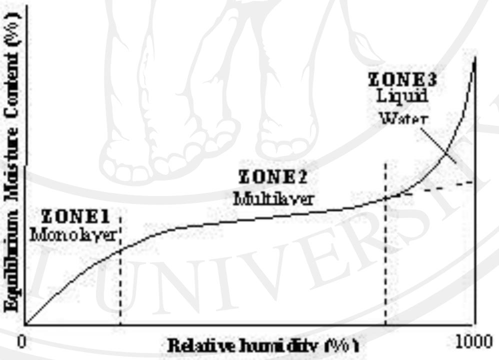
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity; a_w) เป็นโมเลกุลของน้ำที่พร้อมจะเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวไปเป็นไอ ซึ่งเป็นส่วนของน้ำอิสระเท่านั้น อธิบายโดยความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอาหาร กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่รอบๆ อาหารนั้น อัตราส่วนของทั้งสองเป็นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

น้ำในอาหารทำให้เกิดความดันไอ ซึ่งจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหาร อุณหภูมิ และความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในน้ำ เช่น เกลือและน้ำตาล หรือส่วนผสมอื่นๆ โมเลกุลของสารเหล่านั้นจะไปจับพันธะกับน้ำอิสระ ทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลงไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนการทำแห้งเป็นการระเหยน้ำอิสระออกไป อาหารที่มีความชื้นสูงหรือปริมาณน้ำมากกว่าส่วนที่เป็นของแข็ง จะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 1.0 และเมื่ออาหารมีความชื้นต่ำลงหรือปริมาณน้ำน้อยกว่าส่วนที่เป็นของแข็ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้จะลดลงต่ำกว่า 1.0 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอาหารมีหน่วยเป็นกรัมของน้ำต่อกรัมน้ำหนักแห้งของอาหาร เมื่ออาหารมีความชื้นลดลงประมาณ 50 % ของทั้งหมด จะทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลงอย่างรวดเร็ว ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ยังขึ้นกับอุณหภูมิด้วย การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำแห้ง หรือกระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze-drying) ดังนั้นเมื่อนำค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มาเขียนเส้นกราฟกับปริมาณความชื้นในอาหาร จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในอาหารกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หรือกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ กราฟนี้เรียกว่า sorption isotherms เกิดขึ้นได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ด้วย

กราฟ sorption isotherms โดยทั่วไปจะเป็นรูป sigmoid แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งแตกต่างกันตามปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในอาหาร หรือค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (ภาพ 2.1)



ภาพ 2.1 กราฟ sorption isotherms

(ที่มา: http://www.thermique55.com/principal/sorption.pd)

Zone I เส้นกราฟค่อนข้างชัน จะสอดคล้องกับ mono-molecular layer ของน้ำ ซึ่งเป็นที่เกาะอยู่กับสารประกอบในอาหารอย่างเหนียวแน่น และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0-0.25 หรือ 0.3

Zone II เส้นกราฟค่อนข้างราบ สอดคล้องกับ capillary water ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งเป็นน้ำที่กำจัดออกได้แต่ค่อนข้างยาก ถ้าปริมาณน้ำส่วนนี้ลดลง จะทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลง และยับยั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเจริญของจุลินทรีย์ และปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในอาหาร ปริมาณความชื้นจะลดลงเหลือประมาณ 3-7 % ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและอุณหภูมิ โดยมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.3-0.8

Zone III เป็นน้ำอิสระที่มีอยู่ในอาหารจากพืชและสัตว์ สามารถกำจัดออกได้ง่าย น้ำเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายซึ่งใช้สำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี อาหารจะมีน้ำประมาณ 12-25 % และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.8-1.0 (นิธิยา, 2553)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เป็นปัจจัยชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ จึงมีความสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่จำกัด โดยการทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารเท่ากับ 0-1 ส่วนน้ำบริสุทธิ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 1 การที่อาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้น้อยกว่า 1 เนื่องจากในอาหารมีตัวถูกละลายอยู่ภายในเนื้อเยื่ออาหาร โดยตัวถูกละลายจะลด activity ของน้ำ เนื้อเยื่ออาหารจำเป็นต้องมีสารละลาย (ตัวถูกละลาย+น้ำ) อยู่ภายในเซลล์ เพราะทำให้เนื้อเยื่ออาหารคงความกรอบและความเต่ง เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.6-1.0 และไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.6 เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญได้เมื่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.86 ยีสต์และเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ คือ 0.6 เชื้อแบคทีเรียจะเจริญได้ดีที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่า 0.75 (Macrae et al., 1993)

อาหารแต่ละชนิดมีน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีและทางชีวเคมี และมีผลทำให้เน่าเสียง่าย ดังนั้นการชะลอการเน่าเสียของอาหารจึงใช้วิธีลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลง ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอต่อการใช้ในปฏิกิริยาทางเคมี และยังชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ นอกจากนี้เมื่ออาหารมีปริมาณน้ำน้อยลงจะทำให้ตัวถูกละลายมีความเข้มข้นมากขึ้นด้วย ซึ่งเป็นหลักการสำคัญที่ใช้ในการถนอมอาหารด้วยวิธีการต่างๆ (นิธิยา, 2553) และการลดความชื้นในสมุนไพรนั้นเพื่อเอาความชื้นที่เป็นน้ำอิสระออกไปซึ่งเป็นการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลงด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการทำแห้งสมุนไพรและการปนเปื้อนของเชื้อรา

ขมิ้น พริก และพริกไทย เป็นสมุนไพรที่มีคุณสมบัติเป็นเครื่องเทศที่ใช้ในชีวิตประจำวันของไทย เนื่องจากใช้ในการแต่งกลิ่น รส และสีของอาหาร ซึ่งมีน้ำมันหอมระเหย (Essential oil) โดยเป็นสารประกอบที่ช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นหอม ส่วนรสที่ได้จากเครื่องเทศนั้นเป็นรสเผ็ดร้อน (รุ่งรัตน์, 2540)

ขมิ้น (Turmeric) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Curcuma longa* L. วงศ์ Zingiberaceae ใช้เป็นเครื่องเทศในการประกอบอาหาร, สีผสมอาหาร และสีย้อมผ้า เหง้าที่แก่ทั้งสดและแห้งใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค เมื่อนำผงขมิ้นมากลั่นจะได้น้ำมันหอมระเหย 2-7 % เป็นน้ำมันสีส้มแดง มีองค์ประกอบหลักเป็นสาร Turmerone 35 %, Zingiberene 25 % และ Ar-Turmerone 12 % เมื่อสกัดด้วยแอลกอฮอล์ หรือ อะซิโตนเมทิลคลอไรด์จะได้ Oleosin 6-10 % โดยน้ำหนัก ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นสาร Curcumin (35-45 %) และ Derivatives สาร Curcumin เป็นสารที่ทำให้เหง้าขมิ้นมีสีเหลืองส้ม ส่วนกลิ่นและรสมาจากน้ำมันหอมระเหย

การทำแห้งขมิ้นในประเทศอินเดียจะต้มเหง้าขมิ้นด้วยไฟอ่อนๆ จนกระทั่งสุกใช้เวลาในการต้มประมาณ 1-3 ชั่วโมง เมื่อเหง้านิ่มสามารถแทงทะลุได้ง่ายด้วยไม้ปลายแหลม แยกการต้มเหง้าและ finger ที่มีขนาดใกล้เคียงกันเป็นชุดๆ เพื่อให้สุกอย่างสม่ำเสมอและพอเหมาะ เหง้าที่สุกหรือดิบเกินไปจะให้สีที่ไม่จัดพอและทำให้ขมิ้นแห้งมีคุณภาพต่ำ หลังจากนั้นจะแยกเอาเฉพาะเหง้าออกแล้วปล่อยให้เย็นก่อนนำไปตากให้แห้ง การทำแห้งขมิ้นทั้งเหง้าอาจใช้วิธีตากแดดนาน 6-7 วัน หรือเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 65 ºC จนแห้ง ถ้าการทำแห้งเป็นชิ้น ใช้อุณหภูมิ 50 ºC นาน 8 ชั่วโมง แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 40-45 ºC จนแห้งสนิท อัตราผลผลิตสด:แห้ง เป็น 6:1 หรือจะได้ขมิ้นแห้งประมาณ 15-25 % ของน้ำหนักเหง้าสด มาตรฐานความชื้นของขมิ้นแห้งต้องไม่เกิน 10 % (พิทยา, 2551)

พริก (Chilli) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Capsicum frutescens* L. วงศ์ Capsicum ใช้ในการประกอบอาหารได้ทั้งแบบสดและแห้ง พริกประกอบด้วยสารที่มีรสเผ็ดตั้งแต่ 0.1-1 % สารที่มีรสเผ็ดร้อน คือ Capsaicin, Dihydocapsaicin, Nordihydocapsaicin, Homocapsaicin และ Homodihydocapsaicin สองชนิดหลังพบในปริมาณน้อย ซึ่งสารที่ให้ความเผ็ดนี้จะอยู่ที่ไส้ของพริก (รุ่งรัตน์, 2540)

การทำแห้งพริกโดยการนำพริกสดความชื้นประมาณ 65-80 % ถูกทำให้แห้งอย่างช้าๆ จนมีความชื้น 7-10 % โดยการการตากแดดบนลานซีเมนต์หรือบนแผ่นสังกะสีนาน 3-4 วัน การอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วยไอร้อนอุณหภูมิ 50-60 ºC นาน 24-30 ชั่วโมง จนเหลือความชื้น 7-8 % การอบด้วยเตาอบที่ใช้ไฟฟ้าหรือแก๊สใช้อุณหภูมิ 50-70 ºC นาน 1 วัน หรืออบแห้งในเตาพลังงานแสงอาทิตย์นาน 2-4 วัน ตามมาตรฐานความชื้นของผลพริกแห้งต้องไม่เกิน 16 % (พิทยา, 2551) และการทำพริกป่นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ควรมีความชื้น 7.20-7.29 % เพื่อไม่ให้เกิดสาร aflatoxin ในพริกป่นที่ทำจากพริกแห้ง (อมราและคณะ, 2547)

พริกไทย (Pepper) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Piper nigrum* L. วงศ์ Piperaceae ใช้ในการแต่งกลิ่นอาหาร พริกไทยดำมีน้ำมันหอมระเหยอยู่ 2-4 % มีอัลคาลอยด์หลัก คือ Piperine 5-9 % อัลคาลอยด์ชนิดอื่นๆ ที่พบมี Piperidine และ Piperrettine ส่วนอัลคาลอยด์ที่พบในปริมาณน้อย คือ Piperyline, Piperolein A, Piperolein B และ Piperanine โดย Piperine และ Piperanine เป็นอัลคาลอยด์ที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนและรสเผ็ด ส่วนพริกไทยล่อนมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยต่ำกว่าพริกไทยดำ แต่มีความหอมและปริมาณอัลคาลอยด์เท่ากัน (รุ่งรัตน์, 2540)

การทำพริกไทยดำ (Black pepper) โดยการนำพริกไทยที่แก่จัดแต่ยังมีสีเขียวอยู่มากองรวมกันไว้ 1 คืน เพื่อปล่อยให้มีการหมักเล็กน้อย แล้วนำไปตากแดดนาน 3-4 วัน เมื่อเปลือกผลมีสีดำจะทำการนวดเพื่อแยกเอาผลออกจากส่วนของก้านช่อผล เสร็จแล้วคัดขนาดของผลแห้งที่ได้ เทคนิคในการทำพริกไทยดำอาจนำช่อผลไปจุ่มน้ำเดือดสักครู่ก่อนนำไปตากแดด จะช่วยให้ผลแห้งมีสีเข้มและเป็นมันขึ้น โดยจะมีประโยชน์ในการช่วยลดการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ในระหว่างการทำแห้ง ไม่ควรแช่น้ำเดือดนานถึง 10 นาที เพราะทำให้ผลแห้งที่ได้มีสีซีด เนื่องจากเอนไซม์จะเสียสภาพ เมื่อถูกความร้อนทำให้เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีดำ นอกจากการใช้ความร้อนจากแสงแดดอาจใช้วิธีการอบแห้งโดยเป่าอากาศร้อนผ่านผลพริกไทยสดทำให้แห้งเร็วกว่าวิธีการตากแดด แต่มีข้อเสียคือ มีกลิ่นควันไฟไปกับผลแห้ง ในประเทศอินเดียและบราซิลจะทำการอบแห้งพริกไทยดำโดยเป่าอากาศร้อน อุณหภูมิ 80 ºC ผ่านผลพริกไทยสดเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกนาน 4.5 ชั่วโมง แล้วเว้น 6 ชั่วโมง ก่อนเป่าอากาศร้อนอีกครั้งหนึ่ง นาน 4.5 ชั่วโมง

การทำพริกไทยขาว (White pepper) นำช่อผลพริกไทยที่มีการสุกบ้างแล้วมาใส่ในกระสอบป่าน แช่น้ำนาน 7-10 วัน เพื่อให้เปลือกผลยุ่ยและหลุดออกจากช่อได้ง่าย หลังจากนั้นจึงล้างแยกเอาเฉพาะส่วนของเมล็ดมาตากแดดให้แห้งนาน 4-5 วัน จนเหลือความชื้นเพียง 10-15 % ก่อนทำแห้งถ้ารมด้วย sulfur dioxide จะได้เมล็ดพริกไทยแห้งที่ขาวยิ่งขึ้น ถ้าไม่แช่น้ำก็จะนำมาอบด้วยไอน้ำร้อนนาน 10-15 นาที ผลพริกไทยสด 100 kg ทำพริกไทยดำได้ 33-37 kg หรือทำพริกไทยขาวได้ 25-28 kg (พิทยา, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การแปรสภาพขั้นต้นของพืชสมุนไพรด้วยวิธีการอบแห้งนั้นต้องใช้อุณหภูมิให้เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพของสมุนไพรไม่ให้สารสำคัญในพืช เช่น ไกลโคไซด์ และอัลคาลอยด์สลายตัว อุณหภูมิที่เหมาะสมทั่วไป คือ 50-60 ºC เพราะสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อพืชได้ สำหรับกรณีพืชสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยควรใช้อุณหภูมิ 25-30 ºC (กระทรวงสาธารณสุข, 2542) ได้มีการกำหนดมาตรฐานปริมาณความชื้นของสมุนไพรแห้ง 7-14 % ส่วนใหญ่ไม่เกิน 10 % ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของสมุนไพร ในกระบวนการอบแห้งพืชสมุนไพรนั้นต้องทำให้แห้งสนิท เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา การเกิดปฏิกิริยา oxidize การเปลี่ยนสี กลิ่น สารที่ออกฤทธิ์เป็นยาถูกทำลาย และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ ซึ่งทำให้สมุนไพรเสื่อมคุณภาพลง นอกจากนี้การเก็บรักษาสมุนไพรไว้ไม่ถูกวิธียังทำให้ลักษณะสี กลิ่น และคุณภาพของสมุนไพรเสื่อมลงได้เช่นกัน (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ปัจจัยสำคัญที่สุดในการเก็บรักษาพืชสมุนไพรได้แก่ ความชื้น ผงสมุนไพรที่บดละเอียดสามารถดูดความชื้นได้ดี เนื่องจากมีพื้นที่ผิวเยอะความชื้นก็จะเพิ่มสูงขึ้น เป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งทำให้คุณภาพของผงสมุนไพรเสื่อมลง และมีการปนเปื้อนสารพิษที่เชื้อรานั้นสร้างขึ้น (อมรา, 2544) มีรายงานว่าจากการปนเปื้อนดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีของสมุนไพร และทำให้สรรพคุณทางยาลดลงอีกด้วย (Roy, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การลดความชื้นผลิตผลทางการเกษตรด้วยวิธีต่างๆ

ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงโดยเปรียบเทียบกับเครื่องอบและวิธีทางธรรมชาติ ซึ่งบุญมีและคณะ (2546ก) ศึกษาวิธีการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อน การตากแดดทั้งวัน และการผึ่งในร่ม พบว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อนทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงที่มีความชื้น 27 % ลดลงเหลือ 5.7 % ภายในเวลา 36 ชั่วโมง ส่วนการตากแดดและผึ่งในร่มจะใช้เวลา 60 และ 90 ชั่วโมง ตามลำดับ จึงจะทำให้ความชื้นอยู่ในระดับเดียวกัน และเมล็ดที่ลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อนมีความงอกและความแข็งแรงเริ่มต้นมากกว่าการลดความชื้นแบบการตากแดดทั้งวันและการผึ่งในร่ม สอดคล้องกับรายงานของ บุญมีและคณะ (2551) พบว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นเฉลี่ย 65.78 % ลดลงเหลือเฉลี่ย 7.09 % ภายใน 24 ชั่วโมง ในขณะที่การลดความชื้นโดยวิธีธรรมชาติใช้เวลาตากแดดประมาณ 96 ชั่วโมง จึงจะทำให้ความชื้นอยู่ในระดับเดียวกัน นอกจากนี้ อาคมและคณะ (2550) ได้ศึกษาการอบแห้งถั่วลิสงด้วยลมร้อนร่วมกับไมโครเวฟเปรียบเทียบกับการใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยใช้ถั่วลิสงทั้งฝักที่มีความชื้นเริ่มต้น 86.95 % (มาตรฐานแห้ง) อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 9 % พบว่าการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนมีอัตราการอบแห้งและการระเหยน้ำของผลิตภัณฑ์ดีกว่า และอัตราการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับพลังงานไมโครเวฟเพิ่มขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งลดลงโดยเมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิเดียวกันสามารถลดความชื้นได้ดีกว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟนั้นสามารถทะลุผ่านเข้าไปในฝักถั่วลิสงได้โดยตรง คลื่นไมโครเวฟทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบของฝักถั่วลิสงระเหยได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ประหยัดเวลาในการอบแห้งได้ถึง 33 % เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว บุญมีและคณะ (2546ข) ทำการลดความชื้นข้าวเปลือกพันธุ์ขาวมะลิ 105 โดยการใช้เครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งที่อุณหภูมิ 40 และ 30 °C พบว่าใช้เวลาลดความชื้น 9-11 ชั่วโมง มีอัตราการลดลงของความชื้นเป็น 1.67 และ 1.28 % ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนเครื่องลดความชื้นข้าวเปลือกชนิดลมร้อนใช้อุณหภูมิ 40 และ 50 °C พบว่าเมล็ดข้าวเปลือกมีอัตราการลดลงของความชื้น 1.56 และ 1.60 ต่อชั่วโมงตามลำดับ ใช้เวลา 9 ชั่วโมง และการใช้อุณหภูมิ 70 °C เมล็ดข้าวเปลือกมีอัตราการลดลงของความชื้น 1.85 % ต่อชั่วโมง ใช้เวลา 8 ชั่วโมง จะทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้นระดับ 12-14 % ส่วนการตากแดดต้องใช้เวลานานถึง 54 ชั่วโมง โดยมีอัตราการลดลงของความชื้นเป็น 0.19 % ต่อชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาวิธีการอบแห้งสมุนไพรด้วยเครื่องอบลดความชื้นต่างๆ ได้แก่ การทดลองใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดความชื้นในพริก รัฐปัตย์และเมธินี (2545) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ มีพื้นที่อบแห้งขนาด 1.2x2.5 m ความเร็วลม 0.05-0.1 m/s ให้อากาศข้างนอกไหลเข้าไปในอุโมงค์ พบว่าสามารถอบพริกชี้ฟ้าสดได้ครั้งละ 20 kg ความชื้นพริกจาก 72–73 % ลดลงเหลือ 7–8 % (มาตรฐานเปียก) ภายใน 2 วัน เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.752 kw-hr/m^2 เครื่องอบมีประสิทธิภาพเท่ากับ 42.16 % กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2547) ได้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสามารถใช้อบแห้งพริก 234 kg ให้แห้งภายใน 3 วัน ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติซึ่งใช้เวลา 4-5 วัน และได้พัฒนาเครื่องอบแห้งแบบตู้ที่สามารถใช้อบแห้งพริกได้ 200 kg ให้แห้งภายใน 3 วัน โดยใช้เวลาสั้นกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับความเสียหายหรือถูกรบกวนจากแมลงและไม่เปียกฝนระหว่างการอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี นอกจากนี้ เกรียงศักดิ์และไมตรี (2551) ศึกษาการออกแบบเครื่องลดความชื้นพลังงานร่วม (ก๊าซหุงต้มและพลังงานแสงอาทิตย์) มีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงและชุดหัวเผา ห้องลดความชื้น ชุดรับแสงแดดและชุดปล่องระบายความชื้น ซึ่งสามารถลดความชื้นผลผลิตได้ในสภาวะอากาศที่มีฝนตกและความชื้นในอากาศสูงซึ่งทำให้ผลผลิตแห้งยาก ทำการทดลองอบพริกโดยใช้อุณหภูมิเฉลี่ยในห้องลดความชื้น 70 °C ใช้เวลา 30 ชั่วโมง พริกสดระดับความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 85 % มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 7 % มีอัตราส่วนพริกสดต่อพริกแห้ง เท่ากับ 7:1 ในขณะที่การตากแห้งพริกมีอัตราพริกสดต่อพริกแห้ง เท่ากับ 5:1 ซึ่งในฤดูที่มีแสงแดดมากและสม่ำเสมอไม่จำเป็นต้องใช้ก๊าซหุงต้มในการอบแต่ต้องใช้เวลาในการอบประมาณ 4-5 วัน ถึงแม้จะใช้เวลามากกว่าการตากแดดธรรมชาติทั่วไป แต่ไม่ต้องคอยเก็บรวบรวมพริกทุกๆ วัน และไม่เสี่ยงจากฝนตกอย่างกะทันหันซึ่งจะมีผลเสียต่อคุณภาพของพริกแห้ง จิรวัฒน์และคณะ (2549) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพริกแห้งโดยใช้เครื่องไมโครเวฟสุญญากาศถังหมุน พบว่าพริกสด 700 g ใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ 2450 MHz กำลังไฟฟ้า 1.18 kW ความดันสุญญากาศ 60 mmHg ใช้เวลา 44 นาที ได้พริกแห้งที่มีลักษณะเฉพาะที่ไม่เหมือนกับพริกแห้งในท้องตลาดคือมีสีแดงสดใสเม็ดป่องผิวเรียบแข็งเลื่อมมัน

ใจทิพย์และคณะ (2549) ได้ศึกษาวิจัยเครื่องอบแห้งแบบถังหมุนสำหรับอบพริกไทยสดในช่วงแรก และเครื่องอบแบบพลังแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนจากก๊าซหุงต้มสำหรับอบพริกในช่วงหลัง เมื่อทดลองอบแห้งพริกไทยพบว่าสามารถใช้อบลดความชื้นพริกไทยสดทั้งช่อจำนวน 100 kg จากความชื้น 60 % (มาตรฐานเปียก) ด้วยอุณหภูมิลมร้อนประมาณ 80-100 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำพริกออกมานวดเพื่อแยกก้านออก แล้วอบอีกครั้งจนได้พริกไทยดำแห้งซึ่งมีความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 11 % ใช้เวลาประมาณ 18 ชั่วโมง และตากพริกไทยบนลานตากจนแห้งใช้เวลาประมาณ 4-5 วัน หรือมากกว่าแล้วแต่สภาพอากาศ พริกไทยสดทั้งช่อความชื้นประมาณ 60 % ใช้เวลาตาก นาน 5 วัน จะได้พริกไทยแห้งความชื้นประมาณ 10 % แต่เครื่องอบแห้งแบบถังหมุนสามารถอบ พริกไทยที่มีน้ำหนัก 100-120 kg ความชื้นประมาณ 18-54 % ให้แห้งจนมีความชื้นประมาณ 11 % ในเวลาเพียง 4-20 ชั่วโมง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2547) ทำการพัฒนา เครื่องอบแห้งแบบตู้พบว่าสามารถใช้อบแห้งดอกกระเจี๊ยบ 200 kg ให้แห้งภายใน 3 วันซึ่งใช้เวลา สั้นกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ศิรินทิพย์และสิงหนาท (2551) ศึกษาการทำแห้งขิงที่มีอายุ 3-5 เดือน และ 10-12 เดือน ที่อุณหภูมิ 50 °C โดยใช้เวลา 160 นาที จนมีความชื้นไม่เกิน 12 % (มาตรฐานเปียก) พบว่าการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบใช้เวลาใน การทำแห้งเร็วกว่าเครื่องทำแห้งแบบใช้ลมร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อราสาเหตุโรคที่ปนเปื้อนในผลิตผลทางการเกษตร

การควบคุมคุณภาพของสมุนไพรหลังการเก็บเกี่ยวหรือหลังการเก็บรักษานั้นได้เกิดปัญหาการแพร่ของเชื้อราที่ปนเปื้อน ซึ่งการเจริญเติบโตของเชื้อราขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นภายในพื้นที่ๆ เก็บรักษาวัตถุดิบสมุนไพร โดยปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของสมุนไพร (Kulshrestha et al., 2008; Lisiewska et al., 1997) เชื้อราที่ปนเปื้อนในสมุนไพรเป็นเชื้อราที่พบได้ในอาหาร เช่น เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ซึ่งจัดเป็นเชื้อราในโรงเก็บ (storage fungi) พบได้ทั้งในรูปของเส้นใยและสปอร์ในทุกแห่ง สามารถเจริญได้ในอากาศ และถ้าหากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เชื้อราก็สามารถเข้าทำลายผลิตผลทางการเกษตรที่เก็บรักษาไว้ได้อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราในโรงเก็บอยู่ในช่วง 30-40 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 % (Agarwal, 1987)

เชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* spp. เป็นเชื้อราสีน้ำเงินหรือสีเขียว สามารถเจริญได้ดีในที่มีสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 % (Agarwal, 1987) เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* spp. เป็นเชื้อราที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั่วไปในดิน น้ำ อากาศ พืช และที่ๆ มีการสะสมของฝุ่นละออง เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมสปอร์ก็จะถูกสร้างและปล่อยไปในสภาพแวดล้อม สปอร์มีขนาดเล็กมาก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-3.5 ไมครอน มีชีวิตอยู่ได้นาน (อมรา, 2544) เชื้อรา *A. flavus* เจริญเติบโตได้ดีที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.86-0.96 ระดับความชื้นสัมพัทธ์ 65-90 % ปริมาณความชื้นสูงสุดสำหรับเชื้อรา *A. flavus* ในการเจริญเติบโต คือ 30 % (Vujanovic et al., 2001) และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต คือ 37 ºC (Hedayati et al., 2007) เชื้อรา *A. flavus* จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสมุนไพรที่เก็บรักษาไว้ที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.81 และอุณหภูมิต่ำกว่า 10±2 ºC (Kulshrestha et al., 2008)

ความร้อนมีผลทำให้โปรตีนที่อยู่ในเซลล์ของเชื้อราเสื่อมสภาพทำให้เชื้อราถูกทำลาย โปรตีนที่สำคัญคือ เอนไซม์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเซลล์ เซลล์และสปอร์ของเชื้อราถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 60 ºC ใช้เวลา 10-15 นาที หรือที่อุณหภูมิ 90 ºC ใช้เวลา 1 นาที ซึ่งอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนมีผลต่อความต้านทานความร้อนของเชื้อได้เช่นกัน และถ้าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงพอถึงแม้จะใช้เวลานานก็ไม่สามารถทำลายสปอร์ได้ กลับเป็นการกระตุ้นให้มีการงอกและเจริญเร็วขึ้น โดยทั่วไปการใช้อุณหภูมิสูงจะมีประสิทธิภาพสูงทำให้ใช้เวลาน้อยลง ส่วนเวลาที่ให้ความร้อนจะขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตผล (รังสินี, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศิวลักษณ์และคณะ (2537) พบว่าการอบมะขามที่แห้งแล้วด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70-80 °C นาน 1 ชั่วโมง สามารถฆ่าแมลงและเชื้อราได้ รัตตาและอมรา (2550) รายงานว่า การอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 70 และ 100 °C นาน 12 ชั่วโมง พบสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* 13.75 % และ 12.83 % ตามลำดับ จาก 30.25 % ซึ่งเป็นสปอร์ที่พบก่อนอบแห้งพริก ระดับอุณหภูมิที่ใช้มีผลต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* แต่ไม่สามารถยับยั้งการงอกทั้งหมด โดยทั่วไปการอบเพื่อฆ่าเชื้อราต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 180 °C แต่ในการอบพริกถ้าใช้อุณหภูมิสูงมากจะทำให้พริกไหม้ นอกจากนี้การอบแห้งพริกหลังเก็บเกี่ยวที่มีการปนเปื้อนของสปอร์เชื้อรา *A. flavus* ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 12 ชั่วโมง จะช่วยลดการเกิดสาร aflatoxin ได้ดีกว่าการตากแห้ง 22 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

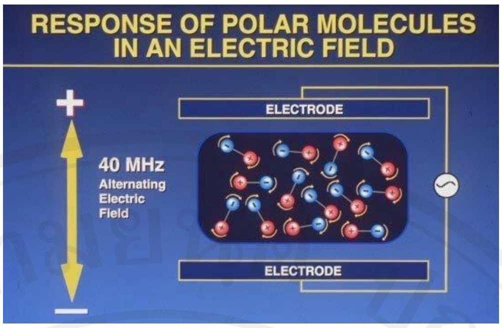
ลักษณะของคลื่นความถี่วิทยุ

คลื่นความถี่วิทยุเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง อากาศ และวัตถุต่างๆ เหมือนกับคลื่นแสง คลื่นความถี่วิทยุประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในช่วงความถี่ 1-300 MHz (Marra et al., 2007) ความถี่หลักที่นำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 10-50 MHz (Tang et al., 2005) แต่ในระยะต่อมาได้มีการอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่วิทยุเฉพาะ 13.56 27.12 และ 40.68 MHz ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ (Piyasena et al., 2003) คลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นที่มีความยาวมากกว่าคลื่นไมโครเวฟ จึงสามารถทะลุผ่านเข้าไปในวัตถุได้ลึกกว่า การกระจายความร้อนในวัตถุที่หนาได้ดีกว่าคลื่นไมโครเวฟ (Ohlsson, 1999)

หลักการทำงานของคลื่นความถี่วิทยุ

ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุแปลงมาจากพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไปยังวัตถุโดยตรง ความร้อนเกิดขึ้นได้เนื่องจากวัตถุไดอิเล็กตริกที่อยู่ระหว่างโลหะสองแผ่นซึ่งเป็นตัวเก็บประจุ โดยที่ขั้วบวกและขั้วลบของโมเลกุลจะวิ่งสลับกันไปมาเกิดเป็นความถี่สูงในสนามไฟฟ้า (ภาพ 2.2) เช่น โมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว โมเลกุลของน้ำมีอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีประจุบวก 2 อะตอม เกาะกับออกซิเจนซึ่งมีประจุลบ 1 อะตอม ด้วยมุม 105 ^{o} เราเรียกโมเลกุลที่มีลักษณะดังกล่าวว่า dipole ซึ่ง dipole ในสนามแม่เหล็กเปรียบเหมือนเข็มทิศไฟฟ้าและทำตัวในสนามไฟฟ้าเหมือนเข็มแม่เหล็ก ก่อนที่จะมีการทำให้เกิดสนามไฟฟ้า โมเลกุลของน้ำในวัตถุจะมีทิศทางกระจัดกระจาย คลื่นความถี่วิทยุเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงาน จะเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยการทำให้โมเลกุลที่มีขั้วเกิดการเสียดสีกันและเกิดเป็นความร้อนขึ้นตามความถี่ เช่น ถ้าคลื่นมีความถี่ 27 MHz ขั้วก็จะเปลี่ยนแปลงทิศทาง 27 ล้านครั้งใน 1 วินาที อย่างต่อเนื่องมีผลทำให้เกิดการสั่นของพลังงาน เมื่อมีปริมาณความร้อนที่เหมาะสมจะเริ่มเกิดแรงต้านจากการเสียดสี เกิดปฏิสัมพันธ์กันระหว่างโมเลกุล ทำให้โมเลกุลชนกันเป็นแหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัตถุ (Piyasena et al., 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



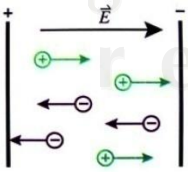
ภาพ 2.2 การตอบสนองของโมเลกุลมีขั้วในสนามไฟฟ้า

(ที่มา: http://www.radiofrequency.com/rftech.html)

เมื่อโมเลกุลของวัตถุเกิดการสั่นสะเทือนตามการเหนี่ยวนำไปในทิศทางเดียวกันกับสนามไฟฟ้าจำนวนหลายล้านครั้งใน 1 วินาที ตามความถี่ก็จะเกิดแรง 2 รูปแบบ คือ Inter molecule friction ซึ่งเป็นแรงกระทำที่ต้านการเคลื่อนที่ระหว่างโมเลกุลของผิววัตถุทั้งสองชนิดที่แตะกัน และเกิดแรง Hysteresis ซึ่งจะเป็นแรงต้านทางประจุไฟฟ้าที่เกิดจากจากแรงเฉื่อยที่ขึ้นกับรูปร่างของโมเลกุล มวล และจำนวนประจุ

Singh and Heldman (2001) รายงานว่า เมื่อวัตถุดูดซับพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดความร้อนภายในวัตถุเนื่องจากวัตถุมีคุณสมบัติไดอิเล็กตริก กลไกที่ทำให้เกิดความร้อนในวัตถุได้แก่

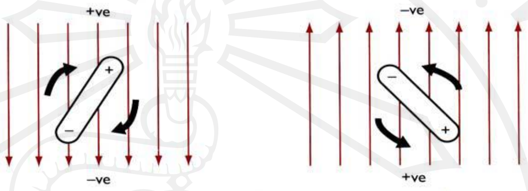
1. การเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (Ionic polarization) วัตถุที่เป็นโมเลกุลมีขั้วเมื่อสัมผัสกับคลื่นความถี่วิทยุในสนามไฟฟ้ากระแสสลับจะทำให้เกิดการสั่นและเคลื่อนที่จึงเกิดการชน (collisions) หรือเสียดสีกับอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นในวัตถุนั้น ในวัตถุจะมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำและเกลือที่ละลายได้ โมเลกุลของวัตถุนั้นจะแตกตัวให้ไอออนบวก (cations) และไอออนลบ (anions) ดังนั้นโมเลกุลที่มีประจุจึงสามารถเกิดอันตรกิริยา (interaction) กับสนามไฟฟ้าใดๆ ได้ (ภาพ 2.3)



ภาพ 2.3 การเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (Singh and Heldman, 2001)

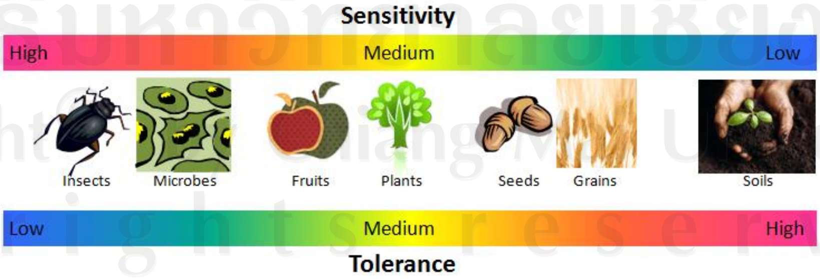
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การหมุนของสารประกอบที่มีขั้ว (Dipole rotation) ในวัตถุที่ประกอบด้วยน้ำซึ่งโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) ในสภาพปกติจะเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (random oriented) เมื่อผ่านสนามไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปประจุบวกและลบในโมเลกุลจะหมุนตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางตามสนามไฟฟ้ากระแสสลับโดยการหมุนตัวกลับไปมา ซึ่งจะเกิดอย่างรวดเร็วตามความถี่ของคลื่นความถี่วิทยุ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นและกระจายไปยังโมเลกุลข้างเคียงเนื่องมาจากการชนระหว่างโมเลกุลของน้ำในวัตถุ (ภาพ 2.4)



ภาพ 2.4 การเคลื่อนที่ของสารประกอบที่มีขั้วเมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า (Singh and Heldman, 2001)

คลื่นความถี่วิทยุทำให้เกิดความร้อนในวัตถุ และอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว วัตถุที่เป็นอาหารก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและรักษาคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าการใช้ความร้อน ความร้อนเกิดขึ้นภายในวัตถุทำให้ไม่เกิดการไหม้ที่ผิวนอก และคลื่นความถี่วิทยุทำให้โมเลกุลของน้ำให้เซลล์ของเชื้อราเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจึงเกิดเป็นความร้อนขึ้น จนทำลายเซลล์ให้ตายได้ ซึ่งขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิ ขณะที่น้ำภายนอกเซลล์เชื้อราที่มีอยู่ในอาหารก็เป็นสาเหตุทำให้เชื้อราตายได้เช่นกัน (ภาพ 2.5) Ikediala et al. (2000b) รายงานว่า การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเป็นการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาสั้นเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ และการทำปลอดเชื้ออาหารในทางการค้าเพื่อรักษาคุณภาพ



ภาพ 2.5 การตอบสนองต่อคลื่นความถี่วิทยุของสิ่งมีชีวิตและวัตถุต่างๆ

(ที่มา: http://www.rfbiocidics.com)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

คุณสมบัติไดอิเล็กตริก (Dielectric properties)

คุณสมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นมีความสำคัญต่อการค้นคว้าวิจัยในด้านกระบวนการผลิตอาหาร ผลิตผลทางการเกษตร แมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว และแมลงในโรงเก็บ ซึ่ง dielectric properties มีอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างวัตถุกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเป็นตัวกำหนดการกระจายและการดูดซับของพลังงานในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการออกแบบการสร้างโมเดลของ RF และ microwave heating ได้อย่างเหมาะสม (Ikediala et al., 2000a; Nelson, 1991; Nelson, 2006) dielectric properties จึงเป็นกุญแจสำคัญเพื่อพัฒนาการใช้ความร้อนในการกำจัดแมลงและผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ การใช้ตู้อบลมร้อนนั้นจะมีอัตราการเกิดความร้อนอย่างช้าๆ เป็นวิธีที่ใช้เวลานาน การกระจายอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของวัตถุ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายได้ (Hansen, 1992; Tang et al., 2000; Wang et al., 2001)

คุณสมบัติไดอิเล็กตริกนั้นเป็นคุณสมบัติของวัตถุใดๆ ที่อธิบายถึงความสามารถในการดูดซับ ส่งผ่าน และสะท้อนพลังงานจากบางส่วนของคลื่นความถี่วิทยุที่ทำให้วัตถุเกิดความร้อน คุณสมบัติไดอิเล็กตริกที่สำคัญและแสดงเป็นค่าตัวเลข ได้แก่

dielectric constant (ε') เป็นค่าที่แสดงความสามารถของวัตถุในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้เมื่อวางวัตถุในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าค่า dielectric constant (ε') สูง แสดงว่าเก็บพลังงานได้มาก ซึ่งค่า dielectric constant (ε') จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ความชื้นของอาหาร และความถี่ในสนามไฟฟ้า เมื่อความถี่ในสนามไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่าระดับหนึ่งโมเลกุลจะไม่อิสระเต็มที่ ทำให้ประสิทธิภาพของ dipole moment ซึ่งเป็นความแข็งแรงของประจุลดลง ทำให้ค่า dielectric constant (ε') ลดลง

dielectric loss factor (ε'') เป็นค่าที่แสดงความสามารถของวัตถุที่จะกระจายพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน ถ้าค่า dielectric loss factor (ε'') สูง แสดงว่าจะเกิดความร้อนสูงและเกิดได้อย่างรวดเร็ว ค่า dielectric loss factor (ε'') ทำให้ทราบเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นฉนวนไฟฟ้า (electrical insulating ability) ของวัตถุ ซึ่งวัตถุที่เป็นอาหารเป็นฉนวนที่ไม่ดี ดังนั้นวัตถุที่เป็นอาหารจึงมักจะดูดซับพลังงานส่วนใหญ่ไว้เมื่อสัมผัสกับคลื่นความถี่วิทยุ และทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่ง dipole จะหมุนตามสนามไฟฟ้าโดยอิสระและมีพลังงานถูกถ่ายเทไปยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สิ่งแวดล้อมน้อยมาก เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะยากขึ้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานโดยรอบๆ มากขึ้นทำให้วัตถุมีการดูดซับพลังงานน้อยมาก การดูดซับพลังงานจะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเพิ่มความถี่ถึงจุดหนึ่ง แต่ถ้าเพิ่มความถี่ไปเรื่อยๆ ถึงระดับหนึ่ง dipole จะไม่สามารถหมุนไปมาตามการสลับขั้วของสนามไฟฟ้าที่ความถี่สูงมากนั้นได้ การดูดซับจึงเท่ากับศูนย์ โดยค่า dielectric constant (ε') และค่า dielectric loss factor (ε'') มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

$$\tan\delta = \varepsilon'/\varepsilon''$$

จากสมการค่า loss tangent ($\tan\delta$) แสดงให้เห็นถึงระดับการทะลุทะลวงของสนามไฟฟ้าและระดับการกระจายพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ถ้าค่าเหล่านี้สูงแสดงว่าวัตถุจะเกิดความร้อนได้ดีขึ้น ค่า dielectric constant (ε') และค่า loss tangent ($\tan\delta$) สามารถใช้ประมาณความยาวคลื่นและความลึกในการทะลุทะลวงภายในวัตถุได้ ความยาวคลื่นภายในวัตถุจะลดลงหากวัตถุมีค่า dielectric loss factor (ε'') และความถี่เพิ่มมากขึ้น หากค่า dielectric constant (ε') และค่า loss tangent ($\tan\delta$) ของวัตถุมีค่ามากจะส่งผลให้การดูดซับพลังงานจากคลื่นความถี่วิทยุและปริมาณความร้อนเกิดมากขึ้น แต่ถ้าค่า dielectric constant (ε') และค่า loss tangent ($\tan\delta$) มีค่าน้อยทำให้คลื่นความถี่วิทยุทะลุผ่านวัตถุไดอิเล็กตริกโดยไม่เกิดความร้อนขึ้น (Singh and Heldman, 2001)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า dielectric constant (ε') และค่า dielectric loss factor (ε'') ได้แก่ความถี่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อุณหภูมิ ความชื้น โครงสร้าง ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุ (Nelson et al., 2007) น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว โครงสร้างของน้ำภายในวัตถุจะมีพันธะ น้ำจึงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในช่วงความถี่ต่างๆ น้ำยังมีผลต่อความหนาแน่นกองวัตถุและอุณหภูมิ เมื่อความหนาแน่นของวัตถุเปลี่ยนก็จะทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำกับสนามไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนก็จะมีผลต่อสถานะของพลังงานทำให้มีอิทธิพลต่อสนามไฟฟ้าซึ่งมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนตามไปด้วย (Trabelsi and Nelson, 2003)

รูปแบบของน้ำและเกลือแร่ที่เป็นองค์ประกอบอาหาร ลักษณะทางกายภาพของอาหาร อุณหภูมิ และความถี่ของคลื่นความถี่วิทยุ จะมีผลต่อปริมาณพลังงานของที่ถูกดูดซับ โดยน้ำที่อยู่ในรูปน้ำอิสระ (free water) จะดูดซับพลังงานจากคลื่นได้ดีกว่าน้ำที่จับอยู่กับสารประกอบอื่นๆ (bound water) เช่น น้ำที่จับกับโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนเกลือแร่ถ้าอยู่ในรูปที่แตกตัว (dissociated) จะทำให้อาหารนั้นดูดซับคลื่นได้ดีกว่าเกลือแร่ที่รวมตัวกับสารอื่นๆ (associated) เป็นต้น (Singh and Heldman, 2001) สอดคล้องกับรายงานของ Padua (1993) พบว่า น้ำที่สร้างพันธะเคมีจะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิทธิพลต่อคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของวัตถุน้อยกว่าน้ำที่ไม่สร้างพันธะ ซึ่งก็คือ น้ำอิสระ (free water)

ปริมาณน้ำและองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร เช่น เกลือ เป็นโมเลกุลที่มีขั้วจึงมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติไดอิเล็กตริกโดยมีอุณหภูมิเป็นตัวกำหนด (Houben et al., 1991) นอกจากนี้ปริมาณน้ำยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า dielectric constant (ε') ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่า dielectric loss factor (ε'') นั้น พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า dielectric loss factor (ε'') เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งสองเป็นแบบเส้นตรง (linearly) โดยจะส่งผลต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของวัตถุนั้น (Bengtsson and Risman, 1971) องค์ประกอบทางเคมีก็มีอิทธิพลต่อค่า dielectric constant (ε') และค่า dielectric loss factor (ε'') โดยพบว่าเมื่อเติมเกลือลงใน gravy มีผลทำให้ค่า dielectric constant (ε') เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า dielectric loss factor (ε'') เพิ่มขึ้นในระดับสูงกว่า ทั้งนี้เพราะว่าความเข้มข้นของค่าการนำไฟฟ้ามีผลกระทบต่อค่า dielectric loss factor (ε'') และค่า dielectric constant (ε') อาจจะมีค่าลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายเกลือทำให้เกิดการอิ่มตัวใน ions ที่อยู่ร่วมกันของไดอิเล็กตริก (Piyasena and Dussault, 1999)

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่า dielectric loss factor (ε'') โดยพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นมีผลทำให้ค่า dielectric loss factor (ε'') สูงขึ้นตาม แสดงว่ามีการทะลุผ่านของพลังงานในวัตถุมาก ซึ่งค่า dielectric loss factor (ε'') อยู่ในช่วง $0.01 < \varepsilon'' < 1$ (Orefeuil, 1987) และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่า dielectric constant (ε') เพิ่มขึ้น (Nelson and Kraszewski, 1990) ในขณะที่ DE Loor (1968) พบว่าทั้งค่า dielectric constant (ε') และ ค่า dielectric loss factor (ε'') ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ที่ความถี่ 3 GHz อย่างไรก็ตาม ค่า dielectric loss factor (ε'') จะลดลงมากอย่างรวดเร็วจนกว่าจะมีการนำไฟฟ้าที่สูง

เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า dielectric constant (ε') ลดลง ส่วนค่า dielectric loss factor (ε'') และค่า loss tangent ($\tan\delta$) นั้นอาจจะเพิ่มหรือลดลง ซึ่งกำหนดโดยเวลาตั้งแต่เริ่มต้น (Piyasena et al., 2003)

Nelson (1991) พบว่าค่า dielectric loss factor (ε'') ในแมลงมากกว่า walnut ซึ่งสอดคล้องกับ Ikediala et al. (2000a) รายงานว่า codling moth larvae อาจจะดูดซับพลังงานได้มากทำให้เกิดความร้อนในแมลงได้มากกว่า walnut และสอดคล้องกับรายงานของ Wang and Tang (2001) พบว่ามีความเป็นไปได้เกี่ยวกับการใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าควบคุมแมลง โดยแมลงอาจจะมีอัตราการเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความร้อนได้เร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อน แมลงจะเกิดความร้อนวิกฤตในขณะที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดแค่ความร้อนในระดับต่ำเท่านั้น

Trabelsi and Nelson (2003) รายงานว่า ทั้งค่า dielectric constant (ε') และค่า dielectric loss factor (ε") ของเมล็ดข้าวสาลี ข้าวโพด และถั่วเหลือง ต่างก็มีค่าสูงขึ้นตามอนุภาคเมล็ดที่มีความหนาแน่นของกองเพิ่มขึ้น โดยกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง (linearly) ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ของน้ำกับสนามไฟฟ้า นอกจากนี้ค่า dielectric constant (ε') และค่า dielectric loss factor (ε") ยังขึ้นกับลักษณะผิวเมล็ด และปริมาณความชื้นที่จำเพาะของเมล็ดแต่ละชนิดอีกด้วย เมล็ดที่แห้งจะมีอิทธิพลต่อ dielectric properties เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการกำจัดเชื้อโรคในผลิตผลทางการเกษตร

จากปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อราในสมุนไพร จึงได้ประยุกต์ใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการควบคุมเชื้อรา และจากงานวิจัยของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมเชื้อราที่ติดมากับผลิตผลทางเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้น พัทยาและสุชาดา (2549) ศึกษาถึงวิธีการควบคุมเชื้อรา *Trichoconis padwickii, Fusarium* sp., *Bipolaris oryzae* และ *Curvularia lunata* ในเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 10.4 % ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 75 ºC โดยใช้เวลาในการให้คลื่นความถี่วิทยุ 3 นาที การปนเปื้อนของเชื้อราลดลงเหลือ 41 % ความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือ 9.5 % เมล็ดพันธุ์ยังคงความมีชีวิตที่ 61 % สอดคล้องกับรายงานของ Janhang et al. (2005) พบว่าการควบคุมเชื้อรา *T. padwickii* ในเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยคลื่นความถี่วิทยุนั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 75 ºC เป็นเวลา 3 นาที การปนเปื้อนของเชื้อรา *T. Padwickii* ลดลงเหลือ 18 % และเมล็ดพันธุ์ข้าวยังคงมีความแข็งแรงอยู่

ปรัชญาและคณะ (2549) ศึกษาการควบคุมเชื้อรา *Fusarium semitectum* ในเมล็ดข้าวโพด ที่ความชื้นเริ่มต้น 10.5 และ 14 % โดยใช้ด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 65 70 75 80 และ 85 ºC เป็นเวลา 10 นาที พบว่าการให้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้การติดเชื้อลดลง และการให้คลื่นความถี่วิทยุในเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นเริ่มต้น 14 % ที่อุณหภูมิ 85 ºC นั้น การติดเชื้อรา *F. semitectum* น้อยที่สุดเพียง 2 % และพบว่าการลดลงของการติดเชื้อรา *F. semitectum* มีความสัมพันธ์กันระหว่างระดับของอุณหภูมิที่ให้แก่เมล็ดและค่าความชื้นเริ่มต้นในเมล็ด และในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดข้าวบาร์เลย์ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ Akaranuchat et al. (2007) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 55 ºC เป็นเวลา 5 นาที สามารถกำจัดเชื้อรา *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. ได้ทั้งหมด และเชื้อรา *A. flavus* ลดลงเหลือ 16.7 % ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงจาก 91 % เหลือ 78 % อย่างไรก็ตาม คลื่นความถี่วิทยุเป็นทางเลือกใหม่ในการควบคุมเชื้อราที่ปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ นอกจากนี้ Vassanacharoen et al. (2004) ทำการศึกษาการควบคุมเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ในเมล็ดพันธุ์งา พันธุ์ MK60 (white seed) MG 18 (black seed) และ AU1 (red seed) ความชื้น 5 และ 10 % ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 70 ºC เป็นเวลา 3 นาที ที่ความชื้นเมล็ด 10 % การปนเปื้อนของเชื้อรา *M. phaseolina* ลดลงเหลือ 51 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดพันธุ์งายังมีความงอก 73 % และยังพบว่าเมล็ดพันธุ์งา AU1 (red seed) มีการตอบสนองต่อการให้คลื่นความถี่วิทยุ ได้ดีกว่างาพันธุ์อื่นๆ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

ผดุงศักดิ์ และคณะ (2547) รายงานว่าการอบแห้งโดยอาศัยคุณสมบัติของการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นภายในวัตถุไดอิเลกตริก ซึ่งหมายถึงวัตถุกึ่งฉนวนที่มีโครงสร้างพื้นฐานทางจุลภาค มีลักษณะเป็นขั้วทางไฟฟ้า (dipoles) ซึ่งปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่าง dipoles และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งผลทำให้เกิดความร้อนภายในขึ้น (internal heat generation) ดังนั้นวัตถุจะกระจายความร้อนจากภายในออกสู่ผิวนอก ซึ่งหลักการนี้จะทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์ไม่เสียหายหรือต่างไปจากเดิมมากนัก เนื่องจากวิธีการอบแห้งระบบนี้จะทำให้เกิดการระเหยของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างรวดเร็ว และมีการกระจายตัวของอุณหภูมิสม่ำเสมอ สามารถลดการเกิดรอยร้าวและรอยไหม้ในผลิตภัณฑ์

Theanjumpol et al. (2007) ได้ทำการใช้คลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz พบว่าที่อุณหภูมิมากกว่า 60 °C ทำให้สีของข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนไปจากสีขาวโปร่งแสงไปเป็นสีเหลืองทึบแสง และอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 60 °C ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณสมบัติทางกายภาพของข้าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลากรและคณะ (2551) โดยทำการใช้คลื่นความถี่วิทยุความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 60 70 80 และ 90 °C เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ข้าวสารมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา Maillard reaction (ปฏิกิริยาที่สารเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์เมื่อได้รับความร้อน ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีอัตราการเกิดสีน้ำตาลจะสูงขึ้นด้วย) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ กฤษณา (2552) ซึ่งพบว่าข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ได้รับคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 150 วินาที จะทำให้ค่าสีเหลืองของข้าวสารมีค่าสูงขึ้น ซึ่งแตกต่างจากข้าวสารที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ การให้คลื่นความถี่วิทยุอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 150 วินาที ทำให้ข้าวขาวเปลี่ยนสีไปเป็นสีขาวออกเหลือง และนอกจากนี้ยังพบว่าการให้คลื่นความถี่วิทยุทำให้ค่าความสว่างซึ่งเป็นค่าที่แสดงความโปร่งแสงของข้าวสารและดัชนีความขาวไม่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบเคมีของผลิตผลทางการเกษตรเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุนั้น พลากรและคณะ (2551) ได้ศึกษาผลของคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 60 70 80 และ 90 °C เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้คลื่นความถี่วิทยุจะทำให้เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้าวขาวและต้นข้าวเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ลักษณะแบบจำเพาะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกพบว่าค่าความแข็ง การคงสภาพของเมล็ด การยืดหยุ่นสู่สภาพเดิม และค่าแรงที่ใช้บดเคี้ยวเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะความเหนียวของข้าวสุกลดลง การเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความหนืดข้นของเครื่องอาร์วีเอมีค่าความแข็งและอุณหภูมิที่ข้าวเริ่มสุกสูงขึ้น ดังนั้นการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุสามารถเปลี่ยนแปลงคุณภาพการขัดสีและคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บเกี่ยวใหม่ได้ ณคณิณและคณะ (2551) พบว่าการให้คลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 40 45 50 55 และ 60 °C เป็นเวลา 3 นาที ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้นเมล็ดประมาณ 13 % ทำให้คุณภาพของข้าวสารที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุในอัตราข้างต้นมีการเปลี่ยนแปลง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวสุกและความหนืดของแป้งสุกเพียงเล็กน้อย โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ที่อยู่ในข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 กฤษณา (2552) พบว่าการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 150 วินาที ทำให้ความชื้นและกลิ่นหอม 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) ลดลงและเปอร์เซ็นต์อะไมโลสเพิ่มขึ้น คุณภาพข้าวมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักโดยยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทยของกรมการค้าต่างประเทศ นันทิพาและคณะ (2553) ทำการทดลองให้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 80 90 และ 100 °C ในเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นต่ำ และอุณหภูมิ 70 80 และ 90 °C ในเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูง เป็นเวลา 1 5 และ 10 นาที เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเมล็ดพบว่าทั้ง 2 การทดลอง ไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนทั้งหมดเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของ Globulins, Glutelins, Zein และ Albumins ซึ่งเป็นโปรตีนที่สำคัญในเมล็ดข้าวโพด ดังนั้นการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุสามารถกำจัดเชื้อได้หมดโดยไม่ทำให้คุณค่าทางอาหารสัตว์เปลี่ยนแปลงไป

นอกจากนี้ Wang et al., (2001) รายงานว่า การให้คลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 3 นาที ในการกำจัดแมลง codling moth บริเวณเนื้อด้านในของเมล็ด walnut พบว่าที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวนั้นสามารถกำจัดแมลง codling moth ได้โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อ walnut

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved