บทที่ 2

ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส้มแขก

ส้มแขก (garcinia) (som-khaek) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Clusiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia atroviridis* และมีชื่อพื้นเมืองอีกหลายชื่อ เช่น ชะมวงช้าง มะขามแขก ส้มมะวน ส้มมะอ้น ส้มควาย (ตรัง) ส้มพะงุน (ปัตตานี) อาแซกะลูโก (มลายู-ยะลา) ลักษณะของลำต้นเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงประมาณ 5-7 เมตร ส้มแขกเป็นพืชสกุลเดียวกับ มังคุด (*G. mangostana*) ชะมวง (*G. cowa*) ชะมวงน้ำหรือมะพูดป่า (G.mervosa) มะพูด (G.vilersiana) และ มะดัน (*G. schomburgkiana*) (สำนักงานเกษตรจังหวัดยะลา, 2553)

ผลส้มแขกเป็นผลเดี่ยว ผลแก่มีสีเขียว ผลสุกมีสีเหลือง (รูปที่ 1) ผลส้มแขกใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางอาหาร ผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ ยาสมุนไพรและสารสกัด ในการใช้เป็นอาหาร ผลส้มแขกใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงอาหารเพื่อเพิ่มรสเปรี้ยว ส้มแขกได้รับความสนใจมากขึ้นเมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่าส้มแขกสามารถยับยั้งการสะสมของไขมันส่วนเกินในร่างกาย ลดความอยากอาหารได้เนื่องจากกลไกการออกฤทธิ์ของ กรดไฮดรอกซีซิตริก (Hydroxy citric acid, HCA) จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ATP citrate lyase ใน Kreb's cycle ซึ่งเป็นการย่อยสลายกลูโคสของเซลล์ร่างกาย จากอาหารประเภทน้ำตาลไม่ให้เปลี่ยนไปเป็นไขมันแต่จะนำไปใช้เป็นพลังงานของร่างกายแทน จึงมีการนำเอาส้มแขกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อควบคุมน้ำหนัก นอกจากนี้สารสกัดจากผลส้มแขกยังมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญ เติบโตของแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* (ปิยุกฤษณ์ และคณะ, 2554; Mackeen *et. al.*, 2000) *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas aeruginoa* (Mackeen *et. al.*, 2000)

ภาพที่ 2-1 ผลส้มแขกระยะความสุกต่างๆ

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.2 การแปรรูปอาหารโดยการทำแห้ง

การทำแห้ง (drying หรือ dehydration) เป็นการลดความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารลง จนทำให้อาหารสามารถเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้องได้

กระบวนการทำแห้งอาหารประกอบด้วย 3 ขั้นตอนซึ่งทุกขั้นตอนมีความสัมพันธ์กันและมีผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ขั้นตอนดังกล่าวประกอบด้วย การเตรียมอาหารก่อนทำแห้ง (pre-treatment) การทำแห้ง (drying) และการปฏิบัติหลังทำแห้ง (post-drying treatment) (Lewicki, 2006; Barta, 2006) ทั้งนี้การการออกแบบกระบวนการทำแห้งอาหาร มีสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 2 ประการคือ คุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์และวิธีการนำผลิตภัณฑ์นั้นไปบริโภค เช่น เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการดูดคืนน้ำ (rehydration) ก่อนการบริโภค (Lewicki, 2006)

2.2.1 การเตรียมขั้นต้นก่อนทำแห้ง

กระบวนการเตรียมขั้นต้น (pre-treatment) ก่อนทำแห้งเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง มีเป้าหมายหลักคือเพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการทำแห้ง เช่น ช่วยให้กระบวนการทำแห้งเร็วขึ้นและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น รักษาสี กลิ่น รส รักษาคุณค่าทางโภชนาการ การเตรียมผลไม้ก่อนทำแห้ง สามารถทำได้หลายวิธีทั้งวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมี ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการเตรียมผลไม้ก่อนทำแห้ง สมบัติของผลไม้ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งที่ต้องการ วิธีการที่ใช้ในกระบวนการเตรียมผลไม้ก่อนทำแห้งที่ใช้กับผลไม้ที่เป็นชิ้น ได้แก่ การลวก (blanching) การแช่เยือกแข็ง การให้ความดันสูงกับอาหาร การรมควันหรือแช่สารประกอบกำมะถัน (sulfiting) การแช่ในสารละลายต่างๆ เช่น กรดซิตริก กรดแอสคอบิก สารละลายด่าง และสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายเกลือแกง (sodium chloride) สารละลายน้ำตาล ฯลฯ

2.2.1.1 การลวก

การลวกผักผลไม้โดยการใช้น้ำร้อน หรือ ไอน้ำร้อน ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดแล้วตามด้วยการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิห้อง มีผลต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ในผักและผลไม้ รวมทั้งช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่บนผิวของอาหาร และทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารอ่อนตัวลง ปัจจัยต้องที่มีผลต่อการกำหนดระยะเวลาในการลวก คือ ชนิดของผักผลไม้ ขนาดของชิ้นอาหาร อุณหภูมิการลวก และวิธีการให้ความร้อน (Fellows, 2000)

โดยทั่วไปอุณหภูมิการทำแห้งผักผลไม้ ไม่เพียงพอต่อการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ การลวกผักผลไม้ก่อนการทำแห้ง ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นรส ของอาหารระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา ทำให้อาหารบางชนิดมีสีสดใสขึ้น เอนไซม์ที่ทนต่อความร้อน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ที่พบในผักผลไม้ส่วนใหญ่คือ คะตะเลส (catalase) และเปอร์ออกซิเดส (peroxidase) ทั้งนี้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดสทนต่อความร้อนได้มากกว่าเอนไซม์คะตะเลส ดังนั้นหากตรวจไม่พบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสหลังการลวกอาหาร จึงอุปมาได้ว่าเอนไซม์อื่นๆ ที่ทนความร้อนได้น้อยกว่าถูกทำลายไปแล้วด้วย (Fellows, 2000)

มีรายงานว่าการลวกใบเผือก (dasheen leaf) ในน้ำร้อนก่อนทำแห้งช่วยรักษาสีเขียวของผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งได้ดีกว่าการลวกด้วยไอน้ำ (steam blanch) และดีกว่าการไม่ลวก (Maharaj and Somkat, 1996) สำหรับการลวกเนื้อผลมังคุดก่อนการแช่อิ่ม สภาวะที่เหมาะสมในการยับยั้งการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสคือที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (วรรณารัตน์ และคณะ, 2554) การเติมโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 0.125 (โดยน้ำหนัก) หรือแคลเซียมออกไซด์ ลงในน้ำที่ใช้ในการลวกช่วยป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์ทำให้ผักยังคงความเขียวไว้ การแช่ชิ้นแอปเปิลและมันฝรั่งอาหารในน้ำเกลือเจือจางร้อยละ 2 (โดยน้ำหนัก) ก่อนการลวกช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ได้ ในผักผลไม้บางชนิด เช่น มันฝรั่งบางสายพันธุ์และอาหารที่มีชิ้นใหญ่ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ให้พอเพียงต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์อาจมีผลให้เนื้อสัมผัสของอาหารสูญเสีย การเติมแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ร้อยละ 1-2 ในน้ำที่ใช้ลวกทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ที่ไม่ละลายจะช่วยรักษาความคงตัวของเนื้อเยื่อผักผลไม้ไว้ได้ (Fellows, 2000)

2.2.1.2 สารประกอบซัลไฟต์

สารประกอบซัลไฟต์ (sulfite) ที่ใช้กันมากในการเตรียมผลไม้ก่อนการอบแห้งได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulphur dioxide, SO_2) และเกลือซัลไฟต์ เช่น โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (potassium metabisulphite, KMS) โพแทสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulphite) โซเดียมไบซัลไฟต์ (sodium bisulphite) โซเดียมซัลไฟต์ เป็นต้น สารประกอบเกลือซัลไฟต์ เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ง่ายต่อการใช้งาน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเกลือซัลไฟต์ เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูรัส (H_2SO_3) และไอออนของไบซัลไฟต์และซัลไฟต์ ซึ่งกรดซัลฟูรัสมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทั้งยีสต์ รา และแบคทีเรียได้ โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium* sp. และ *Botryodiplodia* sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ (จิราภรณ์และธีรพร, 2550)

นอกจากการยับยั้งจุลินทรีย์ สารประกอบซัลไฟต์ยังมีประโยชน์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้ คือ

1) ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากเอนไซม์ (enzymatic browning) เช่น การออกซิไดซ์ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส และไลปอกซีจีเนส (lipoxygenase) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรส

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผิดปกติในอาหาร (Emerton, 2003) ทั้งนี้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความเป็นพิษต่อเอนไซม์ทั่วไปที่ทำให้เกิดออกซิเดชั่นและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันที่เป็นตัวรับออกซิเจน (oxygen acceptor) เช่นเดียวกับกรดแอสคอบิก (Paul, 2007) จึงป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผักผลไม้หลังการปอกหรือหั่นชิ้นได้

2) ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ (non enzymatic browning) โดยซัลไฟต์ไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล ของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลช้าลง เป็นผลให้สามารถยับยั้งสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้

สารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารรีดิวซิงเอเจนท์จึงยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Negi and Roy, 2000) การแช่พริกแดง (bell red pepper) ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (โดยน้ำหนัก) นาน 10 นาที ก่อนการทำแห้ง ช่วยปรับปรุงคุณภาพของพริกแห้งหลังการแปรรูปโดย รักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิก ความคงตัว (firmness) สี และโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ของพริกแห้งได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่แช่สารละลาย (Vega-Galvez *et al.*, 2008) แต่การแช่เห็ด (cap mushroom, *Agaricus bisporus*) ในสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 1, 2 หรือ 4 กรัม/ลิตร เป็นเวลา 10 นาที ก่อนการหั่นเป็นชิ้นไม่ทำให้สีของเห็ดแตกต่างจากเห็ดที่แช่ในน้ำเปล่าอย่างไรก็ตามสารละลายโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นตั้งแต่ 2 กรัม/ลิตร ขึ้นไป สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomomas* สายพันธุ์ที่แยกจากเห็ดได้ (Brennan *et al.*, 1999) ในการแปรรูปลำไยอบแห้ง นิรมลและคณะ (2543) แนะนำให้ใช้ โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 แช่เนื้อลำไยสดนาน 10 นาที ก่อนการอบแห้งในตู้อบลมร้อน Karabulut และคณะ 2007 รายงานว่าการรมควันซัลเฟอร์กับผลแอปปริคอต (*Prunus armenica* L.) ก่อนทำแห้งช่วยลดเวลาการทำแห้งและผลิตภัณฑ์แห้งมีสีน้ำตาลน้อยกว่าชุดทดลองที่ไม่ได้ผ่านซัลเฟอร์ก่อนทำแห้ง ทั้งการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การใช้สารประกอบซัลไฟต์กับอาหารต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 281 เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร กำหนดการใช้โพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อทำหน้าที่กันเสียและกันการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้แห้ง ปริมาณสูงสุดที่ให้ใช้ได้คือ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กองควบคุมอาหาร, 2547) ทั้งนี้ร่างกายมนุษย์สามารถเมตาบอไลซ์ (metabolite) และกำจัดพิษ (detoxify) ซัลไฟต์ได้เมื่อผ่านการย่อย (Emerton, 2003) ทั้งนี้องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าการบริโภคในแต่ละวันที่ได้รับ (Acceptable Daily Intake : ADI) ของซัลไฟต์ คิดเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักคน อย่างไรก็ตามอาจมีผู้บริโภคบางคนมีอาการแพ้จากการบริโภคอาหารที่มีสารประกอบซัลไฟต์ สำนักงานคณะกรรมการ

อาหารและยาสหรัฐอเมริกา จึงให้อาหารที่มีส่วนการใช้สารประกอบซัลเฟอร์ในส่วนประกอบ ต้องระบุการเตือนในฉลาก (Paul, 2007)

2.2.1.3 กรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid) เป็นกรดอินทรีย์ มีสูตรทางเคมีคือ $C_6H_8O_7$ เป็นวัตถุเจือปนอาหาร ที่ให้ใช้ได้ตามความเหมาะสมไม่กำหนดปริมาณสูงสุดในการใช้ (กองควบคุมอาหาร, 2547) การใช้กรดซิตริกในการเตรียมผลไม้ก่อนอบแห้งช่วยควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากกรดซิตริกทำให้ความเป็นกรดด่างของอาหารลดลง และสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยกรดซิตริกสามารถจับกับโลหะทองแดงที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ช้าลงจึงส่งผลให้ชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลไม้นั้น การเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ในผักผลไม้ส่วนใหญ่ถูกกระตุ้นจากโพลิฟีนอลออกซิเดส ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์นี้ขึ้นกับความเป็นกรดด่าง การปรับค่าความเป็นกรดด่างของผักผลไม้ให้ต่ำกว่า 3 จะมีผลในการยับยั้งเอนไซม์โพลิ-ฟีนอลออกซิเดสและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ (Paul, 2007)

กิตตินันท์ (2549) รายงานว่าการแช่มะเดื่อฝรั่ง (*Ficus carica*) ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และร้อยละ 6 เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการอบแห้ง ทำให้ปริมาณของกิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดส ในผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่แช่ในน้ำกลั่นและที่ไม่แช่สารละลาย ซึ่งสอดคล้องกับการผลการวัดค่าสีคือการแช่ตัวอย่างในสารละลายกรดซิตริกก่อนอบแห้งสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ได้ Hiranvarachat และคณะ (2011) ศึกษาการใช้สารละลายกรดซิตริกในการเตรียมแครอทก่อนอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด พบว่าแครอทที่แช่และลวกในสารละลายกรดซิตริกก่อนอบแห้งมีสีแดงกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดซิตริก และแม้ว่าตัวอย่างที่ผ่านการใช้กรดซิตริกก่อนอบแห้งจะเหี่ยวย่นมากกว่า แต่ความสามารถในการดูดคืนน้ำของแครอทที่ผ่านการใช้กรดซิตริกสูงกว่าที่ไม่ใช้กรดซิตริกก่อนอบแห้ง

2.2.1.4 สารละลายเกลือแกง

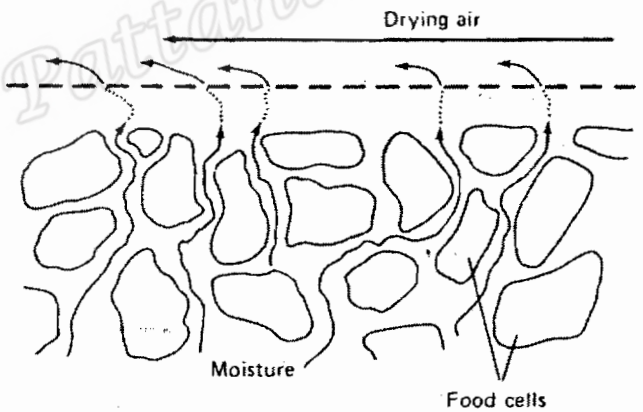
สารละลายเกลือแกง (sodium chloride) เป็นสารละลายออสโมติก ที่ใช้แช่ผักผลไม้ก่อนการทำแห้ง การแช่ผักผลไม้ในสารละลายเกลือแกงช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพราะทำให้ก๊าซออกซิเจนละลายในน้ำลดลง มีรายงานว่าการแช่หอมหัวใหญ่ในสารละลายเกลือแกงก่อนการทำแห้งช่วยรักษาสีของอาหารระหว่างการทำแห้ง (Baroni and Hubinger, 1998) และช่วยลดเวลาการทำแห้งได้ด้วย ทั้งนี้ นักสิทธิ์ (2546) รายงานว่า การออสโมติกหอมหัวใหญ่ด้วยสารละลายเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 5 แช่เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ความชื้นเริ่มต้นของหอมหัวใหญ่ลดลงร้อยละ 26 การออสโมติกนอกจากช่วยลดเวลาในการทำแห้งหอมหัวใหญ่แล้ว ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์หอมหัวใหญ่แห้งมีคุณภาพการดูดคืนน้ำ ค่าสีและปริมาณกรดไพรูวิก (pyruvic acid) ดีกว่าหอมหัวใหญ่ที่ไม่ผ่านการออสโมติกก่อนทำแห้ง อย่างไรก็ตาม Rittirut และ Siripatana (2006)

รายงานว่า การแช่ชิ้นส้มแขกในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1.5 และร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก) ไม่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลายต่ำเกินไป

2.2.2 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

การทำแห้งเพื่อลดความชื้นออกจากผลไม้ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้งโดยใช้ลมร้อน ลูกกลิ้งร้อน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไอน้ำร้อนแบบยิ่งยวด การระเหิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

การทำแห้งอาหารด้วยลมร้อนเป็นการใช้ความร้อนในสภาวะควบคุม เพื่อกำจัดน้ำที่อยู่ในอาหารออกโดยการระเหย ซึ่งมีเป้าหมายหลักเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้จนถึงระดับที่จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ในอาหารไม่สามารถเกิดกิจกรรมได้ ทำให้อาหารมีการเสื่อมเสียช้าลง โดยกลไกการทำแห้งคือ เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าอาหารซึ่งมีความชื้นสูง ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ (ภาพที่ 2-2) (Fellows, 2000) ทั้งนี้สภาวะในการทำแห้งอาหารด้วยลมร้อน มีผลต่อสมบัติของอาหาร ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำและทำให้การแพร่ของน้ำในอาหารดีขึ้นด้วย



ภาพที่ 2-2 การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน
ที่มา: Fellows (2000)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตามทฤษฎีการทำแห้งอาหารด้วยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่สภาวะอุณหภูมิและทิศทางการไหลของอากาศผ่านผิวหน้าอาหารคงที่ เมื่อนำข้อมูลปริมาณความชื้นของอาหารและเวลาในการทำแห้ง มาเขียนกราฟการทำแห้ง (drying curve) จะแสดงกระบวนการทำแห้งแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ

1) ช่วงเริ่มต้นการทำแห้ง (setting down period) หรือช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (initial adjustment period) (ช่วง AB ภาพที่ 2-3) เป็นช่วงเวลาสั้นๆ เมื่อเริ่มนำอาหารมาใส่ในเครื่องทำแห้ง อาหารปรับตัวให้มีอุณหภูมิเท่ากับลมร้อน ทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศในการทำแห้ง อัตราการแห้งจะต่ำและจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

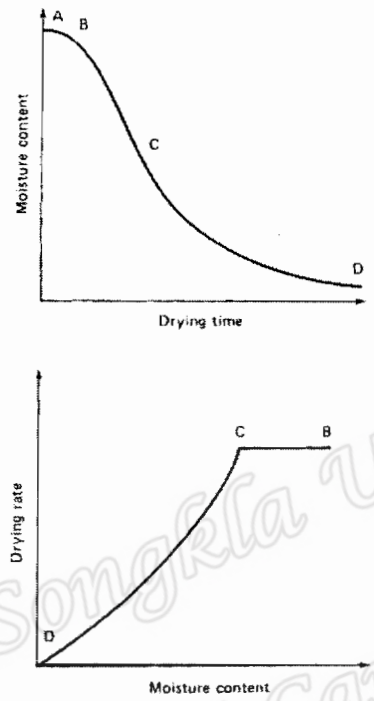
2) ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ (constant rate period) (ช่วง BC ภาพที่ 2-3) เป็นช่วงที่ความชื้นที่ผิวหน้าอาหารอยู่ในสภาวะอิ่มตัว อุณหภูมิผิวหน้าอาหารมีค่าคงที่และใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ปริมาณความร้อนที่อาหารได้รับเท่ากับที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากอาหาร น้ำจากด้านในของอาหารจะเคลื่อนที่ออกมาด้วยอัตราเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกจากผิวหน้า ผิวหน้าอาหารจึงยังเปียกอยู่ ความชื้นในอาหารจะลดลงอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content) คือความชื้นสุดท้ายของอาหารก่อนการเปลี่ยนแปลงอัตราการทำแห้งไปสู่ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (จุด C ภาพที่ 2-3)

ในทางปฏิบัติผิวหน้าของอาหารจะค่อยๆ แห้งด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันและอัตราการทำให้แห้งโดยรวมจะค่อยๆ ลดลงในช่วงของอัตราเร็วคงที่ จุดความชื้นวิกฤตของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องทำแห้งและอัตราการทำแห้ง ลักษณะที่สำคัญของอากาศแห้งที่ใช้ในการทำแห้งในช่วงอัตราเร็วคงที่ ได้แก่ ต้องมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ฟิล์มอากาศที่อยู่รอบอาหารจะกีดขวางการถ่ายเทความร้อนและไอน้ำระหว่างการทำแห้ง ความเร็วของอากาศหรือลมจะเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม ถ้าความเร็วลมต่ำเกินไป ไอน้ำจะเคลื่อนที่จากผิวหน้าของอาหารและยังคงอยู่รอบๆ อาหาร ทำให้มีความแตกต่างกันระหว่างความดันไอและอัตราการทำแห้งไม่สูงนัก ถ้าอุณหภูมิของอากาศแห้งต่ำหรือมีความชื้นสูงจะทำให้การระเหยและการทำแห้งลดลง

3) ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate period) (ช่วง CD ภาพที่ 2-3) เมื่อความชื้นที่อยู่ในอาหารเหลือน้อยและเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าอาหารช้าลง ในขณะที่อากาศยังคงถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารในปริมาณคงที่ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าอาหารสูงขึ้น รูพรุนบนผิวหน้าอาหารเริ่มแห้งตีบลง ทำให้ความชื้นที่เหลือในอาหารเคลื่อนที่ออกมาได้ยากขึ้น ประกอบกับตัวถูกละลายในอาหารที่ความชื้นขึ้นมาที่ผิวหน้าอุดรูอาหาร ทำให้เกิดเปลือกแข็ง อัตราการทำแห้งจะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) คือความชื้นในอาหารสมดุลกับความชื้นของอากาศแห้ง ซึ่งจะไม่สามารถลดความชื้นในอาหารต่อไปได้ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ใช้เป็น

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวกลางในการอบแห้งขณะนั้น ในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวหน้าจะต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำไปยังอากาศโดยรอบ ผิวหน้าอาหารจึงแห้ง



ภาพที่ 2-3 กราฟการทำแห้งด้วยลมร้อน
ที่มา: Fellows (2000)

การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง ที่มีลักษณะเป็นชิ้น โดยเฉพาะการผลิตระดับครัวเรือน อุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง และโรงงานต้นแบบ เพราะราคาเครื่องมือและค่าบำรุงรักษาเครื่องต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่น แต่ควบคุมดูแลยากและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งอาหารด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ประกอบด้วยหลายปัจจัย ได้แก่ ส่วนประกอบธรรมชาติของอาหาร ขนาดและรูปร่างของอาหาร ตำแหน่งของอาหารในตู้อบ ปริมาณอาหารต่อถาด ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบ อุณหภูมิของอากาศร้อน และความเร็วลม

Vega-Galvez และคณะ (2008) และ Vega-Galvez และคณะ (2009) รายงานว่าอุณหภูมิการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพผลิตภัณฑ์พริกแดง (red pepper) โดยการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 50 ถึง 80 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้นทำให้การสูญเสียสีของพริกมากขึ้น การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น เมื่อ

Prince of Songkla University Pattani Campus

อุณหภูมิการอบแห้งเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนการดูดคืนน้ำ (rehydration ratio) ของผลิตภัณฑ์ลดลง และความคงตัว (firmness) ของเนื้อเยื่อพริกแดงลดลงเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้พริกแห้งที่ผ่านการทำแห้งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) สูงสุด

สำนักงานเกษตรจังหวัดยะลา (2553) แนะนำว่าในการแปรรูปส้มแขกแห้งควรใช้อุณหภูมิทำแห้งไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส Rittirut และ Siripatana (2006) รายงานว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสและความเร็วลม 1.2 เมตร/วินาที เหมาะสมต่อการทำแห้งผลส้มแขกขนาดชิ้นหนา 2, 4 และ 6 มิลลิเมตร ซึ่งใช้เวลาในการทำแห้ง 199, 256 และ 427 นาที ตามลำดับ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 7)

2.2.3 การปฏิบัติหลังทำแห้ง

ผลไม้ที่ผ่านขั้นตอนในกระบวนการทำแห้งจนปริมาณความชื้นและค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้ลดลงถึงระดับต้องการแล้ว ผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งที่ได้ไม่ได้อยู่ในสภาวะสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ (thermodynamic equilibrium) ดังนั้นอาหารจึงยังคงมีการเปลี่ยนแปลงให้สมดุลกับสิ่งแวดล้อมได้หลังการทำแห้ง

การปฏิบัติหลังขั้นตอนการทำแห้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติของอาหารแห้ง ป้องกันการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เพื่อให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาได้ตามความคาดหวัง และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ การปฏิบัติหลังขั้นตอนการทำแห้งผลไม้ ได้แก่ การร่อนเพื่อคัดแยกขนาด การกระจายความชื้นให้สม่ำเสมอ การเคลือบ การอัดเป็นก้อน การรีดเป็นแผ่น และการบรรจุในภาชนะและเก็บรักษา

2.2.4 ผลของการทำแห้งผลไม้ด้วยลมร้อน

กระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อน นอกจากทำให้ผลไม้มีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นตามวัตถุประสงค์หลักแล้ว ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้สด การเปลี่ยนแปลงหลักที่เกิดขึ้นกับผลไม้ที่ทำแห้งด้วยลมร้อนได้แก่

2.2.4.1 เนื้อสัมผัส ผลไม้ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อน จะมีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น และเหี่ยวย่น ทั้งนี้วิธีการเตรียมขั้นต้นก่อนทำแห้ง อุณหภูมิและอัตราการทำแห้ง ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแห้ง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแห้งจะส่งผลต่อความยากง่ายในการดูดคืนน้ำและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหาร

Prince of Songkla University Pattani Campus

โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่ออาหารมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวอาหารในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการทำแห้ง กลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะ สำหรับตัวละลายแต่ละชนิดและขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้ผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้อาหารเกิดลักษณะ ผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งลดอัตราการทำแห้งและทำให้อาหารที่มีผิวหน้าแห้งแต่ภายในมีความชื้นสูง การควบคุมสภาวะการทำแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านในและที่ผิวอาหารช่วยการเกิดลักษณะผิวหน้าแห้งแข็งดังกล่าวได้ (วิไล, 2545; Fellows, 2000)

Kotwaliwale และคณะ (2007) ศึกษาการทำแห้งเห็ด (paddy straw mushroom, *Pleurotus* sp.) ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า ระหว่างการทำแห้ง ค่าความแข็ง (hardness) และการทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ของเห็ดเพิ่มขึ้น ขณะที่การทนต่อการเคี้ยว และความยืดหยุ่น (springiness) เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในระยะสุดท้ายของการทำแห้ง การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่าทำให้เห็ดมีค่าความแข็ง มากกว่าแต่ค่าการเกาะรวมกันภายในชิ้นอาหาร (cohesiveness) ลดลงเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเพิ่มขึ้น

2.2.4.2 สี ผลไม้ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนมักมีสีคล้ำ มีสีน้ำตาลมากขึ้น ทั้งนี้มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้จากการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนมากกว่า (วิไล, 2545; Fellows, 2000)

2.2.4.3 กลิ่นรส ความร้อนในการทำแห้งผลไม้นอกจากทำให้น้ำในผลไม้ระเหยออกไปยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียที่ช่วงแรกของการทำแห้งมากกว่าช่วงหลัง การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดการสูญเสียสารหอมระเหยได้ (วิไล, 2545; Fellows, 2000)

2.2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการ คุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญของผลไม้คือ วิตามินและเกลือแร่ ในกระบวนการทำแห้งผลไม้ จะเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการในขั้นตอนการเตรียมมากกว่าในขั้นตอนการทำแห้ง ในขั้นตอนการล้าง การหั่น การลวก การแช่สารละลาย จะสูญเสียวิตามินที่ละลายน้ำได้ เช่น วิตามินบี วิตามินซี โดยเฉพาะวิตามินซีจะสูญเสียได้ง่ายเพราะไวต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน สำหรับวิตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ อี ดี และ เค จะคงอยู่ในส่วนของอาหารแห้ง การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เวลาสั้น และป้องกันการออกซิเดชันของอาหารช่วยลดการสูญเสียวิตามินในผลไม้แห้งได้

Prince of Songkla University Pattani Campus

ดังนั้นเป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งของการปรับปรุงเทคโนโลยีการทำแห้งคือ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการทำแห้ง และเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้ง

2.3 สมบัติของผลไม้แห้ง

สมบัติที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการทำแห้งและคุณภาพของอาหารแห้ง ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ สมบัติทางจุลินทรีย์ ลักษณะทางประสาทสัมผัส อัตราส่วนการดูดคืนน้ำ (rehydration ratio) อัตราการทำแห้ง ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดอาหาร วัตถุประสงค์การใช้งานและสภาวะการเก็บรักษา กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช. 136/2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547) ดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง (มผช. 136/2546) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนส้มแขกแห้ง (มผช. 476/2547)

คุณลักษณะ	มผช. 136/2546[1]	มผช. 476/2547[2]
ปริมาณความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 18.0 โดยน้ำหนัก	ไม่เกินร้อยละ 7.0 โดยน้ำหนัก
วอเตอร์แอคติวิตี้	ไม่เกิน 0.75	ไม่กำหนด
จำนวนจุลินทรีย์		
ทั้งหมด	ไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
เอสเชอริเชีย คลอไร	ไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ไม่กำหนด
ยีสต์และรา	ไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม	ไม่เกิน 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

[1] ที่มา สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546

[2] ที่มา สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547

ปริมาณความชื้นของอาหารแห้งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์นั้น Bobić และคณะ (2002) ให้ความเห็นว่า อาหารแห้งควรมีความชื้นมากที่สุดที่สภาวะการเก็บรักษาจะให้มีได้ ผลิตภัณฑ์ผักแห้งที่ใช้ผสมในอาหารพร้อมปรุง (instant food) ควรใช้เวลาน้อยการดูดคืนน้ำและยังคงคุณลักษณะเหมือนสด ทั้งขนาด สี รสชาติ และกลิ่น การดูดคืนน้ำของอาหารแห้งและการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบอื่นๆ ในอาหารทำให้เกิดการบวม (swelling) และชิ้นอาหารขยายตัวในการดูดคืนน้ำ (Lewicki, *et al.*, 1997)

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำหรับค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้แสดงถึงปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์ เอนไซม์และปฏิกิริยาทางเคมีนำไปใช้ได้ อาหารสดมีค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้สูง จึงเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่าย ค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้ต่ำสุดต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย คือ 0.90-0.91 สำหรับยีสต์และเชื้อราส่วนใหญ่ต้องการค่าวอร์เตอร์แอคติวิตี้ต่ำสุดต่อการเจริญเติบโต เท่ากับ 0.87-0.94 และ 0.70-0.80 ตามลำดับ (Fellows, 2000) ส่วนค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เอสเชอริเชีย คลอไร ยีสต์และรา แสดงถึงสุขลักษณะในการผลิตและเก็บรักษา ซึ่งส่งผลถึงความปลอดภัยในการบริโภค

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชมณี และพรนภา (2553) รายงานว่าการเตรียมขั้นต้นก่อนอบแห้งกล้วยน้ำว้า โดยการลวกในน้ำเดือด การแช่ในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลทรายความเข้มข้นร้อยละ 40 (โดยน้ำหนัก) และเกลือความเข้มข้นร้อยละ 5 (โดยน้ำหนัก) มีผลให้การใช้เวลาอบแห้งกล้วยน้ำว้าน้อยกว่าการไม่เตรียมขั้นต้น

Vega-Gálvez และคณะ (2009) ศึกษาการทำแห้งพริกแดง (*Capsicum annunum* L.) ที่หั่นเป็นชิ้นหนา 4±0.2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องทำแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.0±0.1 เมตร/วินาที ทดสอบสัดส่วนการดูดคืนน้ำที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิการทำแห้งมีผลต่ออัตราส่วนการดูดคืนน้ำของพริกแห้ง โดยพริกที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงมีอัตราส่วนการดูดคืนน้ำได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าซึ่งอาจเกิดจากโครงสร้างของเซลล์ถูกทำลายซึ่งเป็นผลมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติออสโมติกของเซลล์ทำให้น้ำแพร่ผ่านผิวได้น้อยระหว่างการดูดคืนน้ำ

Doymaz (2010) ศึกษาการแช่ชิ้นแอปเปิลแดง (Amasya red apple) ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 2 นาที และการลวกในน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า การแช่กรดซิตริกและการลวกก่อนทำแห้ง ทำให้เวลาการทำแห้งลดลงร้อยละ 30.7 และ 21.7 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ไม่แช่กรดซิตริกและไม่ลวก) นอกจากนี้ยังพบว่าแอปเปิลแห้งที่ผ่านการลวกก่อนทำแห้งมีอัตราส่วนการดูดคืนน้ำมากกว่าที่แช่กรดซิตริกและชุดควบคุมตามลำดับ

Doymaz (2008) ศึกษาการลวกต้นกระเทียมหั่นชิ้น (leek slices) ในน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ก่อนการทำแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50±1 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2.5 เมตร/วินาที พบว่าตัวอย่างที่ลวกก่อนการทำแห้งใช้เวลาการทำแห้งน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ลวกและการลวกก่อนทำแห้งช่วยปรับปรุงความสามารถในการดูดคืนน้ำ (rehydration capacity)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกระเทียมแห้งมีการดูดคืนน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิน้ำเพิ่มจาก 20 ถึง 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อผนังเซลล์และเนื้อเยื่อ

Kotwaliwale และคณะ (2007) รายงานว่าการทำแห้งเห็ดฟาง (paddy straw mushroom, *Pleuratus* spp.) ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด ช่วงอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส โดยเตรียมขั้นต้นก่อนทำแห้งด้วยการลวกในน้ำเดือด 2 นาที และแช่สารละลายซัลเฟอร์ พบว่าสีของเห็ดเปลี่ยนแปลงระหว่างการทำแห้งโดยสีขาว (whiteness) ของเห็ดลดลง ในขณะที่สีเหลือง (yellowness) เพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้น การแช่สารละลาย KMS ความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 15 นาที ก่อนการทำแห้ง ช่วยลดการเกิดสีคล้ำของเห็ดในระหว่างการทำแห้งได้ ในขณะที่การลวกทำให้ความคงตัวของสีขาวระหว่างการทำแห้งลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้นและทำให้มีความแข็งมากขึ้น อย่างไรก็ตามหลังการดูดคืนน้ำสีขาวของเห็ดที่ผ่านการลวกก่อนทำแห้งดีขึ้น และความแข็งลดลง

Doymaz (2004) ศึกษาการเตรียมขั้นต้นต่อผลแอปปริคอต (applicot) ด้วยสารละลายโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_5$, KMS) และอัลคาไลน์เอทิลโอลีเอท (alkaline ethyl oleate, EO) ก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 55 องศาเซลเซียส พบว่า การเตรียมขั้นต้นด้วยสารละลาย KMS ร่วมกับ EO ช่วยลดเวลาการทำแห้งแอปปริคอต โดยมีอัตราการทำแห้งสูงกว่าการไม่เตรียมขั้นต้นและการเตรียมขั้นต้นโดยใช้ KMS หรือ EO เพียงอย่างเดียว และการเพิ่มความเข้มข้นของสารสารลาย KMS จากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 8 ช่วยลดเวลาการทำแห้งแอปปริคอตได้ด้วย ทั้งนี้กระบวนการทำแห้งในสภาวะที่ศึกษาเกิดในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง สังเกตไม่พบช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

Prince of Songkla University Pattani Campus