บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของปลาหมึกกล้วย

ปลาหมึกกล้วย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Loligo sp. พบมากในอ่าวไทยและน่านน้ำใกล้เคียง เป็นอาหารทะเลที่มีคุณค่าทางโภชนาการ กล่าวคือ ในปลาหมึกกล้วยส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม จะประกอบด้วย โปรตีน 15.3 กรัม คาร์โบไฮเดรท 0.7 กรัม ไขมัน 0.8 กรัม ความชื้น 82.0 กรัม แคลเซียม 15.0 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 194.0 มิลลิกรัม วิตามินเอ 50.0 ไอยู (I.U.) และไนอาซีน 3.2 มิลลิกรัม (10) พบว่านิยมบริโภคปลาหมึกกล้วยในรูปสด และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้ง เพื่อสามารถเก็บไว้บริโภคได้เป็นเวลานานขึ้น อีกทั้งมีรสชาติเฉพาะตัวที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย (11)

2.2 ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้ง

ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้ง มีอยู่ 3 ลักษณะ (12) คือ

1. ปลาหมึกกล้วยแห้งลักษณะที่ไม่เอาเครื่องในออกหรือเอาออก แต่ไม่ผ่าท้องและไม่ลอกหนัง ผลิตเฉพาะปลาหมึกกล้วยขนาดเล็ก คุณภาพไม่ค่อยดี และมีราคาต่ำกว่าปลาหมึกกล้วยแห้งลักษณะอื่น

2. ปลาหมึกกล้วยแห้งลักษณะที่เอาเครื่องในออก ผ่าท้อง แต่ไม่ลอกหนังนิยมใช้ย่างบริโภคภายในประเทศ และส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

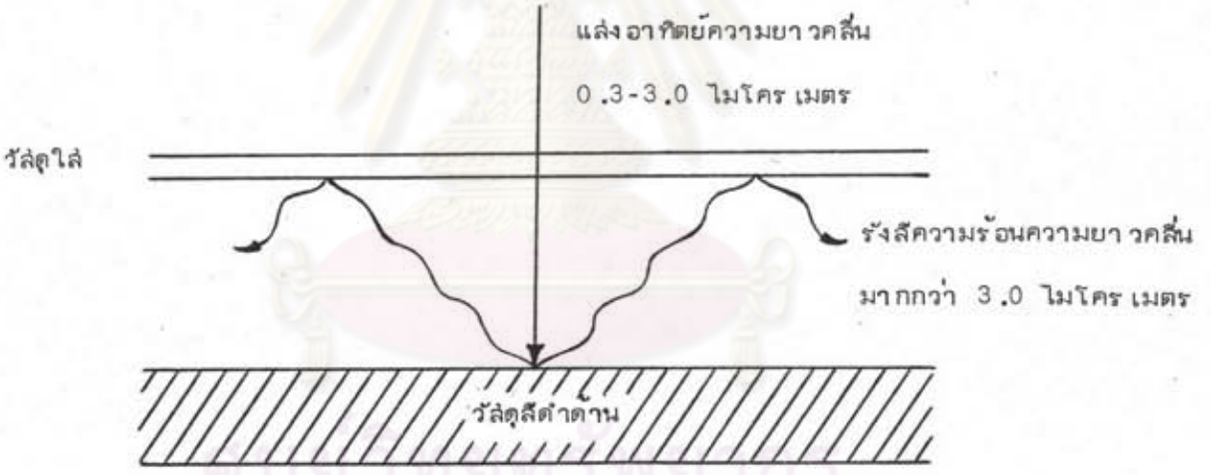
3. ปลาหมึกกล้วยแห้งลักษณะที่เอาเครื่องใน ครีบ และหนังออก คงเหลือแต่ส่วนปลายหางเล็กน้อย ผ่าท้อง และนิยมส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งที่ผลิตโดยวิธีตากแดดกลางแจ้ง ยังพบว่าส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนด้วยฝุ่นละออง ทราย ไข่แมลง หรือจุลินทรีย์ ทำให้คุณภาพของปลาหมึกกล้วยแห้งไม่ดีเท่าที่ควร และอายุการเก็บสั้น จึงไม่เหมาะแก่การบริโภคหรือส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ (4,5,6)

2.3 การอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์

2.3.1 หลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์

แล่งอาทิตย์บนผิวโลกประกอบด้วยรังสีชนิดต่าง ๆ หลายชนิดที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.3-3.0 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่สั้นมาก รังสีคลื่นสั้นนี้จะสามารถทะลุทะลวงผ่านวัสดุใสไปได้ และเมื่อตกกระทบถูกวัสดุสีดำ รังสีคลื่นสั้นจะถูกวัสดุสีดำดูดกลืนแล้วเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นความร้อนที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 3.0 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวที่มีคุณสมบัติไม่สามารถทะลุทะลวงผ่านวัสดุใสบางชนิดไปได้หรือผ่านได้น้อยมาก ดังนั้น เมื่อนำวัสดุใสและวัสดุสีดำประกอบเข้าเป็นอุปกรณ์ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์และนำไปวางตากแดดกลางแจ้ง อุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนพลังงานแล่งอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนเก็บสะสมไว้ภายใน (13)



รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์

2.3.2 ชนิดของตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์

ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์พิจารณาตามหลักการทำงาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน (8, 14) คือ

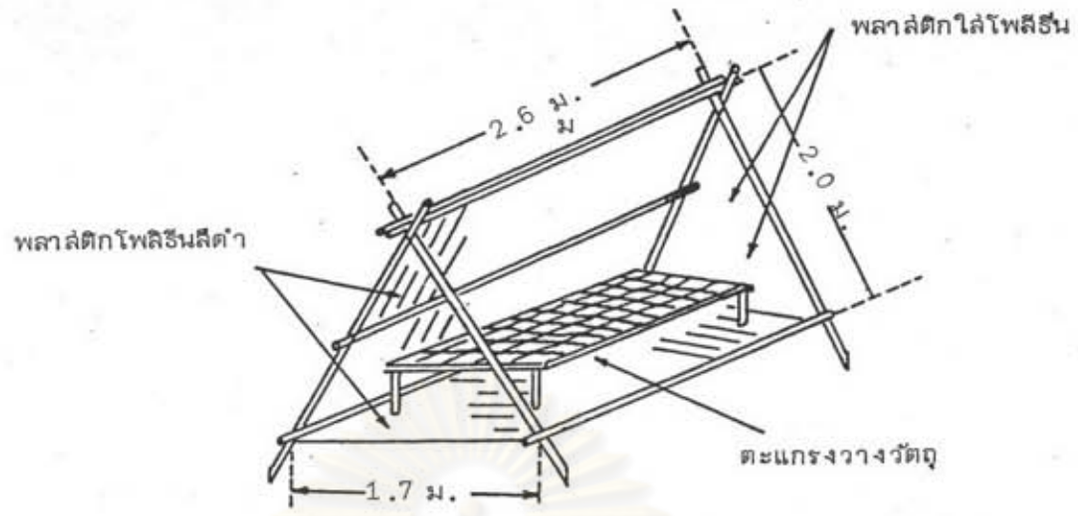
2.3.2.1 ตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบโดยตรง (direct absorption dryer) วัตถุอบแห้งภายในตู้อบแห้งชนิดนี้ จะได้รับความร้อนโดยตรงจากแล่งอาทิตย์ที่ทะลุทะลวงผ่านวัสดุใส่

Doe et al (15) ได้ทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาโดย polythene tent dryer ที่มีพื้นที่ด้านหน้าขนาด 2.0 x 2.6(เมตร)^2 ปิดด้วยพลาสติกใส่โพลิธีน (polythene) ความหนา 150 ไมโครเมตร ด้านหลังและพื้นที่ตอนล่างทำด้วยพลาสติกโพลิธีนสีดำ เมื่อทำการติดตั้งจะให้ด้านหน้าของตู้อบแห้งหันไปทางทิศใต้ อากาศภายในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 48°ซ ขณะที่อากาศภายนอกตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 27°ซ ตู้อบแห้งนี้สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาจนมีปริมาณความชื้นตามต้องการโดยใช้เวลา 3 วัน และผลิตภัณฑ์ที่ได้ปราศจากการรบกวนของแมลงต่าง ๆ ส่วนการตากแดดกลางแจ้งนั้นจะต้องใช้เวลาตาก 4 วัน และผลิตภัณฑ์ยังได้รับความเสียหายจากการรบกวนของแมลงอีกด้วย ลักษณะของ polythene tent dryer ดังแสดงในรูปที่ 2

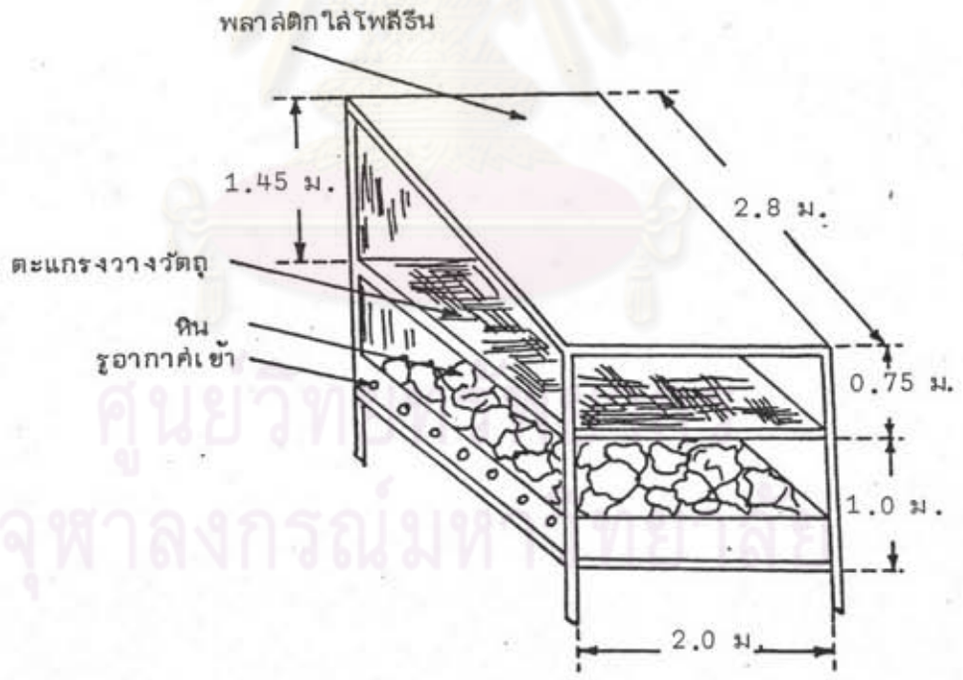
Rivera (16) ได้ทดลองอบแห้งปลาหมึกกล้วย Loligo opalescens โดย polythene tent dryer ที่ออกแบบโดย Doe et al. (15) และ shoe box dryer ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าอากาศภายในตู้อบแห้งทั้งสองมีอุณหภูมิสูงสุด เป็น 47°ซ และ 48°ซ ตามลำดับ ต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 18 ชั่วโมง เท่ากัน เพื่อลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละ 35 ขณะที่อากาศภายนอกตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุด 37°ซ และต้องใช้เวลาในการอบแห้งดังกล่าว 22 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งจากตู้อบแห้งทั้งสองปราศจากการรบกวนของแมลงและมีลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งที่ได้จากการตากแดดกลางแจ้ง

Pablo (5) ได้ทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาและปลาหมึกกล้วยโดยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบเดียวกับที่ Rivera (16) ใช้ทดลอง พบว่าทั้ง polythene tent dryer และ shoe box dryer สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ร้อยละ 10-30 ของระยะเวลาที่ต้องใช้ในการตากแดดกลางแจ้ง

ปรีดา วิบูลย์ลัลดี และคณะ (17) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะของกล่องอบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ พบว่า กล่องไม้หนา 10 มิลลิเมตร ภายนอก



รูปที่ 2 ลักษณะของ polythene tent dryer
ตามแบบของ Doe et al (15)



รูปที่ 3 ลักษณะของ shoe box dryer
ตามแบบของ Rivera (16)

ศูนย์วิทย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาล

บุด้วยโฟมหนา 25 มิลลิเมตร ผนังและพื้นกล่องทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกใสหนา 2 มิลลิเมตร มีมุมกระจกเอียง 18 องศา และพื้นที่ช่องระบายอากาศขนาดร้อยละ 13 ของพื้นที่รับแสง จะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดถึงร้อยละ 64 เมื่อทดลองใช้ผ้าชุบน้ำเป็นวัตถุอบแห้งพบว่า กล่องอบแห้งสามารถไล่ความชื้นได้ประมาณวันละ 4.2 กิโลกรัมต่อพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าพลังงานในรูปความร้อนที่ใช้ไล่ความชื้นออกมีราคาประมาณ 0.36 บาทต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง เมื่อให้กล่องอบแห้งมีอายุการใช้งานนาน 5 ปี ลักษณะของกล่องอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 4

2.3.2.2 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดยอ้อม (indirect dryer) วัตถุอบแห้งภายในตู้อบแห้งชนิดนี้ จะไม่ได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์ แต่ได้รับความร้อนจากอากาศที่ถูกทำให้ร้อนขึ้นจากส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์

Chakraborty (18) ได้ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดยอ้อม ที่ประกอบด้วยส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ทำให้อากาศร้อน และพัดลมสำหรับเป่าอากาศร้อนไปยังตะแกรงสำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้ง พบว่าอากาศภายในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ย 50°ซ และอุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ย 40°ซ ขณะที่อากาศภายนอกตู้อบแห้งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-32°ซ ความเร็วของอากาศภายในมีค่าเป็น 120 เมตร/นาที สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลาให้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 20-25 โดยใช้เวลาอบแห้ง 13-15 ชั่วโมง ขณะที่การตากแดดกลางแจ้งต้องใช้เวลาตากมากกว่า 3 วัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นอยู่ในระดับเดียวกัน

Ismail (19) ได้ทดลองพบว่าการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดยอ้อม ซึ่งประกอบด้วยส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์จะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบโดยตรง

2.3.2.3 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม (combined direct and indirect dryer) วัตถุอบแห้งในตู้อบแห้งชนิดนี้จะได้รับความร้อนโดยตรงจากแสงอาทิตย์ และโดยอ้อมจากอากาศร้อนที่ออกจากส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ ทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งของตู้อบแห้งชนิดนี้ดีกว่าสองชนิดแรก

Curran, C.A. and Trim, D.S. (20) ได้ทดลองอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลายนิดต่าง ๆ โดยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบโดยตรง ได้แก่ solar tent dryer มีต้นแบบมาจาก Doe et al (15) แต่ดัดแปลงให้ด้านหลังของตู้อบแห้งปิดด้วยพลาสติกใส่โพลิธีนและเพิ่มขนาดของพื้นที่พลาสติกลีดำตอนล่างของตู้อบแห้งให้มากขึ้น solar cabinet dryer มีต้นแบบมาจาก Lawand (21) ลักษณะเป็นกล่องอบแห้งใช้อบแห้งผลิตผลเกษตรได้ไม่มากนัก และ SCD solar dryer ที่ออกแบบโดย Exell (22) ซึ่งเป็นตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์แบบผสม เปรียบเทียบกับการตากแดดกลางแจ้งล่องวิธีคือ ตากโดยตรงบนหินลาวาลีดำ (black lava rocks) และตากบนตะแกรงสำหรับวางวัตถุที่จะอบแห้งซึ่งติดตั้งให้ตะแกรงสูงจากพื้นดิน 1 เมตร พบว่า SCD solar dryer มีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่า solar tent dryer เล็กน้อย ส่วน solar cabinet dryer มีอัตราการอบแห้งที่ต่ำกว่าตู้อบแห้งทั้งล่องแบบ แต่ตู้อบแห้งทั้งสามแบบนี้ต่างมีอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าการตากแดดกลางแจ้งทั้งล่องวิธี โดยจะใช้เวลาในการอบแห้งเพียงร้อยละ 60-65 ของเวลาที่ใช้ในการตากแดดกลางแจ้งเพื่อลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นร้อยละ 20 และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตู้อบแห้ง จะดีกว่าผลิตภัณฑ์จากการตากแดดกลางแจ้งทั้งล่องวิธี อีกทั้งแสดงค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุก่อสร้างของตู้อบแห้งทั้งสามแบบ และการตากแดดกลางแจ้ง ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุก่อสร้างของตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์และการตากแดดกลางแจ้ง (20)

ลักษณะการอบแห้ง	ค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุก่อสร้าง (US $)*
ตากโดยตรงบนหินลาวาลีดำ	-
ตากบนตะแกรงสูงจากพื้น 1 เมตร	22
solar tent dryer	70
solar cabinet dryer	104
SCD solar dryer	75

* พฤษภาคม, 2524

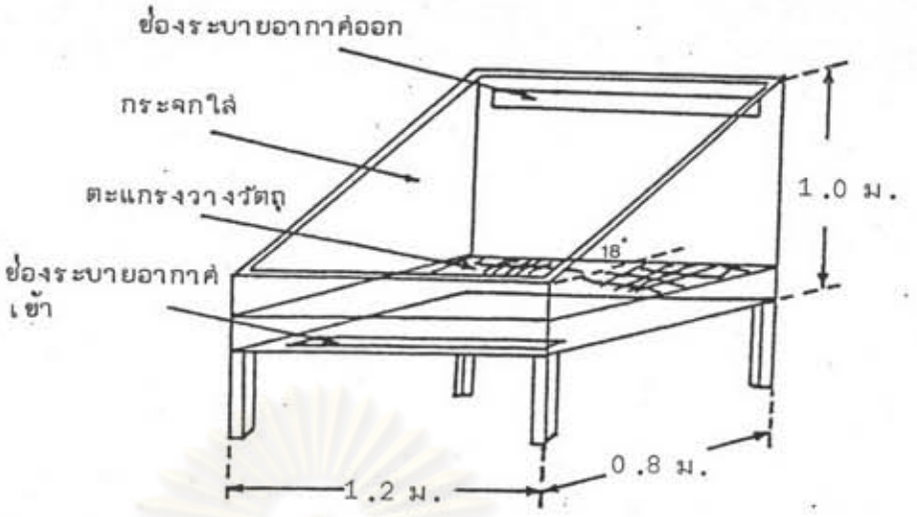
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Kitsummanangkoon (23) ได้ทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงของอากาศภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะเป็นสาเหตุของการเร่งการเกิดกลิ่นเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ปลาสลิดแห้งในระหว่างการเก็บ

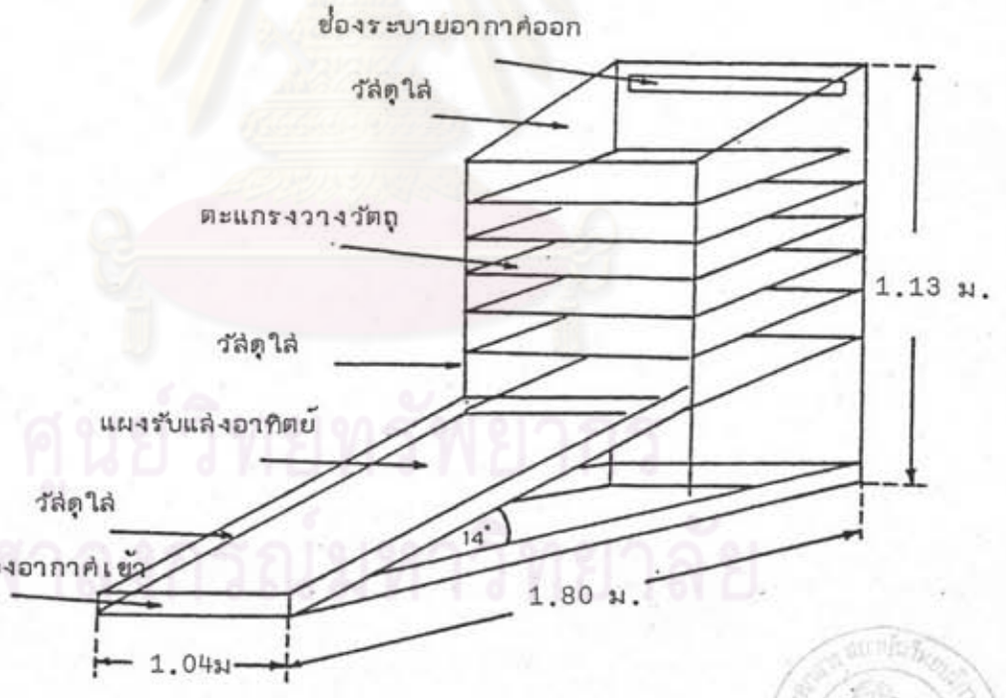
สุวัฒน์ ไทยนะ และปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ (24) ได้สร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก สำหรับใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณมากเกินกว่าที่จะใช้กล่องอบแห้ง เมื่อทดลองใช้ผ้าสำลีชุบน้ำเป็นวัตถุอบแห้ง พบว่าตู้อบแห้งที่ใช้กระจกใสปิดจะสามารถไล่ความชื้นออกประมาณวันละ 5.0 กิโลกรัม ราคาค่าก่อสร้างตู้อบแห้งเมื่อใช้กระจกใสประมาณ 2,500 บาท และเมื่อใช้พลาสติกใสประมาณ 1,600 บาท แต่ต้องเปลี่ยนพลาสติกทุก ๆ 6 เดือนประมาณครั้งละ 200 บาท พลังงานในรูปความร้อนที่ใช้ไล่ความชื้นออก มีราคาไม่เกิน 0.50 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อให้ตู้อบแห้งมีอายุการใช้งานนาน 7 ปี ลักษณะของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก ดังแสดงในรูปที่ 5

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่างกันสามแบบ โดยตู้อบแห้งทั้งสามแบบนี้ต่างเป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมที่พบว่าเมื่อมีรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบแห้งจะอยู่ในช่วง 35-62°ซ โดยประมาณจึงสามารถอบแห้งปลาหมึกกล้วยได้ (5, 16) ทั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะคัดเลือกให้ได้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่เหมาะต่อกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้งในแง่การมีอัตราการอบแห้งเร็ว ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งปลาหมึกกล้วยมีค่าสูงคุณภาพของปลาหมึกกล้วยแห้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างตู้อบแห้งมีราคาถูกง่ายต่อการสร้างและนำไปใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

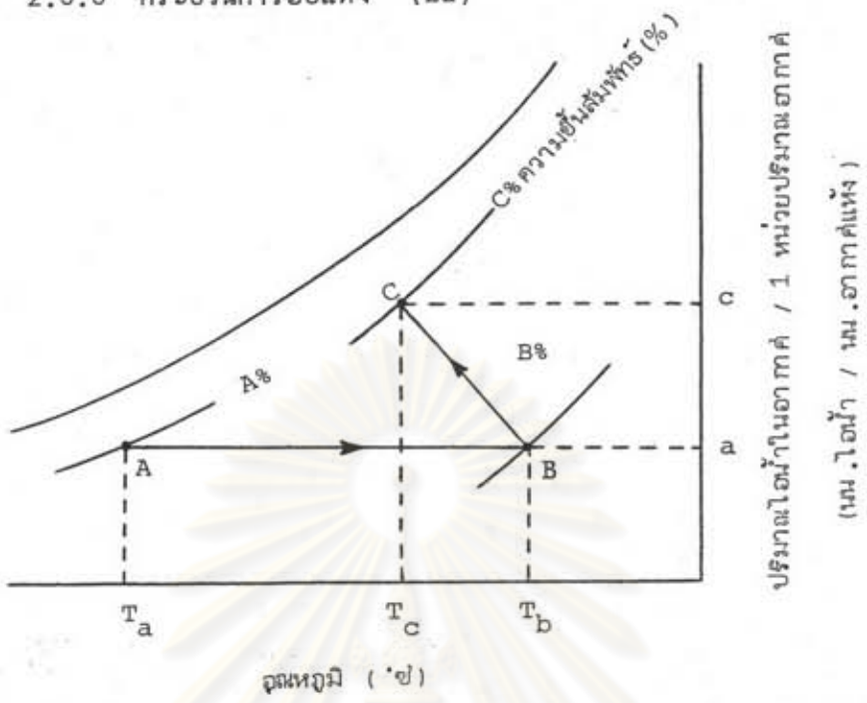


รูปที่ 4 กล่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตามแบบของ ปรีดา วิบูลย์ลัลติ์ และคณะ (17)



รูปที่ 5 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก ตามแบบของ สุวัฒน์ ไทยนะ และ ปรีดา วิบูลย์ลัลติ์ (24)

2.3.3 กระบวนการอบแห้ง (22)



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงกระบวนการอบแห้ง

อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิปกติ T_a ความชื้นสัมพัทธ์ A% และปริมาณไอน้ำในอากาศเท่ากับ a กิโลกรัมต่อปริมาณอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม เมื่ออากาศนี้ผ่านส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศจะถูกทำให้ร้อนขึ้น อุณหภูมิของอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็น T_b และความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลงเป็น B% อากาศเมื่อร้อนจะขยายตัวมีความหนาแน่นลดลง และลอยตัวไปตามความลาดเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์ ผ่านชั้นของวัตถุที่จะอบแห้ง จึงถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุที่จะอบแห้งทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อวัตถุอบแห้ง ระเหยออกมา ไอน้ำนี้จะถูกอากาศร้อนนำออกสู่ทางระบายอากาศออก อากาศที่ออกจากตู้อบแห้งจะมีอุณหภูมิลดลงเหลือ T_c ส่วนความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นเป็น C% และปริมาณไอน้ำต่อหน่วยอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็น C กิโลกรัมต่อปริมาณอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม

ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัตถุอบแห้ง สามารถหาได้จากปริมาณความชื้นเริ่มต้นของวัตถุ กับปริมาณความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบแห้ง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$W_v = \frac{W_i (M_i - M_f)}{100 - M_f} \quad (1)$$

เมื่อ W_v = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยออกจากวัตถุอบแห้ง

W_i = น้ำหนักเริ่มต้นของวัตถุอบแห้ง

M_i = ร้อยละของปริมาณความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดอบแห้ง (น้ำหนักเปียก)

M_f = ร้อยละของปริมาณความชื้นสุดท้ายของวัตถุดอบแห้ง (น้ำหนักเปียก)

โดยสมการ (1) มาจากสมการดังต่อไปนี้

$$M = \frac{(w-d) \times 100}{w} \quad \text{(น้ำหนักเปียก)} \quad (2)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

w = น้ำหนักตัวอย่างเปียก

d = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

2.3.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้ง

โดยทั่วไปปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งมีหลายปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศภายในตู้อบแห้ง ความเร็วลม รังสีแสงอาทิตย์ และคุณสมบัติของวัตถุที่จะอบแห้ง จะพิจารณาแต่ละปัจจัย ดังนี้

- อุณหภูมิ ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิของอากาศภายในสูง และต่างจากอุณหภูมิของวัตถุอบแห้งมาก การอบแห้งจะเร็ว

- ความชื้น ถ้าอากาศภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความชื้นน้อย การอบแห้งจะเร็วกว่า เมื่ออากาศภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความชื้นมาก (14)

- ความเร็วลม กระแสลมบริเวณทางระบายอากาศออกจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยิ่งมีความเร็วมากเท่าใด อากาศชื้นที่มีอยู่ภายในตู้อบแห้งจะผ่านออกจากตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ได้เร็วเท่านั้น และการอบแห้งจะเร็ว (13)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รังสีแสงอาทิตย์ ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามาก การอบแห้งจะเร็ว ถ้าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่ำ ตู้อบแห้งควรมีพื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์มาก (14)

- คุณสมบัติของวัตถุที่จะอบแห้ง ถ้าวัตถุที่จะอบแห้งมีขนาดเล็กและบาง การอบแห้งจะเร็วกว่าเมื่อมีขนาดใหญ่และหนา นอกจากนี้น้ำที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อของวัตถุที่จะอบแห้ง ถ้าเป็น free water การอบแห้งจะเกิดขึ้นเร็วกว่าพวก bound water (25)

2.3.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง (14, 26) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$E = \frac{Q_u}{Q_t} \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้ง, ร้อยละ

Q_u = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัตถุอบแห้ง, กิโลจูล

Q_t = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด, กิโลจูล

$$Q_u = W_H C_P (\Delta t)_{\theta_2 - \theta_1} + W_v (\lambda_v) \qquad (4)$$

เมื่อ W_H = น้ำหนักน้ำในวัตถุอบแห้ง, กิโลกรัม

C_P = ความร้อนจำเพาะของน้ำในวัตถุอบแห้ง, กิโลจูลต่อกิโลกรัม °ซ

$(\Delta t)_{\theta_2-\theta_1}$ = ผลต่างของอุณหภูมิของวัตถุอบแห้งที่เวลา θ_1 กับ θ_2, °ซ

W_v = น้ำหนักน้ำที่ระเหยออกจากวัตถุอบแห้ง, กิโลกรัม

λ_v = ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำในวัตถุอบแห้ง, กิโลจูลต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$Q_t = A_c \cdot I_T \quad (5)$$

เมื่อ A_c = พื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์, ตารางเมตร

I_T = ความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตารางเมตร-วัน

2.3.5 ข้อดีและข้อเสียของการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (14, 20, 23)

2.3.5.1 ข้อดีของการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- ช่วยให้สามารถใช้เวลาในการอบแห้งที่เร็วกว่าการตากแดดกลางแจ้ง
- ลดปริมาณการสูญเสียของผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ แมลง หรือสัตว์รบกวนต่าง ๆ ในระหว่างการอบแห้ง
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้สะอาดถูกหลักอนามัย จึงเพิ่มอายุการเก็บให้แก่ผลิตภัณฑ์
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่ได้จากการตากแดดกลางแจ้ง

2.3.5.2 ข้อเสียของการอบแห้งโดยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

- ไม่สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ในวันที่ฝนตกหนักและเวลากลางคืน
- ไม่สามารถควบคุมสภาวะการอบแห้งซึ่งผันแปรตามฤดูกาล อาจเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหายได้
- ค่าใช้จ่ายยังสูงกว่าวิธีการตากแดดกลางแจ้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้ง

เนื่องจากเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทต่อการเสื่อมคุณภาพของปลาหมึกกล้วยแห้ง (6, 27) การใช้สารยับยั้งการเจริญของเชื้อราในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้งเป็นวิธีหนึ่งที่จะปรับปรุงความคงทนต่อเชื้อราของปลาหมึกกล้วยแห้งได้ สารยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่นิยมใช้ได้แก่ โปแตสเซียมซอร์เบท, โซเดียมเบนโซเอท, แคลเซียมโพรพิโอเนท เป็นต้น (28) เมื่อพิจารณาถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราแล้วพบว่าโปแตสเซียมซอร์เบทสามารถถูก metabolized ได้เช่นเดียวกับกรดไขมันซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น caproic acidและbutyric acid ทำให้อันตรายที่จะได้รับจากสารนี้มีค่อนข้างน้อย (29, 30) และยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราดีกว่าโซเดียมเบนโซเอทและแคลเซียมโพรพิโอเนท (31, 32) การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตปลาหมึกกล้วยแห้ง

2.4.1 คุณสมบัติของโปแตสเซียมซอร์เบท

โปแตสเซียมซอร์เบทเป็นเกลือของกรดซอร์บิค มีสูตรทางเคมีคือ $CH_3CH = CHCH = CHCOOK$ ละลายน้ำได้ดี เมื่อใช้ในอาหารจะไม่มีผลต่อกลิ่นรสของอาหาร อาหารที่นิยมใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในกระบวนการผลิตได้แก่ เนยแข็งและผลิตภัณฑ์เนยแข็ง มาการีน ผลิตภัณฑ์ขนมอบ น้ำผลไม้ ไวน์ แยม เยลลี่ ผลไม้แห้ง ผักดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ปลา (29, 32, 33, 34) โดยวิธีการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในอาหารนั้นสามารถทำได้หลายวิธี กล่าวคือ อาจใส่โดยตรงในอาหาร หรือพ่นบริเวณผิวรอบนอกของผลิตภัณฑ์ หรือแช่ผลิตภัณฑ์อาหารลงในสารละลายของโปแตสเซียมซอร์เบท หรือใช้เคลือบผิวภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุอาหารก็ได้ (29,32) ทั้งนี้ปริมาณที่อนุญาตให้ใส่ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 18 อนุญาตให้ใช้โปแตสเซียมซอร์เบทได้ในปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร (35)

ส่วนการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของโปแตสเซียมซอร์เบทจะอยู่ในรูปกรดอิสระ (free undissociated acid) หรือกรดซอร์บิค (29, 32) โดยมีกลไกการยับยั้งที่เป็นเพียงข้อสมมติฐานกล่าวว่า กรดซอร์บิคจะยับยั้งการทำงานของ dehydrogenase

ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในกระบวนการ β-oxidation ของกรดไขมัน กระบวนการดังกล่าว มีสารตัวกลางเป็นกรดซอร์บิคที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานสำหรับใช้ในกระบวนการเมตาโบลิซึม และการเจริญเติบโตของเชื้อรา หากมีการล่ะล่มของตัวกลางเช่นการเติมกรดซอร์บิคใน อาหารจะมีผลให้ dehydrogenase ของเชื้อราไม่สามารถทำงานตามปกติได้ กระบวนการ β-oxidation ของกรดไขมันก็จะไม่เกิดขึ้น เชื้อราจึงไม่มีพลังงานสำหรับใช้ในกระบวนการ เมตาโบลิซึม และการเจริญเติบโตต่อไป (36) บางสมมติฐานกล่าวว่ากรดซอร์บิคจะสามารถ ยับยั้งการทำงานของ sulfhydryl enzyme ของจุลินทรีย์ได้แก่ hexakinase, ribonuclease เป็นต้น ทำให้การเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์หยุดชะงักลง (37)

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโปแตสเซียมซอร์เบท (29)

ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของ โปแตสเซียมซอร์เบท ได้แก่ปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบท, pH ของอาหาร ชนิดของจุลินทรีย์ จำนวนจุลินทรีย์ จะพิจารณารายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังนี้

- ปริมาณของโปแตสเซียมซอร์เบท ถ้าโปแตสเซียมซอร์เบทมีปริมาณมาก ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น

- pHของอาหาร ถ้า pH ต่ำลงประสิทธิภาพในรูปกรดซอร์บิคจะเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งลักษณะที่เอาเครื่องในออก ไม่ผ่าท้องผ่านขั้นตอนการแช่สารละลาย โปแตสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.6, pH 5.9 นาน 1 นาที เก็บที่อุณหภูมิห้องจะสามารถยับยั้ง การเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าปลาหมึกกล้วยแห้งที่ไม่ใช้โปแตสเซียมซอร์เบทถึง เท่าตัว (27)

- ชนิดของจุลินทรีย์ โปแตสเซียมซอร์เบทจะสามารถยับยั้งการเจริญ เติบโตของเชื้อราและยีสต์ได้ดีกว่าแบคทีเรีย (29, 32) ไพโรจน์ (27) ได้ทดลองพบว่า การใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา อย่างเด่นชัด ขณะที่มีผลต่อแบคทีเรียค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตามยังพบว่าเชื้อราบางสายพันธุ์ เช่น Penicillium sp. ก็สามารถใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในอาหารได้เช่นกัน (38)

- จำนวนจุลินทรีย์ ถ้ามีจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในอาหารมาก ปริมาณ โปแตสเซียมซอร์เบทที่ใช้ต้องมากด้วย

010107

2.5 ภาชนะบรรจุ

หน้าที่ของภาชนะบรรจุโดยทั่วไปแบ่งได้ 3 ประการ (39) คือ

- Protection/Containment เป็นหน้าที่หลักของภาชนะบรรจุ โดยจะใส่หรือเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ให้เป็นอันหนึ่งอันเดียว ปราศจากการเข้าออกของสิ่งใด ๆ ระหว่างการขนย้ายและจำหน่าย และยังช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์จากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้แก่ ความชื้น, จุลินทรีย์ แมลง เป็นต้น ในระหว่างที่เก็บผลิตภัณฑ์ภายในภาชนะบรรจุนั้น ๆ

- Utility/Convenience ภาชนะบรรจุจะให้ความสะดวกสบาย และความง่ายดายในการใช้งาน และการขนส่งของผลิตภัณฑ์

- Advertising/Communication ภาชนะบรรจุจะทำหน้าที่สื่อความหมายระหว่างผู้ผลิต และผู้บริโภค รวมถึงการโฆษณาขายสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน ทำให้ผู้บริโภคเกิดความสนใจอยากซื้อผลิตภัณฑ์นั้น

ภาชนะบรรจุจะทำหน้าที่เหล่านี้ได้แตกต่างกันไปตามชนิดและคุณสมบัติของภาชนะบรรจุที่ใช้ โดยทั่วไปคุณสมบัติที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งคือ

- เป็นภาชนะที่ยืดหยุ่นได้ (flexible) เพื่อสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา เช่น พลาสติก

- ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจะเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นถ้าสามารถดูดซึมความชื้นจากสภาพแวดล้อม (28)

- ใช้ความร้อนปิดผนึกได้

- ราคาถูก และหาซื้อได้ง่าย

คุณสมบัติของพลาสติกบางชนิด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

2.6 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ตามคำกำจัดความ IFT (41) อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จะหมายถึงช่วงระยะเวลาระหว่างการผลิตไปจนถึงการนำออกขายปลีก โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ มีปัจจัย

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของพลาสติกบางชนิด (40)

Property \ Type of plastic	Unit	Low density Polyethylene (LDPE)	Polypropylene (pp)
Thickness range	in	0.0003 & up	0.0075 - 0.010
Water absorption 24 hr.	%	<0.01	<0.005
Rate of water-vapor Transmission at 100°F	g-mm/m^2/24 hr.	0.4-0.6	0.27
Heat-sealing temperature range	°F	250-400	285-400

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลายอย่างที่มีผลต่ออายุของผลิตภัณฑ์ เช่น องค์ประกอบของอาหาร, กรรมวิธีการผลิต, ภาชนะบรรจุ และสภาวะที่ใช้ระหว่างขนส่งหรือเก็บรักษาซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (41, 42)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บ จะเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใหญ่ 3 ประการ (43) คือ

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ประเภททนแห้งได้ดี จะมีบทบาทต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้ง (27, 28) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งที่ยังบริโภคได้ จะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณเชื้อราไม่เกิน 1,000 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (44)

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอันเนื่องมาจากสาเหตุทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยไม่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพได้ โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญคือ การเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิด สารสีน้ำตาล (browning reactions) และการเปลี่ยนแปลงที่ก่อให้เกิดการเหม็นหืน (rancidity)

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอันเนื่องมาจากสาเหตุทางกายภาพ

มักเกิดจากการขนส่งที่ไม่ระมัดระวังทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากจุลินทรีย์และทางเคมีต่อไป

นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บ ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกล้วยแห้งยังมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสอีกด้วย พบว่า การประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบ จะสามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ (27)

2.7 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (Organoleptic properties)

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรสชาติ และเนื้อสัมผัส วิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะเหล่านี้ ส่วนมากใช้วิธีการให้คะแนน (45, 46) โดยการเลือกผู้ทดสอบประมาณ 10-12 คน แล้วทำการฝึกฝนให้คุ้นเคยกับลักษณะต่าง ๆ เพื่อผู้ทดสอบสามารถให้หมายเลขของตัวอย่างตรงตามคะแนนและลักษณะที่กำหนดไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย