บทที่ 2
สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ละมุด และการใช้ประโยชน์

ละมุดมีชื่อสามัญว่า Sapodilla มีชื่อทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Achrac sapota* Linn มีชื่อพ้องอีก 2 ชื่อ *คือ Sapota achras* Mill และ *Sapota Zapotilla* Coville ละมุดจัดเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีพุ่มหรือทรงต้นขนาดปานกลางสูงประมาณ 5-20 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบมีใบเขียวชอุ่มตลอดปี มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว ให้ดอก และผลตลอดทั้งปี (กวิศร์, 2538) ละมุดที่ปลูกในประเทศไทยสามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ละมุดพันธุ์ฝรั่ง และละมุดพันธุ์ไทย แต่พันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นละมุดพันธุ์ฝรั่งที่มาจากต่างประเทศ ได้แก่

1. ละมุดพันธุ์มะกอก เป็นละมุดที่ให้ผลค่อนข้างดก ผลทรงกลมรี มีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ไข่ห่าน มีเนื้อแน่น ละเอียด กรอบ ฉ่ำน้ำ รสหวาน กลิ่นหอม ถ้าสุกจดเนื้อจะเละ และไม่เป็นทรายละเอียด เป็นพันธุ์ที่ปลูก และดูแลรักษาง่าย ทนทานต่อน้ำท่วมขัง จึงเป็นพันธุ์ที่ดีหลายประการ ทำให้ชาวสวนนิยมปลูกกันมาก โดยเฉพาะปลูกเพื่อการค้า

2. ละมุดพันธุ์กระสวย ลักษณะผลยาว หัว และท้ายแหลม เปลือกบาง เนื้อแน่น รสหวานมีกลิ่นหอมจัดคล้ายพันธุ์มะกอก แต่ให้ผลไม่ดก

3. ละมุดพันธุ์ไข่ห่าน เป็นละมุดที่ผลมีขนาดใหญ่ ผลรูปทรงกลมยาวเล็กน้อย ผิวเรียบบาง เนื้ออ่อนนุ่มเป็นทรายหยาบ ไม่กรอบ เนื้อมีรสหวาน เนื้อมาก กลิ่นหอม แต่ให้ผลไม่ดก

4. ละมุดพันธุ์ต่างประเทศอื่นๆ เช่น พันธุ์เวียดนาม และพันธุ์มาเลเซีย ก็มีการปลูก และบริโภคด้วย แต่ไม่มากนัก (ธวัชชัย, 2542)

ส่วนละมุดพันธุ์ไทย หรือละมุดสีดา เป็นพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทยมานาน ทรงต้นสูง มีผลขนาดเล็ก รสหวาน สีแดงสะดุดตา ปัจจุบันไม่นิยมปลูก และรับประทาน (นพรัตน์, 2537)

ละมุดเป็นไม้ผลที่ทยอยให้ผลเป็นรุ่นตลอดปี แต่ช่วงที่มีผลผลิตมาก คือ ช่วงตั้งแต่ปลายตุลาคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์ (สว่าง, 2535) และให้ผลน้อยผลิตที่สุดในเดือนกรกฎาคม ละมุดจะเริ่มให้ผลตั้งแต่ปีที่ 3 และจะทยอยออกผลตลอดทั้งปี โดยเริ่มออกดอกติดผลหลังจากปลูกไปแล้วประมาณ 3-4 ปี หลังจากออกดอกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลได้ใช้เวลาประมาณ 7 เดือน ผลผลิตเฉลี่ย 50-100 กิโลกรัมต่อต้น หากดูแลเป็นอย่างดี ละมุดสามารถมีอายุยืนได้ถึง 70-80 ปี (นพรัตน์, 2537)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในฤดูกาลเพาะปลูกปี 2546 มีพื้นที่ปลูกละมุด 59,889 ไร่ มีปริมาณผลผลิต 63,735 ตัน แหล่งเพาะปลูกละมุดที่สำคัญของประเทศ คือ จังหวัดสุโขทัย และราชบุรี มีพื้นที่ปลูก 6,088 ไร่ และ 10,563 ไร่ (ตาราง 2.1) คิดเป็นร้อยละ 10.17 และ 17.64 ของพื้นที่ปลูกรวมทั้งประเทศ และมีผลผลิต 13,799 ตัน และ 10,520 ตัน คิดเป็นร้อยละ 21.65 และ 16.51 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ

ตาราง 2.1 พื้นที่ และผลผลิตของละมุดในจังหวัดที่มีผลผลิตสูงสุด 3 จังหวัดแรกของประเทศไทย ฤดูกาลเพาะปลูก ปี 2546

จังหวัด	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
1. สุโขทัย	6,088	2,267	13,799
2. ราชบุรี	10,563	966	10,520
3. นครราชสีมา	3,605	1,043	3,759

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2546)

แหล่งเพาะปลูกละมุดที่สำคัญของจังหวัดสุโขทัย คือ อำเภอสวรรคโลก ในฤดูกาลเพาะปลูกปี 2546/2547 มีพื้นที่ปลูก 4,517 ไร่ ให้ผลผลิต 8,635 ตัน จึงนับว่าเป็นแหล่งผลิตเชิงการค้าแหล่งใหญ่ อีกทั้งในงานประจำปีวัดหนองโว้ง ตำบลเมืองบางยม อำเภอสวรรคโลก มีการประกวดผลละมุด และกิจกรรมอื่นๆ เกี่ยวกับละมุด เช่น การประกวดธิดาละมุด เป็นต้น (สำนักงานเกษตรอำเภอสวรรคโลก, 2549) และเป็นหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon One Product : OTOP) ของตำบลคลองกระจง ท่าทอง และเมืองบางยมอีกด้วย (ไทยตำบลดอทคอม, 2549)

การเก็บเกี่ยวละมุดเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ เพราะละมุดอยู่สูงจึงมองเห็นยาก ต้องใช้ความชำนาญดูว่าผลมีผิวค่อนข้างแต่ง และใส สีผิวเปลือกค่อนข้างเหลือง มีไคลน้อยหรือไม่มีเลย แสดงว่าเก็บเกี่ยวได้แล้ว การเก็บหากใช้ตะกร้อหรือมือจะทำให้ผลละมุดไม่ช้ำ ในการเก็บละมุดจะมียางขาวไหลออกจากรอยตัด ควรรีบจุ่มน้ำ เพื่อล้างยาง เพราะจะได้ไม่มียางแห้งติดผลอยู่ เนื่องจากละมุดมีไคลทำให้สีผิวไม่สวย จึงต้องมีการล้าง เพื่อให้ไคลหลุดออกไปด้วยการใช้สวิง โดยเทละมุดในสวิงแล้วส่ายไปมาในน้ำ เมื่อล้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการย้อมสี เพื่อให้ผิวสวยขึ้น ถ้าใช้สีผสมอาหารจะสามารถรับประทานผลทั้งเปลือกได้ แต่บางครั้งมีปัญหาเกิดขึ้น เพราะชาวสวนบางรายใช้สีย้อมผ้าแทน เพื่อลดต้นทุนเรื่องสีผสมอาหาร และแรงงานในการย้อมสี (กวิศร์, 2538) ส่วนมากใช้สีย้อมผ้า (สีเหลืองส้ม) (สว่าง, 2535) ในการย้อมสีนั้น ชาวสวน และผู้ค้าส่งส่วนใหญ่เห็นว่าควรย้อมสีละมุด เพื่อให้ผลสวย และขายได้มากขึ้น แต่มีผู้บริโภคถึงร้อยละ 46 ไม่ทราบว่าละมุดที่ขายอยู่มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ย้อมสี จึงมีความเสี่ยงหากบริโภคผลละมุดที่ผ่านย้อมด้วยสีย้อมผ้า โดยไม่ปอกเปลือกก่อนรับประทาน (อภิตา, 2547) หลังจากย้อมสีแล้วจะนำละมุดไปบ่ม เนื่องจากละมุดเป็นผลไม้พวก climacteric fruit จึงต้องเก็บผลที่แก่เต็มที่ แล้วนำไปบ่ม ซึ่งมีวิธีการบ่ม เช่น ใส่โอ่งที่มีกระสอบปิดมิดชิด หรือใส่ลังไม้ที่มีใส่แคลเซียมคาร์ไบด์ (ถ่านแก๊ส) (กวิศร์, 2538) แต่มีอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจกับผู้ใช้งานได้ จึงอาจใช้ก๊าซเอทิลีนมาใช้แทน (อภิตา, 2547) ในด้านคุณค่าทางโภชนาการนั้น ผลละมุดมีแร่ธาตุหลายชนิด (ตาราง 2.2) มีวิตามินเอ และวิตามินซีสูง มีกรดมาลิกมากกว่ากรดชนิดอื่น มีใยอาหารช่วยในการขับถ่าย (นพรัตน์, 2537)

ตาราง 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของละมุด ในส่วนของเนื้อละมุด 100 กรัม (ไม่ระบุสายพันธุ์)

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
ส่วนที่กินได้ (ร้อยละ)	84.00
ความชื้น(ร้อยละ)	74.10
พลังงาน (แคลอรี)	96.00
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	24.10
เส้นใย (กรัม)	3.00
โปรตีน (กรัม)	0.50
ไขมัน (กรัม)	0.90
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	32.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	9.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.00
โซเดียม (มิลลิกรัม)	5
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	103.00
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.01
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	0.01
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	0.30
วิตามินเอ (I.U)	85

ที่มา : นพรัตน์ (2537)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนั้นละมุดยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ลำต้นมียางใช้ทำหมากฝรั่งหรือทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งในน้ำยางสีขาวจะมีสาร chicle ประมาณร้อยละ 25-30 ในประเทศแถบอเมริกากลางได้ผลิตสาร chicle เพื่อเป็นส่วนสำคัญในหมากฝรั่ง ยางจากต้นละมุดพันธุ์หนึ่งชื่อ *Manikara bidentata* มีคุณภาพคล้ายยางพารา ใช้ในอุตสาหกรรมรองเท้าบูต สายพานเครื่องจักร ส่วนเนื้อไม้ของละมุดมีความทนทานมากใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ได้ดี เมล็ดใช้เป็นยาลดไข้ ที่ใบมี alkaloid ที่เปลือกมี saponins และ alkaloid นอกจากนี้น้ำฝาด (tannin) ที่มีในเปลือกยังใช้ย้อมแห และอวน (นพรัตน์, 2537) โดยทั่วไปจะใช้ประโยชน์จากละมุดโดยการบริโภคสด ทั้งนี้ละมุดสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด ซึ่งอาจมีศักยภาพสำหรับการผลิตเพื่อการค้าได้ (Sin, 1999)

2.2 น้ำในอาหาร

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสารต่างๆ น้ำเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ และน้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวพาสารอาหาร และสารที่ต้องถูกขับทิ้ง ซึ่งอยู่ในของเหลวทั้งภายใน และภายนอกเซลล์ของพืช และสัตว์ (นิธิยา, 2545) ในอาหารมีน้ำอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นน้ำที่อาหารดูดยึดไว้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร เรียกน้ำในส่วนนี้ว่า bound water จุลินทรีย์จะนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างยาก และอีกส่วนเป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร เป็นน้ำที่มีอยู่รอบๆ อาหาร และยังเป็นอิสระ (free water) เรียกน้ำในส่วนนี้ว่า available water หรือ water activity ; a_w ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่จุลินทรีย์สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต ถ้าหากมีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้ไม่ได้นานหรือมีอายุการเก็บรักษาสั้น (ไพโรจน์, 2539)

การวัดปริมาณน้ำในอาหาร สามารถวัดได้ 2 รูปแบบ คือ วัดปริมาณความชื้น (moisture content) และวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity ; a_w)

1. ปริมาณความชื้น (moisture content)

หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร เป็นการรวมปริมาณน้ำทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ bound water และ free water ซึ่งสามารถวัดได้เป็น 2 แบบ คือ

1.1 ความชื้นฐานเปียก (wet basis) คือ ปริมาณความชื้นแบบคิดเทียบน้ำหนักเปียก

$\%MC_{wb} = [(w-d)/w] \times 100$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ทางการค้า โดยทั่วไปจะอ้างอิงในรูปร้อยละ

1.2 ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) คือ ปริมาณความชื้นแบบคิดเทียบน้ำหนักแห้ง

$\%MC_{db} = [(w-d)/d] \times 100$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ทางวิเคราะห์ในทฤษฎีของกระบวนการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ MC_{wb} คือ ความชื้นฐานเปียก (wet basis)

MC_{db} คือ ความชื้นฐานแห้ง (dry basis)

w คือ น้ำหนักน้ำรวมกับน้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง (น้ำหนักวัสดุหลังจากอบจนน้ำระเหยหมด), kg

2. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity ; a_w)

หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (p) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำในส่วนของ free water เท่านั้น

$a_w = p/p_0$

โดยที่ a_w = ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity)

p = ความดันไอของน้ำในอาหาร

p_0 = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน

โดยทั่วไปควรหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) จะทำให้เห็นความแตกต่างของปริมาณน้ำในอาหารได้ชัดเจนกว่า เพราะถ้าน้ำในอาหารเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย จะเห็นความแตกต่างของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ได้ทันที (ธีราพร, 2546) ดังนั้นวิธีการที่ใช้ในการถนอมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นวิธีการทำให้ข้น การอบแห้ง การเชื่อมโดยเติมน้ำตาล หรือการหมักดอง วิธีการทั้งหมดอาศัยหลักการลดลงของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งการทำให้ข้น หรือการอบแห้งเป็นการระเหยน้ำส่วนนี้ออกไป ส่วนการเติมน้ำตาลหรือเกลือ หรือส่วนผสมอื่นๆ ลงไปในโมเลกุลของน้ำเหล่านั้น (รุ่งนภา และไพศาล, 2545)

การจำแนกประเภทของอาหาร โดยใช้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) เป็นเครื่องวัด สามารถแบ่งอาหารได้ 3 ประเภท คือ

1. อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูง หรือ High Moisture Foods (HMF)

เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.85-1.00 เช่น อาหารสด เนื้อไก่ เนื้อปลา ผัก และผลไม้สด เป็นต้น

2. อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ปานกลาง หรือ Intermediate Moisture Foods (IMF)

เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.65-0.85 เช่น แยม นมข้นหวาน ลูกกวาด ผลไม้แห้ง เป็นต้น

3. อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ หรือ Low Moisture Foods (LMF)

เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วง 0.01-0.65 เช่น ขนมปังกรอบ นมผง ไข่ผง เป็นต้น (ไพโรจน์, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) มีบทบาทสำคัญมากต่อการแปรรูปอาหาร การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อบแห้ง ปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร และการเจริญเติบโต หรือความคงตัวของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร (พิชญา, 2547) อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ ความทนทานของจุลินทรีย์โดยทั่วไป คือ เชื้อรามักจะทนได้ดีกว่ายีสต์ และยีสต์มักจะทนได้ดีกว่าแบคทีเรีย ซึ่งทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย จะเจริญได้ในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่างกัน (ไพโรจน์, 2539) อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มากกว่า 0.90 โดยทั่วไปมักจะเกิดการเสื่อมเสีย เนื่องมาจากแบคทีเรีย (ตาราง 2.3) แต่ถ้าหากค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารลดต่ำลง ปัญหาการเสื่อมเสียเนื่องมาจากยีสต์และราจะเกิดขึ้น อาหารจำพวกกึ่งแห้ง และอาหารแห้งจะมีแนวโน้มจะเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อรา ซึ่งสามารถเจริญได้อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระดับต่ำ (สุมนฑา, 2545) ถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.60 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์จะไม่เกิดขึ้น และผลิตภัณฑ์มีความคงตัวทางจุลชีววิทยา (microbiological stable product) (วราวุฒิ, 2538) แม้ว่าจุลินทรีย์ต่างๆ จะไม่สามารถเจริญได้ แต่ก็เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ทั้งมีเอนไซม์ และไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ เป็นต้น ซึ่งหากเกิดขึ้นจะทำให้สี กลิ่น รสชาติ และความคงตัวของอาหารเปลี่ยนแปลงไปด้วยระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษา (พิชญา, 2547)

ตาราง 2.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ต่ำสุดที่จุลินทรีย์ในอาหารสามารถเจริญได้

ชนิดจุลินทรีย์	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ต่ำสุด
แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.90
ยีสต์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.88
ราที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.80
แบคทีเรียพวกที่ชอบเค็ม (halophilic bacteria)	0.75
ราที่เจริญในสภาวะแห้ง (xerophilic mold)	0.61
ยีสต์ที่ทนแรงดันออสโมติกสูง (osmophilic yeast)	0.61

ที่มา : สุมนฑา (2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การตากแห้ง และการอบแห้งอาหาร

การตากแห้ง และการอบแห้งอาหาร (food drying and dehydration) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปหรือใช้ในการถนอมอาหาร การตากแห้งเป็นการระเหยน้ำออกจากของแข็ง ส่วนการอบแห้งอาหารเป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารโดยใช้เครื่องมือ ดังนั้นการตากแห้ง และการอบแห้ง จะเป็นการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุม เพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำออก วัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ซึ่งทำให้ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (วิไล, 2545) นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหาร ยังช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และการขนส่ง เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และความสะดวกแก่ผู้บริโภค ตลอดจนทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูกาลหรือพื้นที่ห่างไกล และเก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น (สุคนธ์ชื่น, 2539)

2.3.1 กลไกการอบแห้ง

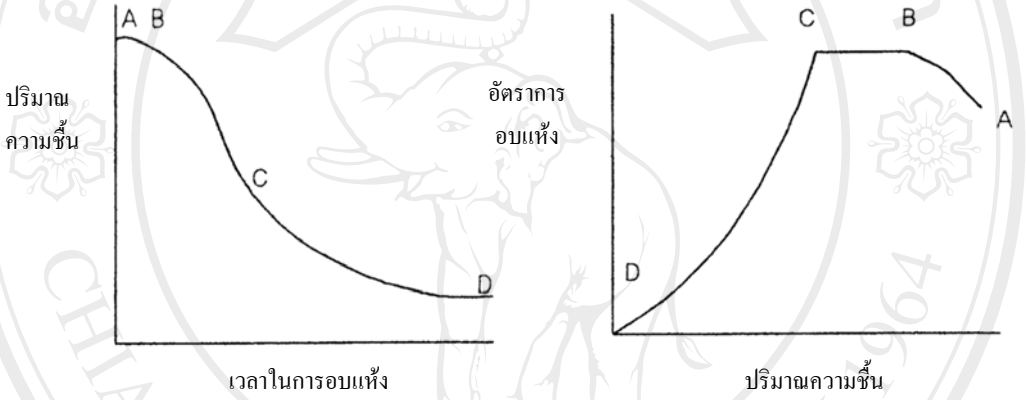
เมื่ออากาศร้อนหรือลมร้อนผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหาร ทำให้อุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้น และความร้อนแฝงของการเกิดไอจะทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยออกมา ไอน้ำก็จะแพร่ผ่านฟิล์มของอากาศ และถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอภายในของอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอสูง และค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้าใกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างของความดันนี้ทำให้เกิดแรงขับทำให้น้ำถูกแยกออกจากอาหาร น้ำที่อยู่ภายในอาหารจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าอาหารด้วยกลไก ดังนี้

1. การเคลื่อนที่ของของเหลว ด้วยแรงแคปิลารี่ (capillary force)
2. การแพร่ของของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวถูกละลาย (solute) ในบริเวณต่างๆ ของอาหาร
3. การแพร่ของของเหลวที่ถูกดูดซับอยู่ที่บริเวณผิวของอนุภาคของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร
4. ไอน้ำในช่องว่างระหว่างองค์ประกอบที่เป็นของแข็งในอาหาร เนื่องจากความแตกต่างของความดันไอ

เมื่อนำอาหารมาไว้ในเครื่องอบแห้ง ช่วงเวลาสั้นๆ ตอนเริ่มอบแห้งจะเป็นเวลาที่ใช้ในการทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งเป็นช่วง AB (ภาพ 2.1) หลังจากนั้นจะเป็นช่วงการอบแห้ง โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารออกมาด้วยความเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกไป ผิวหน้าจึงยังเปียกอยู่ เรียกว่าช่วงอัตราคงที่ (constant rate period, BC) และช่วงต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content) แต่ในทางปฏิบัติผิวหน้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของอาหารจะค่อยๆ แห้งด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน และอัตราการอบแห้งโดยรวมจะค่อยๆ ลดลง ในช่วงอัตราคงที่ จุดความชื้นวิกฤตของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องอบแห้ง และอัตราการทำให้แห้ง สมบัติของอากาศขณะที่มีอัตราการระเหยออกของน้ำคงที่ คือ ต้องมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่อความชื้นของอาหารลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำแห้งก็จะลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (ความชื้นในอาหารกับความชื้นในอากาศแห้ง) หรือที่เรียกว่าเป็นช่วงอัตราลดลง (falling rate period, CD) (วิไล, 2545)



ภาพ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้ง และความชื้นในอาหาร
ที่มา : วิไล (2545)

อัตราการอบแห้ง (drying rate)

เป็นการวัดความเร็วหรือความสามารถในการระเหยของน้ำต่อเวลา และพื้นที่ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{อัตราการอบแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยไป}}{\text{ระยะเวลา และพื้นที่}}$$

เครื่องมือในการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer) เป็นเครื่องมือที่ใช้กันมากในการผลิตผัก และผลไม้อบแห้ง เพราะเครื่องมีราคา และค่าบำรุงรักษาเครื่องค่อนข้างต่ำ (พิชญา, 2549) เครื่องอบแห้งแบบนี้จะทำงานเป็นกะ (batch system) ใช้ในการอบแห้งจำนวนน้อย หรือเป็นขั้นการทดลอง ระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การอบแห้งชนิดนี้ จะใช้ถาดหรือวัสดุอื่นที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อาหารสัมผัสกับลมร้อนในห้องปิด ถาดที่วางอยู่ในตู้จะสัมผัสกับลมร้อน การเคลื่อนที่ของลมร้อนเหนือผิวผลิตภัณฑ์ด้วยความเร็วค่อนข้างสูง เพื่อให้การถ่ายเทมวล และความร้อนดำเนินไปด้วยประสิทธิภาพสูง เครื่องอบแห้งจะออกแบบเป็นตู้ ประกอบด้วยตู้บุด้วยฉนวน ถาดที่สำหรับวางอาหาร และเครื่องมือที่จะทำให้อากาศร้อน และไหลเวียน (รุ่งนภา, 2535) เครื่องอบแห้งแบบถาดนี้ จะอาศัยลมร้อนจากแหล่งความร้อนอาจจะเป็นฮีทเตอร์ คอล์ยไอน้ำ ก๊าซหุงต้ม หรือน้ำมันเตา ลมร้อนจะไหลผ่านอาหารที่วางเป็นชั้นบางๆ ประมาณ 2-6 เซนติเมตร ในชั้นของถาดอาจจะมีรูพรุนหรือไม่มีก็ได้ ความเร็วลมที่ไหลเวียนอยู่ในช่วง 0.5-5 เมตรต่อวินาที มีระบบบังคับทิศทางการไหลของลมร้อนภายในเครื่อง เพื่อให้ลมร้อนไหลอย่างสม่ำเสมอ (พิชญา, 2549) แต่มีข้อเสียในเรื่องการอบแห้งผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอที่ตำแหน่งต่างๆ กันภายในตู้ ผลิตภัณฑ์อาหารที่อยู่ใกล้กับทางเข้าของลมร้อนจะอบแห้งได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงต้องการการหมุนถาดของผลิตภัณฑ์หรือสลับทิศทางการไหลของลมร้อน เพื่อช่วยปรับปรุงการอบแห้งให้สม่ำเสมอขึ้น (รุ่งนภา, 2535)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

1. อาหารแต่ละชนิดนั้น นอกจากจะมีส่วนประกอบทางเคมี และโครงสร้างทางกายภาพที่แตกต่างกันแล้ว ยังมีความซับซ้อน และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการอบแห้ง ซึ่งมีผลต่ออัตราการอบแห้ง ดังนี้ อาหารที่มีรูพรุน มีลักษณะโปร่งหรือเป็นเยื่อใย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาสู่ผิวหน้าของอาหารจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าอาหารที่เนื้อแน่น อาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบสูง เมื่อได้รับความร้อนจะเกาะกันเหนียวหนืดเป็นแผ่น โดยเฉพาะถ้าเกิดที่ผิวหน้า ทำให้น้ำเคลื่อนที่สู่ภายนอกได้ยาก อาหารที่มีปริมาณความชื้นสูง ปริมาณของแข็งต่ำ การระเหยของน้ำจะเกิดได้ดี อาหารที่มีโมเลกุลเล็กๆ เช่น น้ำตาล เกลือ และแร่ธาตุอื่นๆ ละลายอยู่สูง จะมีจุดเดือดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งช้ากว่าอาหารที่มีสารเหล่านี้ละลายอยู่น้อย อาหารที่ผ่านการลวกจะแห้งเร็วกว่าอาหารที่ไม่ผ่านการลวก เพราะการลวกจะทำลายเนื้อเยื่ออาหาร และทำให้เซลล์เมมเบรนยอมให้น้ำซึมผ่านได้มากขึ้น

2. อาหารที่มีขนาด และชิ้นบาง การระเหยของน้ำจะเกิดได้รวดเร็วกว่าอาหารที่มีชิ้นใหญ่และหนา เพราะมีระยะทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนเข้าสู่ใจกลางอาหาร และระยะการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในสู่ผิวหน้าอาหารสั้นกว่า

3. อัตราการอบแห้งภายในตู้อบนั้นเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับชนิด ประสิทธิภาพของตู้อบ และทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อน เช่น ตู้อบแบบถาด ลมร้อนที่เข้ามาตอนแรกที่ปริมาณความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูงจะรับน้ำจากอาหารที่ตอนต้นได้ดีกว่าตอนปลาย (อรพิน, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. ปริมาณอาหารต่อถาดในการอบแห้ง ถ้ามีปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างที่ไม่ได้สัมผัสกับลมร้อนหรือไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้ จึงทำให้อาหารแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับน้ำของลมร้อน ลมร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับน้ำได้น้อยกว่าอากาศที่มีไอน้ำอยู่น้อย

6. อุณหภูมิของลมร้อน ถ้าอากาศมีปริมาณความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ และทำให้การแพร่ของน้ำในอาหารดีขึ้นด้วย จึงมีผลทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

7. ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วของลมร้อนเพิ่มขึ้น จึงเคลื่อนย้ายไอน้ำได้ดีขึ้น (สุคนธ์ชื่น, 2539)

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารระหว่างการอบแห้ง

1. ผลการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหารนั้น การอบแห้งจะไล่น้ำออกจากอาหาร และเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน โปรตีน การอบแห้งจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้ง เพื่อหยุดยั้งการเกิดปฏิกิริยา วิตามินจะลดลงอีก และการตากแดดแห้งวิตามินจะลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมืออบแห้ง เนื่องจากการตากแดดไม่สามารถควบคุมปัจจัย เช่น ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ แสงแดดได้

2. ผลการอบแห้งที่มีต่อคาร์โบไฮเดรต การอบแห้งพบปัญหาเรื่องการเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของผลไม้อบแห้ง ซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่ใช่เอนไซม์ เนื่องจากปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซ์ในผลไม้

3. ผลการอบแห้งที่มีต่อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เป็นสาเหตุของการทำให้อาหารเน่าเสีย การลดปริมาณความชื้นในอาหารให้เหลือน้อยที่สุด ทำให้อาหารไม่เสื่อมเสีย และเก็บไว้ได้นาน

4. ผลการอบแห้งที่มีต่อสารสีธรรมชาติ สีมีอิทธิพลมากต่อผู้บริโภค สีในผักและผลไม้ คือ แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลด์ ซึ่งเป็นสารสีที่ไม่ละลายน้ำ ละลายในไขมัน แคโรทีนอยด์จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การเก็บรักษาสีธรรมชาติให้คงอยู่ระหว่างการอบแห้งจึงมีความสำคัญ (กุลยา, 2540)

5. ผลของการอบแห้งที่มีต่อการหดตัวที่ทำให้โครงสร้างอาหารเสียหาย โดยธรรมชาติเซลล์ในอาหารจะอยู่ในลักษณะของเซลล์ที่เต่งตึงเสมอ และผนังเซลล์จะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นได้ เมื่อน้ำถูกระเหยไปจะเกิดช่องว่างขึ้น ซึ่งผนังเซลล์ของอาหารจะพยายามเข้าไปแทนที่ช่องว่างที่เกิดขึ้น ทำให้เซลล์ของอาหารหดตัว และไม่สามารถหดไปเท่ากันทุกส่วนของอาหารได้ ทั้งนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากธรรมชาติของอาหารจะมีส่วนที่ไม่สามารถอัดเข้าไปได้ เรียกว่า incompressible part ตรงส่วนที่ไม่สามารถหดตัวเข้าไปได้ก็จะยืดออก ในการยืดตัวออกผนังเซลล์จะทนต่อแรงดึง (tensile strength) ได้ขนาดหนึ่ง หากเกินกว่านั้นจะทำให้ผิวส่วนนั้นขาดได้ มักเกิดกับอาหารที่มีโครสร้างแข็งแรงหรือการอบแห้งที่เร็วเกินไป (อรพิน, 2542)

2.4 ผลไม้แผ่น

ผลไม้แผ่น (fruit leather) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ตีปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำให้เป็นแผ่นบาง ก่อนนำไปผ่านกระบวนการอบแห้ง (อนุวัตร, 2546) มีลักษณะเป็นแผ่นแห้ง มีความนุ่ม เหนียว และมีรสหวาน สามารถใช้รับประทานเป็นของว่างหรือขนมขบเคี้ยว ผลไม้ที่นำมาผลิตเป็นผลไม้แผ่นมีหลายชนิด เช่น กล้วย มะม่วง มะละกอ และสับปะรด เป็นต้น (Dauthy, 1995) นอกจากนี้ยังสามารถเติมรสชาติต่างๆ ลงในผลไม้แผ่นได้หลากหลาย (อนุวัตร, 2546) สิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการอบแห้ง คือ น้ำที่มีอยู่ในอาหาร การกำจัดน้ำออกจากอาหาร มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (ผุสดี, 2547)

ขั้นตอนการผลิตผลไม้แผ่น (FAO, 1997) ดังนี้

2.4.1 การเตรียมผลไม้ (preparation of the fruit)

ผลไม้ก่อนจะนำมาผลิตควรล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และเอาเมล็ดออก คัดเลือกผลไม้ที่สุก และไม่มีรอยแผล หากมีรอยแผลควรทิ้งไป เพราะอาจจะไปทำลายสี และกลิ่นที่ดีของผลไม้ ผลไม้บางชนิด เช่น กล้วยซึ่งมีปริมาณกรดต่ำ จะเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังการปอกเปลือก และตัดแต่ง ควรจุ่มในน้ำที่มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 400 ppm หลังจากการปอกเปลือกแล้ว จะช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

2.4.2 การเตรียมเนื้อผลไม้ก่อนการอบแห้ง (preparation of fruit pulp/puree)

วิธีง่ายๆ คือ การนำผลไม้ไปปั่นด้วยเครื่องปั่นอาหาร ควรปั่นให้ละเอียด หากยังไม่ใช้ทันทีสามารถเก็บไว้ในถุง เพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป โดยเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงไปอีก 600 ppm เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.4.3 การให้ความร้อน (heating)

นำเนื้อผลไม้ที่ปั่นละเอียดแล้ว ไปผ่านความร้อน เพื่อยับยั้งเอนไซม์ และลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ควรใช้หม้อแบบ double pan ในการให้ความร้อน เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการไหม้ติดหม้อก้นหม้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.4 การเติมส่วนผสม (added ingredients)

ส่วนผสมที่จะเติมลงไปมีหลายชนิด เช่น น้ำตาลช่วยเพิ่มความหวาน กรดซิตริกช่วยเพิ่มความเปรี้ยว หรือการเติมถั่ว มะพร้าว หรือเครื่องเทศ ช่วยเพิ่มกลิ่น และรสชาติต่างๆ

2.4.5 การอบแห้ง (drying)

เนื้อผลไม้ที่จะอบแห้ง มีความหนา 3-6 มิลลิเมตร เนื้อผลไม้ที่อบแห้งอาจจะทำเป็นแผ่นใหญ่แล้วตัดเป็นชิ้นเล็กๆ หรือทำเป็นชิ้นเล็กแล้วม้วนเมื่ออบแห้งเสร็จ ผลไม้แผ่นมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่างร้อยละ 12-15 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.60 (USA Patent, 1989) และควรห่อด้วยพลาสติก หรือกระดาษไข เพื่อไม่ให้ผลไม้แผ่นเหนียวติดกัน

2.4.6 การบรรจุ (packaging)

ควรบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท และควรควบคุมอุณหภูมิ อากาศ ปริมาณความชื้น แสง และออกซิเจนในระหว่างการเก็บรักษา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วยแผ่น

โกสิต (2545) ได้พัฒนากล้วยแผ่นจากกล้วยน้ำว้า พบว่า กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม คือ แช่กล้วยในโซเดียมเมตาไบต์ซัลไฟต์ร้อยละ 0.1 แล้วนำกล้วยไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส กวนส่วนผสมด้วยไฟอ่อนนาน 5 นาที แล้วอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง โดยมีสูตรที่เหมาะสม คือ กล้วยน้ำว้าสุกงอมร้อยละ 50 มอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 7.5 และน้ำสะอาดร้อยละ 42.5 และผลิตภัณฑ์มีความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง

เพ็ชรดา (2547) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นจากการกล้วย 5 พันธุ์ ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยหอม กล้วยหักมุก และกล้วยน้ำว้า พบว่า กล้วยหอมมีความเหมาะสมที่สุดโดยรสชาติ และลักษณะปรากฏมีสำคัญมากที่สุดต่อผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตกล้วยแผ่น คือ ใช้เวลาในบดก่อนการอบแห้ง 30 นาทีในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และทำให้มีความหนา 2.0 มิลลิเมตร ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 ชั่วโมง โดยมีสูตร คือใช้กล้วยหอมร้อยละ 71.43 กลูโคสไซรัปกับน้ำตาลทรายร้อยละ 7.84 แป้งสาลีร้อยละ 2.18 และน้ำร้อยละ 10.71 และจากการทดสอบการยอมรับได้คะแนนความชอบรวมโดยเฉลี่ย 7.08 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.26 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.55 ค่าแรงดึง 4.32 นิวตัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทุเรียนแผ่น

พรศักดิ์ (2545) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นจากทุเรียน 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ชะนี และหมอนทอง โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 17 ชั่วโมง พบว่า คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นที่สำคัญ คือ รสชาติ เนื้อสัมผัส และกลิ่น ผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นมีความหนา คือ 1.58 มิลลิเมตร สูตรที่ใช้ผลิต คือ มอลโทเด็กซ์ตรินร้อยละ 5 ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยพันธุ์หมอนทองแต่พันธุ์ชะนีไม่มีความจำเป็นต้องใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ คือ ทุเรียนพันธุ์ชะนีและหมอนทองร้อยละ 17 และ 16 และการทดสอบของการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ทุเรียนแผ่นที่ผลิตจากพันธุ์ชะนีมีคะแนนความชอบโดยเฉลี่ย 6.43 อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ส่วนพันธุ์หมอนทอง 5.84 อยู่ในช่วงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ ผลิตภัณฑ์บรรจุในถุง (oriented polypropylene) มีอายุการเก็บ 6 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง (25-33 องศาเซลเซียส) และทุเรียนแผ่นเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น และถุง Laminated Aluminum Foil (LAF) ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ และการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ช่วยให้เกิดสีน้ำตาลลดลง โดยการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 500 ส่วนในล้านส่วน สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้

Irwandi and Che Man (1996) ได้ศึกษาทุเรียนแผ่นจากสูตรการผลิตแตกต่างกัน พบว่า เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ระหว่าง 0.57-0.62 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้น แต่ยังคงได้รับการยอมรับในระดับสูง หลังจากเก็บรักษาเกิน 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง

Jaswir (1997) ได้ทำการศึกษาผลของกลูโคสไซรัป น้ำตาล ไฮโดรจิเนท ปาล์ม ออยล์ และเลซิติน ต่อการยอมรับของทุเรียนแผ่น พบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุด ประกอบด้วย กลูโคสไซรัป ร้อยละ 10 น้ำตาลร้อยละ 5 ไฮโดรจิเนท ปาล์ม ออยล์ร้อยละ 2.67 และเลซิตินร้อยละ 0.452

Irwandi and Che Man (1998) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของทุเรียนแผ่น ในภาชนะบรรจุ 4 ชนิด คือ บรรจุในถุง Laminated Aluminum Foil (LAF) high density polyethylene (HDPE) light density polyethylene (LDPE) และ polypropylene (PP) ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เกิดสีน้ำตาลในทุเรียนแผ่นที่บรรจุในภาชนะทั้งหมด เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยที่ซอง LDPE จะเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทำให้ทุเรียนแผ่นมีความแข็งมากขึ้น โดยถุง LAF ช่วยให้ทุเรียนแผ่นมีเนื้อสัมผัสได้ดีที่สุด และมีจุลินทรีย์น้อยในระหว่างการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ยังคงได้รับการยอมรับตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลไม้แผ่นผสม

ชิติพัทธ์ (2545) ได้ทำการพัฒนาผลไม้แผ่นผสมจากสับปะรด มะละกอ และกล้วยหอม โดยใช้ปริมาณ คือ สับปะรด : มะละกอ : กล้วยหอม ในสัดส่วน 1 : 1.4 : 1.5 โดยน้ำหนัก ใช้กลูโคสไซรัปเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของผลไม้ทั้งหมด ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และไม่เกิดการตกผลึกของน้ำตาล แต่เกิดผลึกกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้ผสมกลูโคสไซรัป ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.7 อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ผุสดี (2547) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นผสม 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นผสมจากมะม่วงแก้วผสมมะละกอแขกดำ โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณกรด : น้ำตาล ที่เหมาะสมร้อยละ 1.0 : 15.0 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.37 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.45 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.24 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 68.49 ° Brix ค่าแรงดึง 0.08 นิวตัน และผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นผสมจากมะม่วงโชคอนันต์ผสมสับปะรดปัตตาเวีย พบว่า มีปริมาณกรด : น้ำตาล ที่เหมาะสมร้อยละ 0.5 : 0.75 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 10.62 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.38 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 3.41 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 73.36 และค่าแรงดึง 0.7 นิวตัน โดยมีกระบวนการผลิต คือ ใช้อุณหภูมิ และเวลาในการผสม คือ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผลไม้แผ่นจากมะม่วงแก้วผสมมะละกอแขกดำ และมะม่วงโชคอนันต์ผสมสับปะรดปัตตาเวียได้คะแนนความชอบโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกัน 6.28 และ6.26 อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย

ผลไม้แผ่น และผักแผ่นจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ

ศิริลักษณ์ (2547) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์สับปะรดแผ่นจากพันธุ์ปัตตาเวีย โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 ชั่วโมง โดยไม่ต้องใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส และน้ำตาลในส่วนผสม และจากการศึกษาปริมาณน้ำตาลต่อคุณภาพสับปะรดแผ่น พบว่า เมื่อปริมาณน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงดึง และมีความเหนียวลดลง ผลิตภัณฑ์สับปะรดแผ่นที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.5 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.457 จากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของสับปะรดแผ่น โดยวิธี 5 point hedonic scale พบว่า ได้คะแนนการยอมรับโดยเฉลี่ย 3.41-4.20 อยู่ในช่วงชอบมาก ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนาน 10 สัปดาห์ โดยปัจจัยที่เกิดการเสื่อมเสีย คือ การเกิดสีน้ำตาลซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และการเก็บในถุง LAF ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาล และรักษาเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าถุงไนลอนที่อุณหภูมิห้อง

อนุวัตร (2548) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักคะน้าแผ่นปรุงรส โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง โดยสูตรที่เหมาะสม คือ บดผักคะน้าต่อน้ำสะอาดด้วยอัตราส่วน 1 : 2.5 ปรุงรสด้วยน้ำตาลร้อยละ 6 เกลือร้อยละ 0.7 ซีอิ้วขาวร้อยละ 0.4 พริกไทยร้อยละ 1 แป้งสาลี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อยละ 1 และพริกป่นร้อยละ 0.05 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.46 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.26 มีความหนา 0.25 มิลลิเมตร และการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผักคะน้าแผ่นปรุงรส พบว่า ได้คะแนนการยอมรับโดยเฉลี่ย 7.01 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง

อนุวัตร (2549) ได้ทำการพัฒนาบ๊วยแผ่นจากบ๊วยดอง โดยศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพของบ๊วยแผ่น ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง พบว่า โดยใช้สูตรที่เหมาะสม คือ น้ำสะอาดร้อยละ 63 บ๊วยร้อยละ 21 น้ำตาลร้อยละ 15 และกัวร์กัมหรือเพคตินร้อยละ 1 จากการศึกษา พบว่า ไฮโดรคอยลอยด์ (เพคตินหรือกัวร์กัม) มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของบ๊วยแผ่น แต่ไม่มีผลต่อความชอบโดยรวม จึงใช้เพคตินหรือกัวร์กัมเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ใช้น้ำตาลเป็นสารให้ความหวาน อาจจะใช้หรือไม่ใช้กลูโคสไซรัปเป็นส่วนประกอบ และนอกจากนี้ยังพบว่าน้ำตาลมีผลต่อค่าสี L* ซึ่งการเพิ่มปริมาณน้ำตาล ทำให้ค่า สี L* เพิ่มขึ้น

การวิจัยคุณสมบัติของผลไม้แผ่น

Che Man and Sin (1995) ได้ทำการพัฒนาขนุนแผ่น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 12.26 pH 4.8 และค่าวอแตอร์แอติวิตี้ 0.6 ปริมาณจุลินทรีย์น้อยในระหว่างการเก็บรักษา และผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูงสุดเมื่อบรรจุในถุง LAF เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ polypropylene (PP) และ polyvinylchloride (PVC) โดยมีการยอมรับอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

Che Man and Taufik (1995) ได้ทำการศึกษาความคงตัวของขนุนแผ่น พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสนั้น ค่าวอแตอร์แอติวิตี้มีค่าคงที่ ในขณะที่ค่าสี และค่าทางประสามสัมผัสลดลง และจุลินทรีย์มีปริมาณน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Gujal and Khanna (2002) ได้ทำการศึกษาผลของนมผง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และน้ำตาลต่อพฤติกรรมการคายน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และการยอมรับของมะม่วงแผ่น พบว่า น้ำตาลมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต่อความยืดหยุ่น และการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาล ทำให้ความยืดหยุ่นลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ค่าสี a* (สีแดง) ลดลง และทำให้ค่าสี b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นด้วย

Huang and Hsieh (2005) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และการความชอบของผู้บริโภคของลูกแพรแผ่น ประกอบด้วย ลูกแพร เพคติน คอร์นไซรัป และน้ำ โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง เพื่อศึกษาผลของส่วนผสมที่มีต่อสี ลักษณะเนื้อสัมผัสปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่า เพคตินมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต่อทุกคุณลักษณะที่ศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิจัยอุณหภูมิในการอบแห้งผลไม้แผ่น

รัตนา และคณะ (2548) ทำการศึกษาการแปรรูปผลไม้แผ่น 7 ชนิด พบว่า ระยะเวลาการอบแห้งอยู่ในช่วงอัตราลดลง (falling rate period) และไม่พบช่วงอัตราคงที่ (constant rate period)

ลัดดาวัลย์ (2550) ทำการศึกษาการอบแห้งผลหม่อนกึ่งแห้งที่อุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกอุณหภูมิของการอบแห้งจะไม่มีช่วงอัตราคงที่ (constant rate period) แต่เห็นช่วงอัตราลดลง (falling rate period) อย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะมีอัตราลดลงอย่างช้าๆ สม่ำเสมอ

Maskan and Kaya (2002) ทำการศึกษาการอบแห้งองุ่นแผ่น โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 และ 75 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งที่รวดเร็วกว่าที่ 55 องศาเซลเซียส

Azeredo *et al.* (2005) ทำการศึกษาการอบแห้งมะม่วงแผ่นที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิการอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น และการใช้ปริมาณเนื้อมะม่วงลดลง ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved