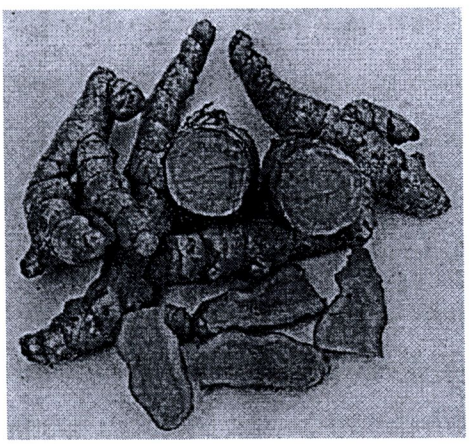
บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ขมิ้น (Turmeric)

ขมิ้นมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Curcuma longa Linn.* Or *C. domestica Valeton* วงศ์ ZINGIBERACEAE เป็นไม้ล้มลุก สูง 50–70 เซนติเมตร มีเหง้าใต้ดิน เนื้อในสีเหลืองอมส้ม มีกลิ่นหอม ใบออกเป็นรัศมีติดผิวดิน รูปหอกแกมขอบขนานกว้าง 8-10 เซนติเมตร ยาว 30-40 เซนติเมตร ก้านใบยาว 8-15 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาว 5-8 เซนติเมตร ใบประดับสีเขียวอ่อนๆ หรือสีขาว รูปหอกเรียงซ้อนกัน ใบประดับ 1 ใบมี 2 ดอก ใบประดับย่อยรูปขอบขนานยาว 3-3.5 เซนติเมตร ด้านนอกมีขน กลีบรองกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นรูปท่อ มีขน กลีบดอกสีขาว โคนเชื่อมติดกันเป็นท่อยาว ปลายแยกเป็น 3 ส่วน เกสรผู้คล้ายกลีบดอก มีขน อับเรณูอยู่ที่ใกล้ๆ ปลายท่อเกสรเมียเล็ก ยาว ยอดเกสรเมียรูปปากแตร เกลี้ยง รังไข่มี 3 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 ใบ

ขมิ้นมีชื่อพื้นเมืองต่างๆ กันคือ ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขมิ้นชัน ขี้มิ้น หมิ้น ตายอ สะยอ ขมิ้นมีหลายชนิด แต่ที่พบมากๆ ในตลาดโลกมี 2 ชนิดคือ Madras type ขายในรูปแว่น ซึ่งได้จากส่วนกลางของหัวและหัวย่อยหั่นตามยาว มีสีเหลืองน้ำตาล ใช้แต่งรสและกลิ่น ส่วนอีกชนิดคือ Bengal type มีขนาดเล็กกว่ารูปทรงกระบอก ภายนอกสีออกเทา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 เซนติเมตร ภายในสีน้ำตาลเหลืองเข้ม มีลักษณะ resinous ใช้สำหรับทำสีขมิ้นที่พบในประเทศไทยนอกจาก *C. longa Linn.* แล้วยังมีผู้รายงานว่าพบพันธุ์ต่อไปนี้คือ *Curcuma alis matifolia* Gagnap ขมิ้นโคก, *C. amarissima* Roscoe ขมิ้นขม, *C. roscaeana* Wall ขมิ้นแดง และ *C. zedoaria* Roscoe ขมิ้นอ้อย ละเมียด



รูปที่ 2.1 ขมิ้นชันสด **ที่มา:** http://kbherbalforhealthy.blogspot.com

ขมิ้นเป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้เป็นเครื่องเทศ โดยขายกันในรูปทั้งหัวหรือเป็นผง ใช้สำหรับแต่งรสอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ไข่ ผักดอง มัสตาร์ด เนย และเนยแข็ง ทำผงกะหรี่ นอกจากนี้ยังใช้ทำสีย้อมผ้า เครื่องหนัง ผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ ผ้าฝ้าย และใยจากต้นปาล์ม ใช้ทำ Turmeric paper สำหรับตรวจแอลคาลอยด์ และกรดบอริค ในด้านสาธารณสุขมูลฐานขณะนี้ได้มีการทดลองใช้ขมิ้นในการรักษาโรคท้องอืดเฟ้อ และรักษาแผลในกระเพาะอาหาร จะเห็นได้ว่าขมิ้นมีประโยชน์ ทั้งเป็นยา เครื่องเทศ และทำสี

อินเดียเป็นผู้ผลิตขมิ้นรายใหญ่ของโลก และเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ด้วยแต่ก็ส่งออกเพียง5% ของปริมาณที่ผลิต เพราะปริมาณการใช้ในประเทศสูงมาก เมื่อเร็วๆ นี้ได้มีผู้ผลิตรายใหม่คือ ปากีสถาน ไฮติ จาไมก้า จีน และเปรู ซึ่งประเทศเหล่านี้ส่งออกมากพอสมควร นอกจากนี้ยังมีผู้ผลิตอื่นคือ บังคลาเทศ เอซัลวาดอร์ ไต้หวัน สิงคโปร์และฮ่องกงก็ส่งออกโดยนำเข้าจากจีนแล้วส่งออกอีกทีหนึ่ง (ชฎา, 2549)

การทำหัวขมิ้นแห้งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

1. การทำความสะอาดเพื่อกำจัดเศษดิน เศษผงที่อาจติดมากับหัวขมิ้น รวมทั้งทำการตัดเศษราก (fibrous root) ออกจากหัวขมิ้น ก่อนจะนำไปผลิตขมิ้นแห้งในขบวนการนี้จะเป็นการคัดเลือกขมิ้นหัวที่มีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีแมลงหรือหนอนไช และไม่เป็นสีน้ำตาลมาผลิต

2. กรรมวิธีผลิตขมิ้นแห้ง (Curing) ประกอบด้วย

2.1 การต้ม (Boiling)ตามรายงานเรื่องขมิ้นของศรีลังกา จะแยกส่วนที่เป็นหัวใหญ่ (bulb) กับส่วนที่เป็นหน่อซึ่งมีลักษณะคล้ายนิ้วมือ ต้มแยกกันเพราะส่วนแรกใช้เวลาต้มนานกว่าปกติจะต้มด้วยไฟอ่อนๆ ใช้เวลา 2-5 ชั่วโมง ภาชนะที่ใช้ต้มอาจทำด้วยเหล็กหรือหม้อเคลือบ เติมน้ำที่จะต้มจนท่วมขมิ้นขึ้นมา 2-3 นิ้ว ภาชนะที่ใช้ต้มมีฝาปิดเพื่อป้องกันกลิ่นเหม็น เวลาต้มจะต้มจนหัวขมิ้นอ่อนนิ่มแล้วนำมา treat กับอิมัลชันของ castor seed paste alum หรือ lead chromate สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนะนำให้ใช้ calcium oxide เพื่อให้สีคงตัว

2.2 การทำแห้ง (Drying) ปกติจะใช้วิธีตากแดด ใช้เวลา 10-15 วัน ระหว่างตากแดดต้องหมั่นกลับข้างบ่อยๆ เพื่อให้ขมิ้นแห้งสม่ำเสมอ ตอนกลางคืนต้องเก็บอย่าให้ถูกน้ำค้าง จะตากจนหัวขมิ้นแห้งและเปราะ หักดูว่ามีเสียงคล้ายโลหะ (metallic sound)

3. การขัด (Polishing) เพื่อให้ได้ขมิ้นที่มีผิวเรียบสีเหลือง เอาหัวขมิ้นแห้งแล้วมาถูกับของที่ผิวขรุขระเป็นการเอาเปลือกนอกออก อาจใช้วิธีง่ายๆ โดยเขย่าขมิ้นกับก้อนหินในถุงหรือตะกร้าใน

รายงานของศรีลังกาใช้เครื่องมือขัดเรียกว่า Polishing drum ผลผลิตร้อยละของขมิ้นที่ขัดแล้วประมาณ 15-25 ของขมิ้นสด

สารเคมีที่สำคัญในขมิ้น

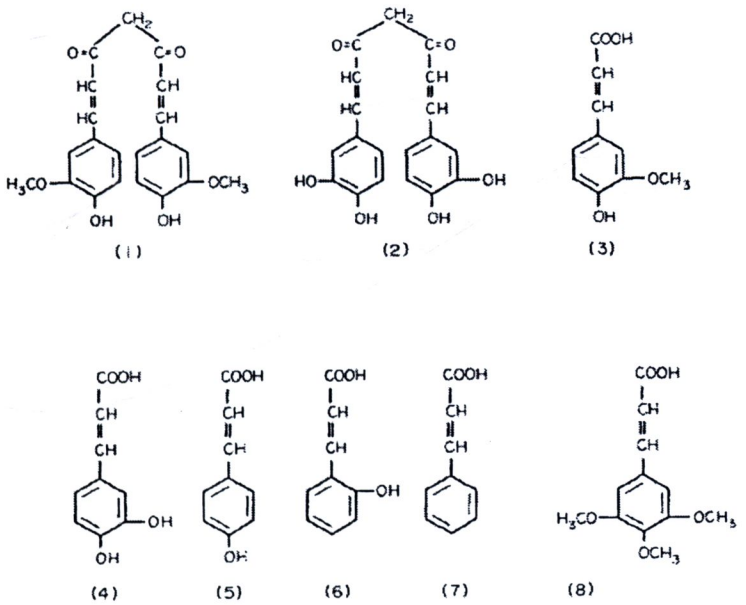
สารเคมีที่พบในขมิ้นนั้นจะพบในส่วนของน้ำมันหอมระเหยเป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้วขมิ้นจะมีน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่ 2-6 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันมีสีเหลืองและเรืองแสงได้เล็กน้อยสารเคมีที่พบมากที่สุดคือ เทอร์มีโรน (termerone) ประมาณ 58-59 เปอร์เซ็นต์ สารนี้มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{15}H_{22}O$ รองลงมาได้แก่ ซิงจิเบอรีน (zingiberene) 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบสารต่างๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ ซาบินีน (sabinene), บอร์นีออล (borneol), ซินีออล (cineol), เทอร์พีรอล (termerol), เคอร์คูโมน (curcumone) และฟิลแลนดรีน (phellandrene)

ในสารดังกล่าวนี้นั้นพบว่า เทอร์มีโรนหรือดีไฮโรเทอร์มีโรนและเคอร์คูโมนไม่ได้มีพบอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของขมิ้น แต่เกิดจากการรวมตัวในขณะที่มีการสกัดสารต่างๆ เช่น เคอรีคูโมน จะเกิดขึ้นในขณะที่มีการนำสารพวกอัลคาไล (alkali) เติมในน้ำมันหอมระเหยนอกจากนี้ยังพบสารที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ เคอร์คูมิน (curcumin) ซึ่งมีประมาณ 1.8-5.4 เปอร์เซ็นต์ สารนี้มีสีเหลืองส้มหรือสีเหลืองแดง ซึ่งเป็นสีของขมิ้นนั่นเอง สารนี้ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และกรดอะซิตริก จากการศึกษาต่อมาพบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยและเคอร์คูมินในขมิ้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอายุของพืช กล่าวคือขมิ้นที่มีการเจริญเต็มที่แล้วจะมีปริมาณของเคอร์คูมินเปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะการเจริญตั้งแต่เดือนที่ 5 ถึงเดือนที่ 8 เพียง 7 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ส่วนน้ำมันหอมระเหยในขมิ้น ที่มีการเจริญเต็มที่จะมีปริมาณลดลงและการลดลงจะมีมากที่สุดในเดือนที่ 8 นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ในการปลูกขมิ้นนั้น ถ้าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสหรือโปตัสเซียมหรือทั้งสามชนิด จะทำให้ได้ผลผลิตของขมิ้นเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณของเคอร์คูมินจะลดลง

ความต้องการของตลาด

มีผู้ประมาณการว่ามีการนำเข้าขมิ้นปีละ 9,000-10,000 ตัน เป็นมูลค่า 8-10ล้านเหรียญสหรัฐ อิหร่านเป็นผู้นำเข้ามากที่สุดในช่วง 1976-1968 คือนำเข้าถึง 3,400 ตัน เพราะใช้ในอาหารที่เป็นเนื้อสัตว์และข้าวขมิ้น นับเป็นพืชที่มีศักยภาพ เนื่องจากมีความต้องการผงกะหรี่และเครื่องเทศผสมมาก แต่รูปแบบอาจเปลี่ยนไป ขณะนี้ประเทศซึ่งผลิตขมิ้นได้ส่งออกในรูปเครื่องเทศผสม

มากกว่าผงขมิ้นหรือขมิ้นเดี่ยวๆ ในปี 1978 อินเดียห้ามส่งออกขมิ้นทำให้บริษัทผู้นำเข้าหันไปหาแหล่งอื่น ดังนั้นอาจมีช่องให้ผู้ผลิตขมิ้นเข้าไปมีส่วนร่วมตลาดในส่วนที่ขาดไป และเนื่องจากในประเทศที่พัฒนาส่วนใหญ่พยายามหลีกเลี่ยงการใช้สีสังเคราะห์ดังนั้นแนวโน้มการใช้สีธรรมชาติจึงมีมากขึ้นประโยชน์ทั่วไปของขมิ้น (ชฎา, 2549)



รูปที่ 2.2โครงสร้างของเคอร์คูมิน (Curcumin)

ประโยชน์ทางยาของขมิ้น

ฤทธิ์ลดการอักเสบ

พบรายงานเพิ่มเติมว่าเคอร์คิวมิน (curcumin) และอนุพันธ์คือสาระสำคัญในการออกฤทธิ์ โดยเคอร์คูมินมีฤทธิ์ลดการอักเสบเฉียบพลันเท่า phenylbutazone ส่วนฤทธิ์ลดการอักเสบเรื้อรังมีเพียงครึ่งเดียว อย่างไรก็ตามข้อดีคือมีฤทธิ์กัดกระเพาะน้อยกว่า และยังป้องกันตับอักเสบและเคอร์คูมินไม่มีฤทธิ์ลดไข้ แก้ปวด นอกจากนั้นได้มีการศึกษาอนุพันธ์ของ curcumin ที่พบในธรรมชาติคือ feruloyl-4-hydroxycinnamoyl methane และ bis-(4-hydroxycinnamoyl)methane พบว่าอนุพันธ์เหล่านี้ให้ผลลดการอักเสบตามขนาดที่ให้จนถึงขนาด 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ถ้าให้ขนาดสูงขึ้นคือขนาด 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีฤทธิ์ลดลง และนักวิจัยกลุ่มนี้ยังศึกษาพบด้วยว่า sodium curcuminate จะลดการบีบตัวของลำไส้หนูตะเภาที่เหนี่ยวนำให้บีบตัวด้วย

nicotine,acetylcholine, 5-hydroxytryptamine, histamine และ BaCl2 ลดการบีบตัวในลำไส้กระต่าย ยากลุ่มนี้มีฤทธิ์เช่นเดียวกับยาลดการอักเสบที่ไม่ใช่ Cousins และ คณะ 2007 ได้ทดลองฤทธิ์ลดการอักเสบของเคอร์คิวมินและอนุพันธ์ พบว่ามีฤทธิ์ลดการอักเสบเฉียบพลันเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ คือ sodium curcuminate, tetrahydro curcumin, curcumin, phenylbutazone, triethylcurcumin และพบว่าฤทธิ์ลดการอักเสบจะเป็นสัดส่วนกับขนาดเมื่อให้ขนาดต่ำ แต่เมื่อให้ขนาดสูงจะมีฤทธิ์ลดลงเช่นกัน

นอกจากเคอร์คิวมินและอนุพันธ์แล้วได้มีผู้รายงานฤทธิ์ลดการอักเสบของน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้น สามารถนำไปรักษาอาการไขข้ออักเสบได้ด้วย Deodhar และคณะ (1980) ได้ทดลองใช้เคอร์คิวมินวันละ 1.2 กรัม เทียบกับ phenyl butazone วันละ 300 กิโลกรัม คนไข้ที่มีอาการขัดข้อ ยึดไม่ออก และข้อบวมในตอนเช้ามีอาการดีขึ้น หลังจากได้รับเคอร์คิวมิน หรือphenyl butazone เนื่องจากขมิ้นมีฤทธิ์ลดการอักเสบจึงมีผู้นำไปใช้ในยาสีฟัน พบว่าช่วยลดการอักเสบเนื้อเยื่อในช่องปาก และเหงือกอักเสบ

ฤทธิ์ขับน้ำดี

มีผู้พบฤทธิ์ขับน้ำดีของเคอร์คิวมิน ซึ่งเป็นสาระสำคัญในขมิ้น ตั้งแต่ปี 1927 และได้มีผู้ทดลองนำสารสังเคราะห์ synthobilin ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเคอร์คิวมินไปทดสอบพบว่าสามารถขับน้ำดี และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วย ต่อมาได้มีผู้รายงานฤทธิ์ขับน้ำดีของเคอร์คิวมินและน้ำมันหอมระเหยจากขมิ้น sodium curcuminate ในขนาด 24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถเพิ่มอัตราการขับน้ำดีได้เกือบ 100% โดยไม่มีผลต่อความดันโลหิตหรือการหายใจ เคอร์คิวมินจะทำให้ถุงน้ำดีและตับขับน้ำดีเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาเพิ่มเติมของ Ramprasad และ Sirsi (1956) พบว่า sodiumcurcuminate เมื่อฉีดเข้าหลอดเลือดสุนัขในขนาด 5, 10, 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเพิ่มปริมาณน้ำดีและปริมาณของแข็งในน้ำดีลดลง เคอร์คิวมินนอกจากจะช่วยขับน้ำดีแล้วยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจึงเหมาะสมสำหรับลดการอักเสบจากเชื้อ *Staphylococcus* Jentzsch และคณะ ได้พบว่าเคอร์คิวมินมีฤทธิ์ขับน้ำดีจากตับแต่ demethoxy curcumin ลดปริมาณการหลั่งน้ำดี นอกจากนี้ได้มีผู้ทดลองฤทธิ์ในการป้องกันตับ โดยสามารถป้องกันพิษที่เกิดจาก CCl4 และD-galactosamine

ฤทธิ์ลดปริมาณคอเลสเตอรอล

Rao และคณะ (1970) ได้ทดลองพบว่าเมื่อผสมเคอร์คิวมินในอาหารหนูในขนาด 0.1 และ 0.5% มีผลลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดและตับถึง 1/2 หรือ 1/3 ของหนูซึ่งไม่ได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รับเคอร์คิวมิน โดยไปเพิ่มการขับกรดน้ำดีและคอเลสเตอรอลในอุจจาระในหนูปกติ และหนูที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงซึ่งต่อมามีผู้พบว่าในขนาด 0.05% ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน นอกจากเคอร์คิวมินก็มีผู้รายงานฤทธิ์ลดปริมาณคอเลสเตอรอลของสารสกัดของขมิ้นด้วย

ฤทธิ์ต่อต้านมะเร็ง

มีผู้รายงานฤทธิ์ต่อต้านมะเร็งของสารสกัดจากขมิ้น และเคอร์คิวมิน โดยสารสกัดในขนาด 0.4 มิลลิกรัมต่อซี.ซี. สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งทั้งในหลอดทดลองและในหนูถีบจักร ส่วนเคอร์คิวมินให้ผลเมื่อให้ในขนาด 4 ไมโครกรัมต่อซี.ซี. และได้มีผู้ทดลองกับคนไข้ 62ราย ใช้สารสกัดด้วยอีเธอร์และขี้ผึ้งเคอร์คิวมินในการรักษามะเร็งผิวหนัง พบว่าสามารถลดกลิ่น 90% และลดอาการคัน เกือบทุกคนแผลแห้ง 70% และ 10% ของคนไข้พบว่าแผลเล็กลงและอาการเจ็บลดลง และในคนไข้หลายคนมีผลต่อไปหลายเดือน ต่อมามีผู้รายงานว่านอกจาก curcumin แล้วยังมีสารที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็งคือ

ฤทธิ์ต้าน oxidation

เคอร์คิวมิน ดีเมธอกซีเคอร์คิวมิน บิสเดสเมธอกซีเคอร์คิวมินและ 5-เมธอกซีเคอร์คิวมินมีฤทธิ์ต้าน oxidation นักวิจัยชาวอินเดียได้พบสารโปรตีนจากขมิ้น ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้ง lipid peroxidation ซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับโรคต่างๆ เช่น ความแก่ มะเร็ง เบาหวาน เป็นต้น

ฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV

Curcumin มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ protease ของ HIV-1 และ HIV-2 โดยมีค่า IC50 =100 uM และ 250 uM ตามลำดับ การเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง curcumin และ boron จะทำให้ได้สารที่มีฤทธิ์แรงขึ้นมาก โดยมีค่า IC50 เพียง 6 uM เท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า curcuminสามารถยับยั้งเอนไซม์ integrase ของเชื้อ HIV-1 ได้ โดยมีค่า IC50 40 uM ดังนั้นจึงได้มีการนำcurcumin ไปทดลองขั้นคลินิกในผู้ป่วยเอดส์อยู่ในขณะนี้

ฤทธิ์ต่อต้าน เนื้องอก (Tumour)

Pisano และคณะ (2008) ได้ทำการสังเคราห์สารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของ curcumin ซึ่งมีฤทธิ์.ในการยับยั้งเซลล์เนื้องอกได้เร็วกว่า จากการศึกษาพบว่า alpha,beta-unsaturated ketone D6 เป็นสารที่มีความสามรถในการยับยั้งการเจริญของเซลล์เนื้องอกได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ curcumin.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 250000

2.2 ชา (Tea)

ชา (Tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* มนุษย์รู้จักมาตั้งแต่ 2737 ปี ก่อนศริสต์ศักราช (วรนันท์, 2550) ปัจจุบันก็ยังคงเป็นที่นิยมบริโภคกันอยู่โดยเฉพาะผู้บริโภคในแถบเอเชียและยุโรปบางประเทศ ชาเป็นพืชสวนอุตสาหกรรมที่ใช้แปรรูปเป็นเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์อื่นๆ โดยผลผลิตชาของโลกเป็นชาดำหรือชาฝรั่ง (Black tea) ประมาณ 70% อีก 30% เป็นชาใบซึ่งรวมชาจีน (Oolong tea) และชาเขียว (Green tea) ในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก โดยในปี 2540 มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศรวม 500 ตัน มูลค่า 33 ล้านบาท และส่งออกรวม 197 ตัน มูลค่า 18 ล้านบาท แต่ในปี 2544 มีการนำเข้า 574.72 ตัน มูลค่า 62.22 ล้านบาท และส่งออกรวม 1,249.36 ตัน มูลค่า 85.97 ล้านบาท และในปี 2545 มีการส่งออกรวมมูลค่า 102.73 ล้านบาท (กรมการส่งออก, 2546 และ กรมวิชาการเกษตร, มปป)

จากสถิติดังกล่าวสามารถบ่งบอกแนวโน้มถึงการค้าชาในตลาดโลกว่าสามารถส่งออกผลิตภัณฑ์ชาได้มากขึ้น แต่เมื่อเทียบมูลค่าแล้วจะเห็นได้เด่นชัดว่ามูลค่าผลิตภัณฑ์ชาของไทยยังมีต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาจากต่างประเทศ ซึ่งสาเหตุสำคัญคือ ชาที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังมีคุณภาพต่ำและไม่ตรงตามความต้องการของตลาดจึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพ (กรมวิชาการเกษตร, มปป)

สำหรับตลาดชาในประเทศไทย ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ตลาดชาเขียวพร้อมดื่มมีการเติบโตสูงมาก ตั้งแต่ปี 2545 มีมูลค่า 1,000 ล้านบาท ปี 2546 มีมูลค่า 1,500 ล้านบาท ปี 2547 มีมูลค่า 3,200 ล้านบาท ปัจจุบันมีมูลค่าถึง 4,500 ล้านบาท (กรรณิการ์, มปป) จะเห็นได้ว่ามีการเติบโตของตลาดมากกว่า 100% จากการสำรวจของกองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร ในปี 2544 พบว่าทางภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งปลูกและผลิตชาที่สำคัญ มีพื้นที่ปลูกชาจีนคุณภาพดี 3,938 ไร่ (5.3%) ซึ่งส่วนใหญ่ดำเนินกิจการโดยชาวไต้หวัน ส่วนที่เหลืออีก 70,334 ไร่ (64.7%) เป็นชาพื้นเมืองหรือชาผสมระหว่างชาจีนและชาอัญสัม (กรมวิชาการเกษตร, มปป) จากพื้นที่ปลูกดังกล่าวจะเห็นได้ว่ายังคงมีผลผลิตยอดชาพื้นเมืองเป็นจำนวนมากที่ต้องการการแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ชาที่มีคุณภาพดี

สารสำคัญในใบชาเป็นสารกลุ่ม Polyphenol จำพวก Flavonols ส่วนใหญ่เป็น Catechins ซึ่ง Catechin ในใบชาสดมีสูงถึง 30% (Graham, 1992) ส่วนในชาเขียวจะมี Catechins ประมาณ 35-50% ซึ่งจะมีปริมาณมากกว่าในชาดำ (10% Catechins) และชาอูหลง (8-20% Catechins) เนื่องจาก Flavonols จะถูกเปลี่ยนเป็น Theaflavins และ Thearubigind ขณะที่ชาผ่านกระบวนการหมัก โดยปกติ Catechins ในใบชาอ่อน จะประกอบด้วยสารประกอบที่สำคัญอีก 5 ชนิด ได้แก่

Epigallocatechin gallate (EGCG), Epigallocatechin (EGC), Epicatechin gallate (ECG), Gallocatechin (GC) และ Epicatechin (EC) ส่วนปริมาณ Catechins ในใบชาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ สภาพอากาศ ฤดูกาล การเพาะปลูกชา ความแก่อ่อนของใบชา และพันธุ์ชา (Graham, 1992) ซึ่ง Catechins รวมทั้งสาร Phenolic compound ในชาเขียวมีคุณสมบัติสำคัญคือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) โดยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาสามารถป้องกันการเกิดมะเร็ง และลด LDL cholesterol งานวิจัยทางการแพทย์พบว่า คนที่ดื่มชาเขียวเป็นประจำมีโอกาสป่วยเป็นโรคหัวใจ มะเร็ง และความดัน น้อยกว่าคนที่ไม่ดื่ม และยังพบว่าช่วยเสริมภูมิต้านทางและชะลอความชราอีกด้วย (วรนันท์, 2550)

ในกรรมวิธีการผลิตชาเขียวแบบดั่งเดิมจะเริ่มจากการเก็บเกี่ยวยอดอ่อนและใบอ่อน นำมาลวกใบชาที่อุณหภูมิ 97-100°C เพื่อยังยั้งเอ็นไซม์ที่ทำให้เกิดการออกซิเดชั่น (Polyphenol oxidase) ผ่านกระบวนการนวดพร้อมกับการให้ความร้อน เพื่อทำให้เซลในใบชาแตกออกให้น้ำ และเอ็นไซม์ออกมาภายนอก ทำให้สารให้กลิ่นรสของชาละลายได้ง่ายเมื่อมีการชงในน้ำ การนวดมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ Loosening เป็นการนวดเพื่อแยกใบชาออกจากกัน Rolling เป็นการนวดเพื่อให้เซลแตกออก Rubbing เป็นการนวดเพื่อให้ใบชาม้วนตัว และ Pressing and Sharping up เป็นการอัดใบชาที่ม้วนตัวให้มีขนาดเล็กลง กระบวนการสุดท้ายเป็นการอบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air drier) เพื่อลดความชื้นของใบชาลงให้ต่ำกว่า 7% เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สามารถเก็บใบชาไว้ได้นานโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รส จะเห็นได้ว่าจากกระบวนการผลิตดั่งเดิมนี้ยังมีขั้นตอนหลายขั้นตอนที่อาจเกิดการสูญเสียสารสำคัญ ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ อาทิเช่น ในการลวกอาจไม่สามารถทำลายเอ็นไซม์ได้ทั้งหมด การนวดหลายขั้นตอนจะเกิดการสูญเสียคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระได้ และการอบแห้งในเวลาที่ยาวนานยิ่งเป็นการเสี่ยงในการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระเป็นอย่างยิ่ง

ชา ทางพฤกษศาสตร์: *Camellia sinensis*

ชามีต้นกำเนิดในจีนตอนใต้และอินเดียตอนเหนือ ทุกวันนี้แหล่งชาที่สำคัญได้แก่ บริเวณไหล่เขาของประเทศศรีลังกา จีน อินเดีย ไต้หวัน ญี่ปุ่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนาม และไทย เป็นต้น ชาเป็นพืชยืนต้นที่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความสูงถึง 6 เมตร ชาบางชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 100 ปี ตามปกติชาวไร่จะนิยมปลูกชาตามบริเวณไหล่เขา ทั้งนี้ก็เพื่อให้รากชาช่วยยึดดิน และเพราะเหตุว่าคุณภาพของชาขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ ดังนั้นชาที่ปลูกในแต่ละพื้นที่ ในแต่ละฤดู จะให้ชาที่มีรสไม่เหมือนกัน และโดยทั่วไปแล้วชาที่ปลูกในที่สูงจะมีกลิ่นและรสชาติที่ละมุนละไมกว่าชาที่ปลูกในพื้นที่ที่ต่ำกว่ามาก

รูปที่ 2.3 สวนชาในประเทศจีน ที่มา: http://www.travel-in-china.ob.tc

เมื่อต้นชามีอายุได้ 4-5 ปี ชาวไร่จะเลือกเก็บใบชา โดยเขาจะเลือกเก็บเฉพาะยอดอ่อนและใบอ่อน และเมื่อเก็บใบแล้วใบชาใหม่ก็จะแตกใหม่ในเวลาอีกไม่นาน สำหรับการแบ่งกลุ่มตามประโยชน์ในทางการค้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

1. กลุ่มชาจีน (China tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis Var. sinensis* เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก สูงประมาณ 1-6 เมตร ชาจีนจะถูกนำไปใช้แปรรูปเป็นชาเขียว โดยใช้ยอดอ่อนที่มี 1 ยอดตูมและ 3-4 ใบบาน ชาจีนจะทนทานต่ออุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่ผันแปรได้ดี ผลผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม
2. กลุ่มชาอัสสัม (Assam tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis Var. assamica* เป็นกลุ่มที่เหมาะสำหรับใช้ยอดชาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาฝรั่ง เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง ถึงใหญ่ มีขนาดใหญ่กว่าใบชากลุ่มอื่นอย่างเด่นชัด ชาอัสสัมจะเจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง สามารถแบ่งออกเป็นสายพันธุ์ย่อยๆ คือ

- พันธุ์อัสสัมใบจาง (Light leaved Assam jat) ต้นมีขนาดเล็ก ยอดและใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะใบเป็นมันวาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ดี เมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีน้ำตาล
- พันธุ์อัสสัมใบเข้ม (Dark leaved Assam jat) ยอดและใบมีสีเขียวเข้ม ใบนุ่มเป็นมัน มีขนปกคลุม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี เมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีดำ

- พันธุ์มานิปุริ (Manipuri jat) เป็นพันธุ์ที่แข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ใบมีสีเขียวเข้มเป็นประกาย ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนแล้งได้ดี
- พันธุ์พม่า (Burma jat) ใบมีสีเขียวเข้ม ใบแก่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน ใบกว้าง แผ่นใบเป็นรูปไข่ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีมาก
- พันธุ์ลูไซ (Lushai jat) ขอบใบหยักลึก ปลายใบเห็นได้ชัด

3. กลุ่มชาลูกผสม (Hybrid tea) จัดเป็นกลุ่มที่มีปริมาณมากที่สุด เนื่องจากชาเป็นพืชผสมข้าม จึงทำให้ชาที่ปรากฏโดยทั่วไปเป็นชาลูกผสมระหว่างกลุ่มพันธุ์ชาทั้งสองกลุ่มดังกล่าวข้างต้น สำหรับการใช้ประโยชน์จากชากลุ่มนี้ สามารถใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาได้ทั้งชาใบและชาฝรั่ง ส่วนชาเขมร (Indo-china tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Camellia sinensis Var. Indo-China* จัดได้ว่าเป็นกลุ่มที่ไม่มีประโยชน์ในทางการค้า แต่จะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ชาเป็นหลัก (ทำความรู้จักกับต้นชา, 2553)

การแบ่งชนิดใบชาตามกรรมวิธีการผลิต แบ่งเป็น 3 ชนิด

1. ชาดำ (Black tea) เป็นชาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีกลิ่นหอมและรสชาติเข้มข้น การผลิตชาดำนั้น ทำโดยนำเอาใบชามาทำให้แห้งด้วยการผึ่งไว้เพื่อลดความชื้น ใช้เวลาประมาณ 12-16 ชั่วโมง จากนั้นนำมานวดเพื่อให้ใบชาลีบอ่อนด้วยลูกกลิ้งและเซลล์ชาแตกปลดปล่อยเอนไซม์ออกมา จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการบ่มโดยวางเป็นแผ่นบางๆ ให้มีลมพัดผ่านให้อากาศระบาย แล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน จะได้ใบชาดำที่แห้งสนิท

2. ชาอู่หลง (Oolong) มีกระบวนการผลิตแบบเดียวกับชาดำ เพียงแต่ผ่านกระบวนการบ่มเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น โดยกระบวนการลดความชื้นจะใช้เวลาเพียง 6 ชั่วโมง แล้วผ่านขั้นตอนนวดและบ่มด้วยเวลาสั้นๆจึงทำให้ชาอู่หลงมีรสชาติและสรรพคุณผสมผสานกันระหว่างชาดำและชาเขียว

3. ชาเขียว (Green tea) การผลิตชาเขียวเริ่มจากเก็บยอดอ่อนของต้นชาแล้ว นำมาอบด้วยไอน้ำหรือคั่วก่อนเป็นขั้นตอนแรก เพื่อทำลายเอนไซม์จากนั้นนำไปนวดด้วยลูกกลิ้ง และทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว การทำชาเขียวจะยังไม่ผ่านกระบวนการบ่มใดๆ ซึ่งแตกต่างจากชาดำและชาอู่หลง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ใบชายังคงมีลักษณะเป็นสีเขียวอยู่ จากกระบวนการผลิตด้วยขั้นตอนที่ง่ายและรวดเร็วนี้เอง ทำให้ชาเขียวยังคงสารสำคัญจากพืชที่เราเรียกว่า สารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่างๆ ไว้ได้มากกว่าชาดำและชาอู่หลง ส่วนชาขาว คือ ชาที่ได้จากการเลือกเก็บยอดชาที่อ่อนมาก

คือยังมีขนเล็กๆสีขาวปกคลุมยอดชาอยู่ ใบชาจะคงสภาพเหมือนใบชาสดและมีสีขาว น้ำที่ชงจากชาขาวจะมีสีใสๆ ถึงสีเหลืองอ่อน มีลักษณะใกล้เคียงกับชาเขียว ในแต่ละปีจะเก็บเกี่ยวยอดชาเพื่อนำมาผลิตชาขาวได้ในบางวันเท่านั้น (สมพล, 2544)

การผลิตชา

1. การเก็บใบชา (Tea plucking)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากต้องอาศัยความละเอียดในการเก็บ ชาที่เหมาะสำหรับการเก็บเกี่ยวจะมีอายุประมาณ 4-5 ปี การเก็บจะต้องเลือกเก็บเฉพาะยอดชาที่ตูมและใบที่ต่ำจากยอดตูมลงมา 2 ใบ (เก็บ 1 ยอด 2 ใบ) เนื่องจาก polyphenols ซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญในชา และมีอยู่มากเฉพาะในยอดชาเท่านั้น การเก็บยอดชาโดยทั่วไปมี 3 วิธีการ คือ ใช้มือเด็ด ใช้กรรไกรตัด และใช้เครื่องจักร อย่างไรก็ตามใบชาที่มีคุณภาพดีมักได้จากวิธีใช้มือเด็ด

2. การผึ่งชา (Withering)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร ต่าง ๆ ในใบชา การผึ่งชาจะทำให้น้ำในใบชาระเหยไป ทำให้ใบชาเหี่ยวและจะมีการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ภายในและภายนอกเซลล์ ในการผึ่งชานี้เอง เอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งปฏิกิริยา oxidation และ polymerization ทำให้สาร polyphenol เกิดปฏิกิริยาเคมีได้เป็นองค์ประกอบใหม่ที่ทำให้ชามีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันไป

3. การนึ่งชา (Steaming) หรือการคั่วชา (Pan firing)

เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนกับใบชาเพื่อทำลายเอนไซม์ เช่น polyphenol oxidase ที่ทำให้หยุดปฏิกิริยาการหมัก และ Chlolopyllase ที่สามารถออกซิไดส์ Chlorophyll (สารสีเขียว) เป็นสาร Phaeophytin ที่ทำให้เกิดสีเหลืองน้ำตาลในใบชา นอกจากการลวกจะสามารถรักษาสีเขียวได้แล้ว ยังสามารถลดกลิ่นเหม็นเขียวของใบชา ได้อีกด้วย ปกติการลวกชาจะใช้น้ำร้อนหรือไอน้ำ อุณหภูมิ 97-100 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที ถึง 3 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

4. การนวดชา (Rolling)

เป็นขั้นตอนที่ใช้น้ำหนักกดทับลงใบชา เป็นการขยี้ใบชาเพื่อให้เซลล์แตก เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมานอกเซลล์และเคลือบอยู่บนส่วนต่าง ๆของใบชา น้ำ เอนไซม์ และ Essential oil จะออกมาภายนอก ทำให้สามารถลดความชื้นได้เร็วขึ้น และทำให้สารให้กลิ่นรสของชาละลายได้ง่ายเมื่อมีการชงในน้ำ

5. การหมักชา (Fermentation)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเริ่มตั้งแต่การผึ่งชา และนวดชา ก่อนที่จะถึงขั้นตอนการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ polyphenol oxidase ด้วยความร้อน (steaming หรือ firing) ในกระบวนการนี้เอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งปฏิกิริยา oxidation ทำให้ polyphenols เกิด oxidized และเกิดปฏิกิริยา polymerization ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง polyphenols ที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ชาเกิดกลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในชาและตามกรรมวิธีการ ผลิต

6. การอบแห้ง (Drying)

เป็นขั้นตอนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นในใบชาให้เหลือประมาณ 5% เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยา oxidation ทำให้สามารถเก็บรักษาชาได้นานขึ้นโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น รส โดยทั่วไปการอบจะทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงจะทำให้กลิ่นรสของชาระเหยออกไปได้ การอบแห้งส่วนมากจะใช้ตู้อบลมร้อน

7. การคัดบรรจุ (Sorting and packing)

เป็นการคัดเลือกเศษกิ่งก้านของใบชา และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากใบชา เสร็จแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงเพื่อรอจำหน่ายต่อไป

องค์ประกอบทางเคมีของใบชา

ชามีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ เมทิลแซนทีน (Methylxanthines) แทนนิน (tea tannins) และส่วนที่ให้กลิ่นหอม (aromatic principles) ใบชาสดประกอบด้วย เซลลูโลส ไฟเบอร์

และโปรตีน ซึ่งมีปริมาณของแข็งรวมกันได้ 25 % โดยปริมาตรและมีสารที่ละลายน้ำได้ อันได้แก่ แทนนิน คาเฟอีน โปรตีน กัม (gummy matter) และน้ำตาลต่างๆ ละลายอยู่

ตารางที่ 2.1 แสดงสารประกอบที่สำคัญในใบชา และประโยชน์ต่อสุขภาพ

สารประกอบ	Healthy Effect
โพลีฟีนอล (Polyphenol) (เป็นสารประกอบที่ให้รสฝาด-ขม)	- ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง, ยับยั้งการเกิดเนื้องอก - ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด,ป้องกันโรคความดันโลหิตสูง - ป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดสูง, ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน - ต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย และป้องกันการเกิดโรคอาหารเป็นพิษ - ต่อต้านเชื้อไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัด - ป้องกันฟันผุ - ป้องกันการเกิดกลิ่นปากและกลิ่นลมหายใจไม่พึงประสงค์ - ป้องกันการถูกทำลายของตับ จากฤทธิ์แอลกอฮอล์
คาเฟอีน (เป็นสารประกอบที่ให้รสขม)	- ช่วยให้สดชื่น กระปรี้กระเปร่าและ ลดอาการเหนื่อยล้า - มีฤทธิ์เป็นสารขับปัสสาวะ
แคโรทีน	- เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง
วิตามินซี	- มีผลช่วยลดความเครียด และ ป้องกันการเกิดโรคหวัด
วิตามินบี	- ช่วยกระตุ้นการเผาผลาญอาหาร
วิตามินอี	- เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง - ช่วยชะลอความแก่
กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA)	- ช่วยลดระดับความดันโลหิต สำหรับผู้ที่ความดันโลหิตสูง
ฟลาโวนอยด์	- เสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์เม็ดเลือดแดง - ป้องการเกิดกลิ่นลมหายใจไม่พึงประสงค์
โพลีแซคคาไรด์	- ป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดสูง
Fluoride	- ช่วยให้ฟันแข็งแรงและป้องกันฟันผุ
Theanine (A kind of Amino acid)	- เป็นสารที่ให้กลิ่น-รส ที่ดี ในชาเขียว

ที่มา: Green Tea Industry Hand Book, 1996

ชาเขียว (Green tea)

ชาเขียวที่มีคุณภาพดีได้จากใบชาคู่ที่หนึ่งและใบชาคู่ที่สองที่เก็บจากยอด จีนเรียกว่า "ปู่อี๋" (ฮกเกี้ยน) ใบชาใบคู่ที่สามและคู่ที่สี่ จากยอดจะให้ชาชั้นสอง จีนเรียกว่า "อันเคย" (ฮกเกี้ยน) ส่วนใบชาคู่ที่ห้าและคู่ที่หกจากปลายยอดจะให้ชาชั้นเลว ที่จีนเรียกว่า "ล่ำก๋อง" (ฮกเกี้ยน) เมื่อชงดื่มจะได้น้ำชาที่มีสีเหลืองอ่อน หรือเขียวและมีกลิ่นหอม (สายพิน, 2549)

ชาเขียวแบ่งตามลักษณะการนำมาบริโภคได้เป็น 2 ประเภทคือ "ชาคอ" (breast tea) ที่ดื่มแล้วจะรู้สึกชุ่มคอ และ "ชากลิ่น" (scented tea) ที่มีกลิ่นหอม เนื่องจากอบด้วยกลิ่นหอมจากดอกไม้ เช่น ดอกมะลิ ดอกประยงค์ ชาเขียวเป็นชาที่นิยมดื่มในจีนและญี่ปุ่น วิธีการทำชาเขียวสามารถทำได้โดย ขั้นตอนแรกนำใบชาอ่อนที่ได้มาผ่านไอน้ำหรืออบด้วยความร้อนทันทีเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ใบชาที่ได้จึงมีความสด และยังมีสีเขียวอยู่มาก จากนั้นจะทำการนวด ใบชา โดยใช้มือคลึงเบาๆ ก่อนการทำแห้ง จากกระบวนการแปรรูปข้างต้นทำให้ชาเขียวมีประโยชน์มากกว่าชาชนิดอื่นๆ เนื่องจากใบชาเขียวจะถูกนำมาอบไอน้ำ ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้สารประกอบ Epigallocatechins Gallate (EGCG) เข้ารวมตัวกับออกซิเจน โดยที่ Epigallocatechins Gallate (EGCG) เป็นสารประกอบสำคัญในชาเขียว ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Catechins Polyphenol ที่มีอยู่ในชาเขียว ประโยชน์ของสารEGCG คือ เป็นสารต้านพิษ และยังช่วยยับยั้งการเติบโตของเซลมะเร็งด้วย นอกจากจากสาร EGCG ที่มีอยู่ในชาเขียวแล้ว ยังให้พบสารอื่นๆอีกมากมาย เช่น สารคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) วิตามิน (Vitamins) เกลือแร่ (Minerals)

ประโยชน์จากชาเขียว

1. การป้องกันโรคมะเร็ง การดื่มชาเขียวจะช่วยป้องกันโรคมะเร็งในกระเพาะอาหาร นอกจากนั้นการดื่มชาเขียววันละ 3 แก้วจะลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งเต้านม กลไกการป้องกันการเกิดมะเร็งได้แก่

   -ช่วยสลายสารพิษที่รับประทานเข้าไป เช่น nitrosamine, aflatoxin
   -ป้องกันสารก่อมะเร็งไปจับกับ DNA ของเซลล์จึงป้องกันการเกิดมะเร็ง
   -ป้องกันสารอนุมูลอิสระที่จะมาทำลาย DNA ของเซลล์
   -ยับยั้งกระบวนการเติบโตของแบคทีเรียจะทำให้เซลล์กลายเป็นมะเร็ง

2. การป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด นักวิทยาศาสตร์พบว่าคนที่ดื่มชามากกว่า 15 แก้วต่อสัปดาห์จะมีอัตราการตายจากโรคหัวใจลดลงถึงร้อยละ 44 เพราะชาเขียวสามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (Sheng-Dun Lin, 2010)

   กลไกการป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด คือ

   -Catechins จะลดลดการเพิ่มของ LDL Cholesterol และ Triglyceride ในกระแสเลือด

   -ชาเขียวจะป้องกันการจับตัวของเกร็ดเลือด platelet aggregation

   -ชาเขียวจะเพิ่ม HDL Cholesterol ซึ่งเป็นไขมันที่ป้องกันหลอดเลือดตีบ

-ชาเขียวจะออกฤทธิ์ยับยั้ง angiotension-converting enzyme (ACE) ซึ่งทำให้ความดันลดลง

3. การป้องกันผิวหนังจากแสงแดด เมื่อนำสาร polyphenols จากชาเขียวทาที่ผิวหนังจะพบว่าสามารถลดการอักเสบของผิวหนัง ลดการเจริญเติบโตของเนื้องอก และลดการทำลายของ DNA จากแสงแดด
4. เพิ่มความหนาแน่นของกระดูก
5. การลดน้ำหนัก พบว่าสารสกัดจากชาเขียวสามารถเพิ่มการเผาผลาญไขมันในร่างกาย
6. ป้องกันฟันผุ เนื่องจากชาเขียวหรือชาดำจะลดการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย นอกจากนั้นในชาจะมีสาร fluoride
7. ป้องกันอาหารเป็นพิษ

2.3 การทำแห้ง

นิธิยา (2543) กล่าวว่าการทำแห้ง (Drying) หมายถึง กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย

การอบแห้งวัสดุทั่วๆ ไปว่าเป็นการใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง ความร้อนจะถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิววัสดุ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ในขณะเดียวกันไอน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ถ้าผิววัสดุปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก อุณหภูมิและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าอุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วของกระแสอากาศมีค่าคงที่ เมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณลดลงมาก อุณหภูมิ และความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิววัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นจะลดลง ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและอัตราการอบแห้งลดลง ความชื้นที่อยู่ระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่าความชื้นวิกฤต วัสดุทางการเกษตรส่วนใหญ่มักมีโครงสร้างภายในรูพรุนสามารถแบ่งการอบแห้งได้เป็น 2 ช่วง ในช่วงแรก ขณะที่มีความชื้นสูงการอบแห้งมักเป็นอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อวัสดุมีความชื้นลดต่ำลงจนถึงความชื้นวิกฤต น้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของของเหลวหรือไอน้ำ แล้วจึงระเหยเคลื่อนที่ไปยังกระแสอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรก ขณะที่วัสดุยังมีความชื้นสูงพอประมาณเมื่อความชื้นลดต่ำมากแล้วน้ำจะเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้งในผลิตผลที่นำมาอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า มีผลมาจากปัจจัยหลายประการ ดังนี้

(1) ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่ลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหาร สามารถเคลื่อนออกจากภายในออกมายังภายนอกได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก อัตราการอบแห้งสามารถเกิดขึ้นได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

(2) รูปร่างและความหนาของอาหาร อาหารที่มีความหนามากอัตราการ.อบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่หนาน้อยกว่า เนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

(3) ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้า เนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึงจึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราอบแห้งช้าลง

(4) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

(5) ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่ความดันต่ำๆลงมา น้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น (พิชญา และคณะ, 2547)

ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่างๆ

(1) ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหารการอบแห้งจะระเหยไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร ทำให้คุณภาพอาหารลดลงโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์

(2) ผลของการอบแห้งที่มีต่อเอนไซม์ เอนไซม์จะหยุดปฏิกิริยา เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที แต่การใช้ความร้อนในการอบแห้งในกระบวนการทกแห้ง (Dehydration หรือ Drying) เอนไซม์จะมีความทนทานถึง 204 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงต้องลวกน้ำร้อนหรือใช้สารเคมีเพื่อหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ก่อนที่จะนำไปอบแห้ง ปฏิกิริยาของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความชื้นของอาหาร ถ้าความชื้นของอาหารในอาหารลดลงปฏิกิริยาก็จะลดลงด้วย แต่อัตราเร็วของปฏิกิริยา

ของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์ และถ้าอาหารความชื้นลดลงต่ำกว่า 1% ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เกิดขึ้น

(3) ผลของการอบแห้งที่มีต่อจุลินทรีย์ การลดความชื้นในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดอาหารก็จะเก็บไว้ได้นานขึ้น ถ้าอาหารมีความชื้นมากกว่า 12% เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ ส่วนแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีถ้าความชื้นมากกว่า 30% ขึ้นไป ดังนั้นในการอบแห้งจึงนิยมใส่เกลือลงในอาหารเพื่อควบคุม จุลินทรีย์ และลวกน้ำร้อนก่อนการอบแห้งเป็นต้น

(4)ผลของการอบแห้งที่มีต่อเม็ดสีในอาหารเมื่ออบแห้งสีของอาหารจะเปลี่ยนไปเม็ดสีพวกแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานิน จะซีดจางลง ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานหรือใช้สารเคมีบางชนิดในการอบแห้งเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอมไซม์จะทำให้อาหารสีจางลง พวกผักและผลไม้จึงมีการ Fixed สีก่อนการอบแห้ง โดยการลวกน้ำร้อนหรือแช่ในสารเคมีจะไม่ทำให้สีผักและผลไม้ซีดจางลงหรือเป็นสีน้ำตาลแต่จะทำให้อาหารแห้งกระด้างขึ้น และการอบแห้งยังทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เรียกว่า Millard Reaction เป็นปฏิกิริยาหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของแอมโมเนียกรดอะมิโน หรือโปรตีน เป็น Carbonyl-amine reaction ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นและทำให้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป

(5) ผลของการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแข็ง เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพลักษณะและการจัดการเบื้องต้น เช่น การเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำลวก ชนิดและลักษณะการลดขนาดและการปลอกเปลือก ล้วนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ที่นำมาดูดคืนน้ำใหม่ในอาหารที่ได้ผ่านการลวกอาจเกิดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการเกิดเจลของแป้ง การตกผลึกของเซลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้งส่วนต่างๆ ของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายใน ปัจจัยเหล่านี้จะอัดและเปลี่ยนรูปร่างเซลล์ที่ค่อนข้างแข็งทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวย่น อาหารจะดูดคืนความชื้นอีกครั้งในระหว่างการดูดคืนน้ำอย่างช้าๆ แต่จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิม

อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทั่วไปการทำแห้งโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่จากภายในของอาหารไปที่ผิวระหว่างที่น้ำจะถูกกำจัดออกระหว่างการทำแห้ง กลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวทำละลายแต่ละชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยน้ำทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้นอุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหาร โดยเฉพาะผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวอาหารแห้งแข็ง หรือที่เรียกว่า Casehardening ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะไปลดอัตราการทำแห้ง และทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้นการควบคุม

สภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นภายในและที่ผิวของอาหาร จะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้

(6) ผลของการอบแห้งต่อการดูดคืนน้ำ การดูดคืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนจะลดระดับการดูดคืนน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดคืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่า และดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า (พิชญา และคณะ, 2547)

การเก็บและการลดการสูญเสียคุณภาพของอาหารแห้ง

อาหารแห้งจะมีการสูญเสียคุณภาพอาหาร เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีและเอนไซม์ในอาหาร เช่น การเหม็นหืน Millard reaction การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนสีและโครงสร้างการลดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำได้โดย

(1) รักษาความชื้นในอาหารให้ต่ำมากๆ

(2) ลดปริมาณของน้ำตาลรีดิวซิงลง

(3) เมื่อทำการลวกควรใช้น้ำที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำต่ำ

(4) เติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการป้องกันการเสียของอาหารแห้งจากเชื้อรา คือ ควรรักษาความชื้น ของสภาวะแวดล้อมให้ต่ำและเก็บอาหารไว้ภายในภาชนะปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นของอาหาร

ปัจจัยชี้วัดคุณภาพ (Quality Parameters)

การอบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนและมีการสูญเสียน้ำ ปัจจัยชี้วัดที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า สี และปริมาณน้ำมันหอมระเหย (จันทนาและคณะ, 2543)

(1) ความชื้น

ความชื้นจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ สี ลักษณะที่ปรากฏ รวมถึงความสามารถในการคืนตัวของผลิตภัณฑ์ โดยจะสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ หากมีความชื้นในผลิตภัณฑ์สูงจะส่งผลให้มีค่าน้ำที่เป็นประโยชน์สูงตาม

(2) ปริมาณเถ้า

เถ้า คือ อนินทรีย์สารที่เหลือตกค้างจากการเผาอินทรีย์สาร ซึ่งส่วนประกอบในเถ้าขึ้นอยู่กับสภาพของอาหารเริ่มต้น และวิธีที่ใช้หาปริมาณเถ้าเถ้าของอาหารใดๆ หมายถึงสารประกอบ อนินทรีย์ (inorganic residue) ที่เหลืออยู่หลังจากที่เผาให้สารประกอบอินทรีย์ (organic matter) สลายไปหมดแล้ว ปริมาณเถ้าที่ได้ไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับจำนวนสารประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารเสมอไป เพราะอาจมีบางส่วนของเถ้าหายไปเนื่องจากการระเหย (evaporation) หรือเกิด interaction ระหว่างสารประกอบ ในกรณีของพืชสมุนไพรนั้นการหาปริมาณเถ้าเป็นวิธีตรวจสอบสิ่งปลอมปนได้วิธีหนึ่ง ซึ่งการเผาตัวอย่างให้เป็นเถ้าสามารถใช้วิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้ดังนี้

2.1) เถ้าทั้งหมด (total ash)

2.2) เถ้าที่ละลายน้ำ (water soluble ash)

2.3) ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำ (alkalinity of the soluble ash)

2.4) เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid-insoluble ash)

2.5) sulphated ash

(3) สี

สีของอาหารที่เกิดขึ้นเนื่องจากในอาหารมีสารที่เรียกว่า เม็ดสี หรือ รงควัตถุ ซึ่งมีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ สีเขียวของผักใบเขียวเนื่องจากมีคลอโรฟิลล์ สีเป็นสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่งของอาหาร ทั้งอาหารที่ได้จากธรรมชาติและอาหารที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพราะสีเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารร่วมกับลักษณะปรากฏอื่นๆ นอกจากนั้นสีของอาหารยังบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่อาจเกิดขึ้นในอาหารได้ด้วย เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น

ในระหว่างกระบวนการแปรรูปพืชผักที่มีสีเขียวโดยใช้ความร้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากมีการสูญเสียแมกนีเซียมอิออนหรือสูญเสียหมู่ไฟนิลออกไปจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (olive-brown) ปัญหาที่สำคัญและเห็นได้ชัดที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบแห้ง ก็คือการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งเป็นความเสียหายอันเนื่องมาจากความร้อน หาก

การเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นมากจะมีผลทำให้ กลิ่น และรสของผลิตภัณฑ์ถูกกระทบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงสีจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หากมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความเสียหายในลักษณะนี้มักเป็นปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลา

(4) ปริมาณน้ำมันหอมระเหย

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงเนื่องจากพืชสมุนไพรเป็นผลิตผลที่ไวต่อการสูญเสียสารที่ให้ฤทธิ์ทางยาและน้ำมันหอมระเหย ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยแล้ว ยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่อุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไดและความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยสูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้ง มีสารระเหยปริมาณน้อยที่เกิดการสูญเสียในช่วงหลังของการทำแห้ง การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรม

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องอบแห้งชนิดที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยเท่านั้น

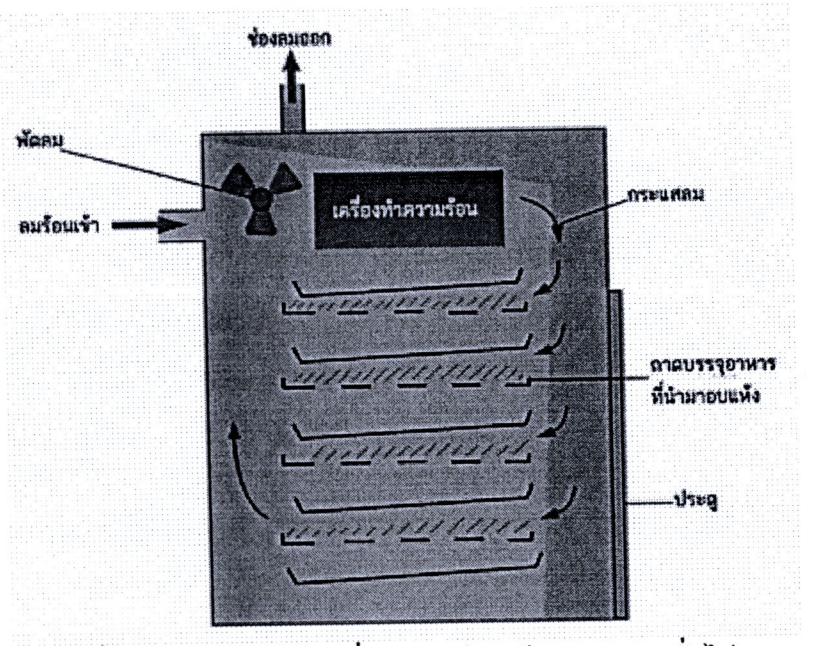
1) เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (Tray dryers)

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ยๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่างและบุเครื่อง

ด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบางๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้ที่ความเร็วลม 0.5-5 เมตร/วินาที/เมตร^2 ของพื้นที่ผิวของถาด มีระบบท่อเพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนเพิ่มด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง นิยมใช้สำหรับการผลิตอาหารในปริมาณต่ำ หรือสำหรับใช้ในโรงงานต้นแบบ เครื่องอบชนิดนี้ใช้เงินลงทุนและค่าดูรักษาต่ำแต่ควบคุมดูแลยาก และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด เป็นเครื่องอบแห้งแบบชั้นมีลักษณะเป็นตู้สูง ทรง สี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในอาจวางถาดได้ตั้งแต่ 5-8 ชั้น มีส่วนประกอบดังนี้ (รุ่งนภา, 2541)

1. ตู้เหล็กฉนวนสูงรูปสี่เหลี่ยม ภายในวางถาดอาหารที่จะอบแห้งได้ 5-8 ชั้น (ใน อุตสาหกรรมอาจใช้ตู้ใหญ่มีจำนวนเป็นสิบๆ ชั้น)
2. ถาดที่ใช้วางอาหารควรทำจากเหล็กปลอดสนิม
3. มอเตอร์(เพื่อทำหน้าที่หมุนเวียนลมร้อน)

4. ขดลวดร้อนที่ให้ความร้อนสูงเกิน 100 องศาเซลเซียส
5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้



รูปที่ 2.4 การทำงานของเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดทั่วไป
ที่มา: http://118.175.80.83/E-learning/kaaato/1/lesson05/content/05.htm

ระบบการทำงาน

เป็นเครื่องมือทำแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทำงานที่ความดันบรรยากาศ ลักษณะ ของเครื่องจะเป็นตู้บุฉนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกบังคับให้หมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศจะเป็นในแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหารหรือในแนวดิ่งผ่านทะลุถาดใส่อาหาร ความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอน คือ 2-5 เมตร/วินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5-1.25 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีต่อตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนที่ใช้อาจเป็นการเผาไหม้ของก๊าซ ไอ น้ำ หรือจากขดลวดให้ความร้อน (รุ่งนภา, 2541)

การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดเป็นการอบที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้สำหรับพาความชื้นออกจากวัตถุดิบค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่จะอบ ดังนั้นวัตถุดิบควรเป็นประเภทที่ไม่ไวต่อความร้อนและเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย ราคาไม่แพง เพื่อการเพิ่มมูลค่าการตลาด สำหรับข้อดีของตู้อบแห้งแบบถาดคือ เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างและการ บำรุงรักษาต่ำ มีความยืดหยุ่นของการใช้งานสูง นิยมใช้ในการอบแห้งผักและผลไม้ นอกจากนั้นยัง นิยมใช้ในกระบวนการผลิตขนาดเล็กหรือในโรงงานขนาดเล็ก แต่เนื่องจากเป็นวิธีดั้งเดิมในการ

อบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการให้ความร้อนสูงและใช้เวลานานจึงทำให้เกิดข้อเสียต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการเสียไป

2) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Sun dryers)

เป็นเครื่องอบแห้งที่มีการพัฒนาโดยอาศัยหลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบตู้ โดย การใช้แสงแดดเป็นพลังงานความร้อนให้กับตู้อบ ซึ่งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย ทำให้ไม่ต้อง เสียต้นทุนพลังงาน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับตู้อบ แสงอาทิตย์ สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้มากและรวดเร็วขึ้น เช่น เครื่องอบแห้งระบบ Active เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ และเครื่องอบแห้งระบบ Hybrid เป็นต้น (สมบัติ, 2544)

หลักการทำงาน

พลังงานที่ต้องการสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ สามารถตรวจสอบได้จากปริมาณความชื้นเริ่มต้น และความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด อัตราการอบแห้งและการใช้อุณหภูมิ แตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ พลังงานที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเพื่อง่ายต่อการคำนวณพื้นที่ของ solar panel ที่ต้องการเพื่อผลิตความร้อนอย่างเพียงพอ เพื่อทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงด้วย พลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้อบแห้ง ซึ่งใส่ตัวอย่างที่ต้องการอบแห้ง และส่วนที่เป็นตัวรับรังสีดวงอาทิตย์เพื่อทำให้อากาศร้อน นอกจากนี้อาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น พัดลม

แผงรับรังสีเป็นอุปกรณ์รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยดูดพลังงานแสงอาทิตย์ และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน และแผงรับแสงอาทิตย์เป็นแผ่นแบนราบ (flat plate collector) ทำหน้าที่เป็นตัวดูดพลังงาน (absorber plate) โดยรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ และแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนให้กับอากาศ เพื่อประสิทธิภาพในการ ดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์จึงทาแผ่นดูดพลังงานด้วยสีดำด้าน ทำให้มีค่าการดูดรังสีสูงที่ความยาว คลื่นของรังสีต่ำ แต่ให้การส่งออก (emissivity) ต่ำที่ความยาวคลื่นรังสีสูง และเพื่อเป็นการป้องกัน การสูญเสียพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนกระจายภายในจึงต้องมีแผ่นกั้นด้านบน (top cover) เป็นแผ่นพลาสติกใส (ธีระชัย และคณะ, 2532)

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับที่จุดเข้า ออกของเครื่องอบแห้ง ความแตกต่างของความหนาแน่นของอากาศภายนอกและภายในเครื่องอบแห้ง การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบ

ที่ 2 คือ แบบการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับ ซึ่งโดยทั่วไปใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความแตกต่างของ ความดันรวมระหว่างทางเข้า และทางออกของเครื่องอบแห้ง

การอบแห้งแบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ เหมาะกับงานขนาดเล็กในไร่นา หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบนี้มีราคาถูก สร้างได้ง่าย ส่วนการอบแห้งแบบการไหลของอากาศเป็นแบบบังคับเหมาะกับงานทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ต้องลงทุนมากขึ้น (วินัส, 2542)

3. เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ

การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้ระบบไมโครเวฟร่วมกับระบบการทำแห้งภายใต้สุญญากาศ (สายสนม และคณะ, 2546) ใช้หลักการลดจุดเดือดของน้ำในผลิตภัณฑ์ลงโดยใช้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งสามารถทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อรักษาสี รูปทรง รส กลิ่น และสารอาหารให้ได้ใกล้เคียงกับของสด การให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟแตกต่างจากการให้ความร้อนโดยวิธีปกติ ที่ความร้อนจะเคลื่อนที่จากผิวด้านนอกเข้าสู่ ใจกลางของผลิตผลแล้วทำให้ไอน้ำระเหยออกมาผลผลิตจะค่อยๆ แห้ง จากผิวนอกเข้าไปสู่แกนกลาง ผิวซึ่งแห้งแล้วก็จะเป็นฉนวนความร้อน ทำให้การนำความร้อนลดลงจึงต้องใช้เวลาอบแห้งนานแล้วยังมีผลให้ผิวนอกแข็งและมีสีคล้ำ ส่วนวิธีการให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟนั้นทุกส่วนของผลิตผลที่นำมาอบแห้งจะได้รับพลังงานพร้อมกัน ทำให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ เคลื่อนที่จากภายในออกสู่ผิวนอก ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรูปทรงคล้ายรูปเดิม และการอบแห้งด้วยวิธี นี้จะใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่นมาก ทำให้ประหยัดพลังงานในการอบแห้ง และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสี ใกล้เคียงกับของเดิม เพราะได้รับความร้อนเป็นเวลาสั้นๆ เท่านั้น (วีระชัย, 2544) นอกจากนั้นการ อบแห้งโดยวิธีนี้ยังสามารถทำได้ตลอดเวลาไม่ว่าสภาวะอากาศจะเป็นอย่างไร ระบบการทำงานเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศแบบถังหมุน เป็นการอบแห้งที่สภาวะสุญญากาศ ซึ่งมีส่วนประกอบของเครื่องที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ถังอบไมโครเวฟ ถังอบไมโครเวฟ มีลักษณะเป็นห้องอบแห้งทรงกระบอก และมีท่อนำคลื่นไมโครเวฟต่ออยู่ด้านข้างของผนังถัง เพื่อนำคลื่นไมโครเวฟจากแหล่งกำเนิด (แมก'นีตรอน) มาสู่บริเวณภายในห้องอบที่มีถังหมุน ซึ่งเป็นส่วนที่ใส่วัตถุดิบที่ต้องการอบแห้ง โดย ได้มีการออกแบบให้มีใบกวาดเป็นครีบอยู่ภายใน ทำหน้าที่พาผลิตภัณฑ์ขึ้นไปแล้วปล่อยให้ตกลง มาอย่างอิสระ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานไมโครเวฟอย่างทั่วถึง และไอน้ำที่ระเหยออกมาจาก ผลิตภัณฑ์สามารถเคลื่อนที่ออกไปได้สะดวก ทำให้การอบแห้งใช้เวลาน้อย

2. เครื่องดักจับไอน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดปริมาตรของไอน้ำก่อนเข้าปมสุญญากาศ เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำเมื่อปริมาตรของน้ำที่กลายเป็นไอจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหลาย

เท่า ทำให้ปมสุญญากาศไม่สามารถที่จะดูดอากาศออกได้ทันกับปริมาตรไอน้ำที่ขยายตัวในถังอบ จึงทำให้ความสามารถในการดูดอากาศ ลดลงมา ส่งผลให้ความดันที่เป็นสุญญากาศลดลง นอกจากนั้นยังทำให้ไอน้ำเกิดการกลั่นตัวภายในถังอบและการอบแห้งไม่สามารถทำงานต่อได้ หรือทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งเปลี่ยนสภาพไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องดักจับไอน้ำ เพื่อให้ปมสุญญากาศทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาการอบแห้ง

3. ปั๊มสุญญากาศ เครื่องปมสุญญากาศเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ดูดอากาศทำให้เกิดสภาพสุญญากาศภายในถังอบ

อย่างไรก็ตาม การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศก็ยังมีข้อจำกัดอย่างหนึ่งคือ มีการใช้กระแสไฟฟ้าซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง หากมีการใช้ระบบที่ผสมผสานกันระหว่างการอบแห้งวิธีดั้งเดิมที่ใช้ระบบลมร้อน สำหรับใช้ในการกำจัดความชื้นที่ระเหยได้ง่ายออกไป ตามด้วยการอบแห้งด้วยระบบไมโครเวฟแบบสุญญากาศสำหรับกำจัดความชื้นที่ระเหยได้ยากออกไปในขั้นตอนสุดท้ายของการอบแห้ง อาจช่วยลดต้นทุนได้มากกว่าการอบแห้งโดยใช้ระบบไมโครเวฟแบบสุญญากาศเพียงอย่างเดียว ซึ่งผลิตภัณฑ์และต้นทุนของแหล่งพลังงาน ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณา เนื่องจากมีผลต่อการเลือกกระบวนการในการทำแห้ง และต้องมีการพิจารณาถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ซึ่งต้องมีคุณภาพสูงและเป็นที่ต้องการในท้องตลาด

น้ำในอาหาร

น้ำเป็นสารประกอบที่มีอยู่ในอาหารธรรมชาติทั่วไป คือมีอยู่ระหว่างร้อยละ 70-95 น้ำที่มีอยู่ในอาหารมักเรียกว่า "ความชื้น" น้ำเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารทุกชนิดโดยอยู่ในรูปอิสระ (free water) และเกาะเกี่ยวกับสารอื่น (bound water) น้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างอาหาร อาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้าง ด้วยแรงที่ไม่แข็งแรงมากนัก มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติ สามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์สามารถนำน้ำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้ แต่น้ำส่วนนี้ก็ยังมีคุณสมบัติไม่เหมือนกับน้ำอิสระในธรรมชาติอย่างแท้จริง จึงนิยมเรียกน้ำอิสระนี้ว่า "แอกทีฟวอเตอร์" (active water) ซึ่งหมายถึงน้ำที่ยังคงรักษาคุณสมบัติของน้ำอิสระไว้ได้ (ณรงค์, 2538) ส่วนน้ำที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่นเป็นน้ำที่เกาะติดกับอาหารด้วยพันธะที่แข็งแรงมาก อาจเป็นพันธะโควาเลนต์หรือพันธะอื่นๆ ไม่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย ไม่มี ส่วนในปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Duckworth, 1972)

ในอาหารมีองค์ประกอบที่ละลายน้ำ หรือเกิดคอลลอยด์กับน้ำได้หลายชนิด องค์ประกอบเหล่านี้จะสร้างพันธะกับน้ำ น้ำซึ่งอยู่ในสถานะเกาะเกี่ยวกับพันธะอื่น ส่วนที่เหลือเป็นน้ำอิสระ น้ำ

อาจถูกดูดซับด้วยสารคอลลอย์ และอยู่ในสภาพของเจลที่พองตัวเนื่องจากคุณสมบัติการมีขั้วของน้ำ น้ำชนิดนี้เรียกว่า น้ำของไฮเดชัน นอกจากนั้นน้ำอาจจับตัวกับเกลือบางชนิดซึ่งสามารถไล่ออกไปได้ด้วยวิธีการแปรรูปธรรมดา ถ้าองค์ประกอบของอาหารหรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อน้ำอิสระโดยทางอ้อม จึงทำให้ปริมาณน้ำอิสระไม่คงที่ อาหารต่างชนิดกันซึ่งมีความชื้นเท่ากันจึงไม่ จำเป็นต้องมีน้ำอิสระเท่ากัน ถ้าอาหารมีน้ำอิสระมากจะเน่าเสียง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ การทราบปริมาณน้ำอิสระในอาหารจึงสำคัญมากในการคาดคะเนว่า อาหารจะเกิดการเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์หรือไม่ (ณรงค์, 2538)

การวัดปริมาณน้ำอิสระโดยตรงทำได้ยาก อย่างไรก็ตามน้ำอิสระมีความสัมพันธ์กับความดันไอตามกฎของเราท์ (Raoult's low) กล่าวคือ ความดันไอเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้ค่าความดันไอเป็นตัววัดความเป็นอิสระของน้ำ โดยที่ความเป็นอิสระของน้ำหรือวอเตอร์แอกติวิตี้จะมีค่าเท่ากับ อัตราส่วนน้ำอิสระต่อน้ำที่มีอยู่ทั้งหมดในอาหาร (วิไล, 2543)

ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกติวิตี้)

ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ หรือ วอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity : a_w) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ มีอยู่ในอาหาร เป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (bound water) และยังเป็นอิสระ (free water) อยู่ในอาหาร ถ้ามีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้นานไม่ได้ หรือเรียกว่า อายุการเก็บรักษา (shelf-life) สั้น การหาความชื้นในอาหาร หาได้จากการนำอาหารไปอบแล้วชั่ง หาน้ำหนักของของแข็งที่เหลือ ทำให้ทราบความชื้นหรือปริมาณน้ำที่หายไป แล้วคำนวณออกมา เป็นร้อยละของความชื้นหรือร้อยละของน้ำที่อยู่ในอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าความชื้นของอาหารน้อย กว่าร้อยละ 50 หรือในอาหารแห้งโดยทั่วไปควรหาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ หรือ a_w จะทำให้เห็น ความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหารได้ชัดเจนกว่า เพราะถ้าค่าความชื้น ในอาหารเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยก็จะเห็นความแตกต่างของค่า a_w ได้ทันที

งานวิจัยการอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ

Soysal (2004) ศึกษาการอบแห้ง parsley leaves โดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟที่มีกำลังไมโครเวฟในช่วง 390-900 วัตต์พบว่า ในการอบแห้งมีการสูญเสียความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ทำให้การดูดซับพลังงานไมโครเวฟลดลงเป็นผลให้อัตราเร็วในการอบแห้งลดลง การเพิ่มกำลังไมโครเวฟจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง จากการประเมินค่าสี พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์สดและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงค่าสีไม่ขึ้นกับกำลัง

ไมโครเวฟ และถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งโดยไมโครเวฟจะเกิดสีดำขึ้นเป็นบางแห่ง แต่ก็ยังสามารถรักษาสีเขียวใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สดไว้ได้ การอบแห้งโดยใช้กำลังไมเครเวฟ 900 วัตต์แทน 360 วัตต์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี เนื่องจากลดเวลาในการทำแห้งได้ถึง 64 เปอร์เซ็นต์

Ozkan และคณะ (2007) ศึกษาการอบแห้งผักโขม (spinach) โดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 90-1,000 วัตต์ จนกระทั่งเหลือปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ 0.1 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมน้ำหนักสารแห้งพบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งอยู่ระหว่าง 290 - 4,005 วินาที ขึ้นอยู่กับระดับกำลังไมโครเวฟ ค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่กำลังไมโครเวฟ 500 และ 800 วัตต์ จะให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองดีที่สุด และที่กำลังไมโครเวฟ 750 วัตต์ เป็นระดับกำลังไมโครเวฟที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งผักโขม เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งต่ำ ประหยัดพลังงาน และคงปริมาณกรดแอสคอร์บิกและค่าสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้มากที่สุด

Rao และคณะ (1998) ศึกษาผลของการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศต่อการคืนรูป (rehydration) สี ความหนาแน่น คุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสของแครอทแผ่นเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน และเครื่อง freeze-dry พบว่า แครอทแผ่นที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศมีการคืนรูป ปริมาณ แอลฟา-แคโรทีน (a-carotene) และวิตามินซีสูงกว่า แต่มีความหนาแน่นต่ำกว่า และมีลักษณะเนื้อ สัมผัสที่นุ่มกว่าแครอทแผ่นที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน ให้สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ที่เท่ากับหรือดีกว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่อง freeze-dry