การปรับปรุงกรรมวิธีอบแห้ง คุณภาพ และความสามารถในการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้ง

นางสาวตรุณี พีรพัฒนกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974 - 566 - 244 - 5

011801

I15581020

Improvement of the Drying Process, Quality and Rehydrating Capability of Dried Cuttlefish

Miss Darunee Peerapatanakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกรรมวิธีอบแห้ง คุณภาพ และความสามารถในการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้ง
โดย	นางสาว ตรุณี พีรพัฒนกุล
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.รมณี ล่องวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ โสมพรรษ์ พูลผล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. รมณี ล่องวนดีกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงกรรมวิธีอบแห้ง คุณภาพ และความสามารถในการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้ง
ชื่อนิสิต	นางสาวตรุณี พีรพัฒนกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.รมณี ล่วงนตีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ โสมพรรษ์ พูลผล
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา	2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปลาหมึกกระดอง (Sepia sp.) เป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และมีแนวโน้มว่าจะมีการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทดลองทำการเพาะเลี้ยงปลาหมึกกระดองเชิงพาณิชย์ขึ้นและได้ผลดีพอสมควร ปลาหมึกกระดองมีการส่งเป็นสินค้าออกในรูปของปลาหมึกกระดองแช่แข็ง ทำแห้ง ทำเค็ม เป็นต้น โดยเฉพาะปลาหมึกกระดองแห้งเป็นที่นิยมในตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น และฮ่องกง ซึ่งในแต่ละปีจะส่งออกเป็นปริมาณมากที่สุดคือร้อยละ 90 ของปริมาณการส่งออกปลาหมึกแห้งทั้งหมด การทำแห้งแบบพื้นบ้านชาวประมงมักทำแห้งปลาหมึกด้วยวิธีการดั้งเดิม คือ ตากแดดกลางแจ้ง ซึ่งไม่สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากฝุ่นละออง แมลงวัน หนู หรือสัตว์รบกวนอื่น ๆ ได้ และจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ คือ ศึกษากรรมวิธีทำแห้งปลาหมึกกระดองสด ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยกที่สร้างขึ้นและตากแดดกลางแจ้ง ศึกษาความสามารถในการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) หรือ Sodium citrate $\left[C_3H_4(OH)(COONa)_3 \cdot 2H_2O\right]$ ก่อนทำแห้ง พัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกระดองแห้งปรุงรส ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet ตลอดทั้งศึกษาภาชนะบรรจุและอายุการเก็บที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์

การทำแห้งปลาหมึกกระดองสดด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก ขนาดกว้าง X ยาว X สูง = 80 ซม. X 50 ซม. X 100 ซม. มีอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งอยู่

ในช่วง 38-65 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 25-70 โดยวางตะแกรงในตู้อบแห้งและแขวน พบว่า การแขวนให้ผลดีกว่าทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี และสามารถทำแห้งปลาหมึกกระดองสดได้คราวละ 2-3 กิโลกรัม/ปริมาตรภายในตู้อบแห้ง 0.4 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้เวลาประมาณ 18-20 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 18-22 ในขณะที่การตากแดดกลางแจ้งใช้เวลาประมาณ 24-28 ชั่วโมง ปลาหมึกกระดองแห้งที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 วิธีจะบรรจุถุงโพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีนและเก็บที่อุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส) โดยตรงล่อบคุณภาพหลังจากเก็บไว้ 0 1 2 3 และ 4 เดือน จากการตรวจสอบและวิเคราะห์พบว่า วิธีทำแห้งทั้ง 2 วิธี ทำให้คุณภาพในด้านลักษณะปรากฏ จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและรา มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ปลาหมึกกระดองแห้งที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยกมีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและราน้อยกว่าการตากแดดกลางแจ้ง และหลังจากเก็บไว้เป็นระยะเวลา 2 เดือนจะมีผงนวลยาวเกิดขึ้น วิธีทำแห้งทั้ง 2 วิธีและภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด ทำให้คุณภาพด้านกลิ่นและลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะเวลาเก็บทำให้คุณภาพต่าง ๆ ที่ตรวจสอบมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงโพลีเอทธีลีนหรือโพลีโปรไพลีนไว้เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยที่ผู้ทดสอบยังยอมรับในคุณภาพ

จากผลการทดลองเกี่ยวกับการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้ง พบว่า การแช่ปลาหมึกกระดองสดในสารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำแห้ง ทำให้ปลาหมึกกระดองแห้งสามารถดูดน้ำคืนได้ดีกว่ากรณีไม่แช่สารละลายนี้และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืนในถุงโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีนที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยที่ผู้ทดสอบยังยอมรับในคุณภาพ และจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดไม่เกิน 10^6 โคโลนี/กรัม

การทำปลาหมึกกระดองแห้งปรุงรสในรูปแบบของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรสพบว่าสามารถใช้เครื่องปรุงรสซึ่งประกอบด้วย ซีอิ๊วดำ น้ำตาลทราย เกลือ พริกป่น และพริกไทยป่น ได้ในอัตราส่วน กรัม/100 กรัมเนื้อปลาหมึกดังนี้ 0.5 15.0 0.5 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ และความหนาของแผ่นที่ควบคุมโดยน้ำหนักคือ 10.00 กิโลกรัม/ตารางเมตร

โดยทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet จนมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 15-16 เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งแล้วในถุงโพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีนที่อุณหภูมิห้อง (28-31 องศาเซลเซียส) ตรวจสอบคุณภาพหลังจากเก็บไว้ 0 20 40 60 80 100 และ 120 วัน พบว่าวิธีทำแห้งทั้ง 2 วิธี ภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด และระยะเวลาเก็บ ทำให้คุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ วิธีทำแห้งทั้ง 2 วิธี ภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด ทำให้ปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและรา ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะเวลาเก็บทำให้ปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและรา มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่จำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดและราไม่เกิน 5×10^4 และ 10^3 โคโลนี/กรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมให้มีได้ในผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแห้งปรุงรส และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นระยะเวลา 120 วัน ในถุงโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีนโดยที่ผู้ทดสอบทั้งหมดยังยอมรับในคุณภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Improvement of the Drying Process, Quality and Rehydrating Capability of Dried Cuttlefish
Name	Miss Darunee Peerapatanakul
Thesis Advisor	Lecturer Romanee Sanguandeekul, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Lecturer Sompan Poonphon, M.S.
Department	Food Technology
Academic Year	1985

ABSTRACT

Cuttlefish (Sepia sp.) is the vital resources of aquatic animals in the national economy of Thailand and has the tendency to increase in production because they can be cultivated with good productivity. Cuttlefish is exported in the form of freezing, drying, salting, etc. Dried cuttlefish which export in the most quantity at about 90 percent of the total exportation of the dried squid and cuttlefish each year are popular in foreign market such as Japan and Hong Kong. Locally fishermen dries the cuttlefish by traditional sun drying which submitted to adverse effects cause by dust, dirt, insect and animal infestation resulting in low quality dried products. So the objectives of this research are to study the drying process of cuttlefish by the solar dryer with separate air heater that has been built compare with sun drying, then study the rehydrating capability of dried cuttlefish which immerse in solution of di-sodium hydrogen phosphate or sodium citrate prior to drying, develop the dried seasoned

cuttlefish product by using solar dryer with separate air heater and the cabinet dryer, and study the suitable packaging and shelf-life of the products.

The temperature and relative humidity of the drying process of cuttlefish by the solar dryer with separate air heater (80 cm. wide, 50 cm. deep and 100 cm. high) were 38-65°c and 25-70 percent respectively. The cuttlefish were laid on the sieve or hung, it was found that the hanging method was better and gave the products of good quality, this method could be used to dry 2-3 kg./0.4 m^3 of drying chamber batch of cuttlefish to a moisture content of 18-22 percent (wet basis) in about 18-20 hours while sun drying required about 24-28 hours. The dried cuttlefish from both drying processes were packed in polyethylene and polypropylene bags and stored at room temperature (28-31°c) for 0, 1, 2, 3 and 4 months. It was found that both drying processes gave the products that different significantly at 95 percent confidence level in the appearance quality, total viable count and mold count. Total viable count and mold count of dried cuttlefish from solar dryer with separate air heater were less than sun drying and the white powder appeared on the surface of dried cuttlefish from solar dryer with separate air heater after stored for 2 months. Both drying process and packagings affected the aroma and texture significantly at 95 percent confidence level, but the storage time affected all characterristic studied significantly at 95 percent confidence level. The dried cuttlefish could be packed in polyethylene or polypropylene bags and stored for 4 months and still be accepted by taste panel.

In the study of the rehydration of dried cuttlefish, it was found that immersion of the cuttlefish in 0.7 g/100 ml. solution of di-sodium hydrogen phosphate for 24 hours before drying resulting in better rehydration than the control. The rehydrated cuttlefish packed in polyethylene and polypropylene bags could be stored at 3°c for 14 days and still be accepted and total viable count of the product were below 10^6 colonies/g.

The dried seasoned cuttlefish was made in the form of pasted sheet. The seasoning were soya bean sauce, sugar, salt, chilli and pepper in the percentage ratio of 0.5 15.0 0.5 0.1 and 0.1 respectively and the paste thickness was 10.00 kg./m^2. The seasoned cuttlefish was dried by using the solar dryer with separate air heater and the cabinet dryer to a moisture content of 15-16 percent (wet basis). The product was packed in polyethylene and polypropylene bags and stored at room temperature (28-31°c), tested the quality after storage for 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 days. The experimental results indicated that both drying processes, packagings and storage time had no effect on the color, flavour, texture and total quality of the product at 95 percent confidence level. But both drying processes and packagings had no effect on humidity, total viable count and mold count. The storage time affected humidity, total viable count and mold count significantly at 95 percent confidence level. Total viable count and mold count were not more than 5 x 10^4 and 10^3 colonies/g. respectively which meets the standard for dried seasoned squid of Thailand. The product had at least 120 days shelf-life at room temperature in polyethylene or polypropylene bags.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ เพราะได้รับความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ฝ่าย ซึ่งผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เขียนในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.รมณี ล่องวนดีกุล และอาจารย์ โสมพรรษ์ พูลผล อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดในการวิจัยตลอดจนแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทนา อิศรางกูร ณ อยุธยา หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ ที่กรุณาให้ใช้ดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ 1 เป็นสถานที่ติดตั้งตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณ กฤติกา เย่ยสุวรรณ์ ที่ให้ความสะดวกในการเบิกจ่าย ดูแลดาดฟ้าตึกฟิสิกส์ 1 เจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และเคมีเทคนิค รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ คณะกรรมการปฏิบัติการภาระกิจวิจัยอาหาร ที่ให้ทุนวิจัยจากเงินอุดหนุนเพื่อเพิ่มทุนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2526

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ช

กิตติกรรมประกาศ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฑ

สารบัญภาพ ..... ธ

บทที่

1. บทนำ 1

2. วารสารปริทัศน์ 3

2.1 กรรมวิธีการทำให้แห้ง 3

2.1.1 การทำอาหารแห้งแบบต่าง ๆ 3

2.1.2 การปรับปรุงกรรมวิธีการทำให้แห้ง 3

2.2 ประเภทของเครื่องอบแห้ง 5

2.2.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 5

2.2.2 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet 6

2.3 การศึกษาวิจัยการทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 6

2.4 กลไกการแห้งทางทฤษฎี 7

2.4.1 เงื่อนไขภายในและภายนอกของการแห้ง 8

2.4.1.1 กลไกภายในของการไหลของของเหลว 8

2.4.1.2 ตัวแปรภายนอก 9

2.4.2 ช่วงเวลาของการแห้ง 9

2.4.2.1 ช่วงเวลาที่อัตราการแห้งคงที่ 12

2.4.2.2 ช่วงเวลาที่อัตราการแห้งลดลง 13

2.5 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในการทำแห้ง 13

2.5.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ 13

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี 14

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6 ปลาหมึกกระดอง 14

2.6.1 ชนิดของปลาหมึกกระดอง 14

2.6.2 ปริมาณการจับปลาหมึกกระดอง 15

2.6.3 การเพาะเลี้ยงปลาหมึกกระดองเชิงพาณิชย์ 17

2.6.4 คุณค่าทางอาหารของปลาหมึกกระดอง 18

2.6.5 ลักษณะโครงสร้างของเนื้อปลาหมึก 18

2.7 ผลิตภัณฑ์ปลาหมึกกระดองแห้ง 21

2.7.1 ปลาหมึกกระดองแห้ง 21

2.7.1.1 วิธีทางการส่งออก 21

2.7.1.2 การทำปลาหมึกกระดองแห้ง 23

2.7.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสดของปลาหมึกต่อการแบ่งระดับคุณภาพของปลาหมึกแห้ง 23

2.7.1.4 การเกิดผงนวลขาว (White powder) ในปลาหมึกกระดองแห้ง 24

2.7.2 ปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน 25

2.7.2.1 การใช้สารช่วยในการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้ง 25

2.7.2.2 การทำให้เนื้อปลาหมึกนุ่ม (Softening) หลังจากดูดน้ำคืน 26

2.7.3 ปลาหมึกกระดองแห้งปรุงรส 27

2.8 ภาชนะบรรจุและอายุการเก็บผลิตภัณฑ์แห้ง 27

2.8.1 ภาชนะบรรจุ 27

2.8.2 อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ 29

3. การทดลอง 30

4. ผลการทดลอง 46

5. วิจารณ์ผลการทดลอง 118

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ 138

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	141
ภาคผนวก ก.	147
ภาคผนวก ข.	156
ภาคผนวก ค.	159
ภาคผนวก ง.	178
ภาคผนวก จ.	182
ประวัติ	187

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณปลาหมึกกระดองของประเทศไทย อ่าวไทยและทางฝั่งทะเลอันดามัน	17
2.2	คุณค่าทางอาหารของปลาหมึกกระดอง เทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่น	19
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Total volatile nitrogen (mg. %) ของปลาหมึกสดและคุณภาพของปลาหมึกแห้ง	24
2.4	คุณสมบัติต่าง ๆ ของ Sodium citrate และ di - Sodium hydrogen phosphate	25
2.5	คุณสมบัติต่าง ๆ ของโพลิเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน	28
4.1	ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของปลาหมึกกระดองสด เป็นร้อยละ (มาตรฐานเปียก)	46
4.2	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการทำแห้งปลาหมึกกระดอง ให้ได้ความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 18 - 22 ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 4 ชั้น โดยใช้ปลาหมึกกระดองสด 4 กิโลกรัม	60
4.3	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการทำแห้งปลาหมึกกระดอง ให้ได้ความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 18 - 22 ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 3 ชั้น โดยใช้ปลาหมึกกระดองสด 2 กิโลกรัม	60
4.4	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการทำแห้งปลาหมึกกระดอง ให้ได้ความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 18 - 22 ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก แขวนปลาหมึกกระดอง 2 ชั้น โดยใช้ปลาหมึกกระดองสด 2 กิโลกรัม	61
4.5	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการทำแห้งปลาหมึกกระดอง ให้ได้ความชื้นสุดท้าย ร้อยละ 18 - 22 ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก แขวนปลาหมึกกระดอง 2 ชั้น โดยใช้ปลาหมึกกระดองสด 3 กิโลกรัม	61

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.6 การยอมรับในลักษณะปรากฏของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยกและตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 4 เดือน จากจำนวนผู้ทดสอบ 10 คน 63

4.7 คะแนนเฉลี่ยในลักษณะปรากฏของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติก โพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 64

4.8 คะแนนเฉลี่ยในกลิ่นของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติก โพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 65

4.9 คะแนนเฉลี่ยในรสชาติของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน 66

4.10 คะแนนเฉลี่ยในลักษณะเนื้อสัมผัส ของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน 67

4.11 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 4 เดือน 68

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.12 จำนวนเฉลี่ยของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 4 เดือน 69

4.13 จำนวนเฉลี่ยของเชื้อราของปลาหมึกกระดองแห้ง ทำแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตากแดดกลางแจ้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและไพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 4 เดือน 70

4.14 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดน้ำคืนใน 1 ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำคืน ของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di - Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 75

4.15 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดน้ำคืนในช่วง 6 ชั่วโมงต่อมาของการดูดน้ำคืน ของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 76

4.16 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดน้ำคืนใน 2 ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย Sodium citrate $\left[C_3H_4(OH)(COONa)_3 \cdot 2H_2O\right]$ ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมงก่อนทำแห้ง 77

4.17 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดน้ำคืนในช่วง 5 ชั่วโมงต่อมา ของการดูดน้ำคืนของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย Sodium citrate $\left[C_3H_4(OH)(COONa)_3 \cdot 2H_2O\right]$ ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมงก่อนทำแห้ง 78

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายในการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมงของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 79

4.19 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายในการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมง ของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย Sodium citrate [$C_3H_4(OH)(COONa)_3 \cdot 2H_2O$] ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.7 และ 1.0 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 80

4.20 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายในการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมงของปลาหมึกกระดองแห้งที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate และ Sodium citrate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 81

4.21 คะแนนเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพรวมของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 Sodium citrateความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 82

4.22 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสุดท้ายในการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมงของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง 87

4.23 คะแนนเฉลี่ยในลียองปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน.... 93

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.24 คะแนนเฉลี่ยในกลิ่นของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน.... 94

4.25 คะแนนเฉลี่ยในรสชาติของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน.... 95

4.26 คะแนนเฉลี่ยในลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน..... 96

4.27 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพรวมของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/ 100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน..... 97

4.28 การยอมรับในปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0 (Control) และ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จากจำนวนผู้ทดสอบ 10 คน 98

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.29 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน..... 99

4.30 ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ของปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2 HPO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน และโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน 100

4.31 คะแนนเฉลี่ยในสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพรวม ของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ปลาหมึกกระดองเป็นตัวบดปรุงรส และปลาหมึกกระดองป่นปรุงรส 102

4.32 คะแนนเฉลี่ยในสี และลักษณะเนื้อสัมผัส ของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรสที่มีความหนาและความชื้นต่าง ๆ กัน 103

4.33 คะแนนเฉลี่ยในสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพรวมของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส 3 สูตร 104

4.34 ค่าเฉลี่ยคะแนนสีของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 109

4.35 ค่าเฉลี่ยคะแนนกลิ่นของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 110

ตารางที่ (ต่อ) หน้า

4.36 ค่าเฉลี่ยคะแนนรสชาติของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 111

4.37 ค่าเฉลี่ยคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส ของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 112

4.38 ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพรวม ของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วย ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 113

4.39 การยอมรับในปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน จำนวนผู้ทดสอบ 19 คน 114

4.40 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 115

4.41 ค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด ของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 116

4.42 ค่าเฉลี่ยจำนวนราของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก และตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนและโพลีโปรไพลีน เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 เดือน 117

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นร้อยละที่ใช้ของเนื้อเยื่อเป็นพื้นฐานและใช้ของแห้งเป็นพื้นฐาน 10

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลา 11

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งกับความชื้น 11

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งกับเวลา 12

2.5 ปลาหมึกกระดอง (Sepia sp.) 16

2.6 ลักษณะโครงสร้างของเนื้อปลาหมึก 21

2.7 การพองตัวของโปรตีนเมื่ออยู่ในสารละลายต่าง 27

4.1 แบบและมิติตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก 47

4.2 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+——+) อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก { ตะแกรงชั้นบนสุด (●—●) ตะแกรงชั้นที่สอง (⊙—⊙) ตะแกรงชั้นที่สาม (⊙—⊙) ตะแกรงชั้นล่างสุด (⊡—⊡) } และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงดูดรังสี เข้าสู่ตู้อบแห้ง (△—△) (9 - 11 กุมภาพันธ์ 2527). 49

4.3 แสดงค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+——+) อุณหภูมิ { ตะแกรงชั้นบนสุด (●—●) ตะแกรงชั้นที่สอง (⊙—⊙) ตะแกรงชั้นที่สาม (⊙—⊙) และตะแกรงชั้นล่างสุด (⊡—⊡) } ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงดูดรังสี เข้าสู่ตู้อบแห้ง (▲—▲) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดอง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 4 ชั้น และตากแดดกลางแจ้ง { อุณหภูมิกลางแจ้ง (△—△) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลางแจ้ง (▥—▥) } (9 - 12 เมษายน 2527) 50

4.4 ค่าความชื้นของปลาหมึกกระดองในระหว่างการทำแห้ง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 4 ชั้น ตะแกรงชั้นบนสุด (+——+) ตะแกรงชั้นที่สอง (⊙—⊙) ตะแกรงชั้นที่สาม (△—△) ตะแกรงชั้นล่างสุด (⊙—⊙) และตากแดดกลางแจ้ง (⊡—⊡) (9 - 12 เมษายน 2527) 51

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.5 ค่าความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิ {ตะแกรงชั้นบนสุด (⊙—⊙) ตะแกรงชั้นกลาง (⬡—⬡) และตะแกรงชั้นล่างสุด (⊡—⊡)} ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงดูดรังสี เข้าสู่ตู้อบแห้ง (▲—▲) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้น ก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (▦—▦) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดอง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 3 ชั้น และตากแดดกลางแจ้ง {อุณหภูมิกลางแจ้ง (△—△) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลางแจ้ง (▥—▥)} (23 - 26 เมษายน 2527) 52

4.6 ค่าความชื้นของปลาหมึกกระดอง ในระหว่างทำแห้ง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก วางตะแกรง 3 ชั้น ตะแกรงชั้นบนสุด (+—+) ตะแกรงชั้นกลาง (△—△) ตะแกรงชั้นล่างสุด (⬡—⬡) และตากแดดกลางแจ้ง (⊡—⊡) (23 - 26 เมษายน 2527) 53

4.7 ค่าความเข้มพลังงานแล่งอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิ {ชั้นบน (●—●) ชั้นล่าง (⊡—⊡)} ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงดูดรังสี เข้าสู่ตู้อบแห้ง (▲—▲) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้น ก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (⬢—⬢) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดอง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แขวนปลาหมึก 2 ชั้นและตากแดดกลางแจ้ง {อุณหภูมิกลางแจ้ง (△—△) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลางแจ้ง (■—■)} (17 - 20 กันยายน 2527) 54

4.8 ค่าความชื้นของปลาหมึกกระดองในระหว่างการทำแห้ง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แขวนปลาหมึกกระดอง 2 ชั้น ชั้นบน (+—+) ชั้นล่าง (⊙—⊙) และตากแดดกลางแจ้ง (⊡—⊡) (17 - 20 กันยายน 2527) 55

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.9 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิ { ชั้นบน (●—●) ชั้นล่าง (□—□) } ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน ที่ผ่านจากแผงอุดรังสีเข้าสู่ตู้อบแห้ง (▲—▲) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้น ก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (■—■) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดอง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แยวนปลาหมึก 2 ชั้น และตากแดดกลางแจ้ง { อุณหภูมิกลางแจ้ง (△—△) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลางแจ้ง (■—■) } (22 - 25 มกราคม 2528) 56

4.10 ค่าความชื้นของปลาหมึกกระดอง ในระหว่างการทำแห้ง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แยวนปลาหมึกกระดอง 2 ชั้น ชั้นบน (+—+) ชั้นล่าง (⊙—⊙) และตากแดดกลางแจ้ง (□—□) (22 - 25 มกราคม 2528) 57

4.11 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิ { ชั้นบน (●—●) ชั้นล่าง (□—□) } ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงอุดรังสีเข้าสู่ตู้อบแห้ง (▲—▲) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้น ก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (■—■) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดอง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แยวนปลาหมึก 2 ชั้น และตากแดดกลางแจ้ง { อุณหภูมิกลางแจ้ง (△—△) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศกลางแจ้ง (■—■) } (5 - 8 กุมภาพันธ์ 2528) 58

4.12 ค่าความชื้นของปลาหมึกกระดอง ในระหว่างการทำแห้ง 3 - 4 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก แยวนปลาหมึกกระดอง 2 ชั้น ชั้นบน (+—+) ชั้นล่าง (⊙—⊙) และตากแดดกลางแจ้ง (□—□) (5 - 8 กุมภาพันธ์ 2528) 59

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.13 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0 (⊙—⊙) 0.4 (◍—◍) 0.7 (+—+) และ 1.0 (△—△) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการอบแห้งที่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา เซลเซียส 73

4.14 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0 (⊙—⊙) 0.4 (◍—◍) 0.7 (+—+) และ 1.0 (△—△) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการอบแห้งที่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา เซลเซียส 73

4.15 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย Sodium citrate ความเข้มข้นร้อยละ 0 (⊙—⊙) 0.4 (◍—◍) 0.7 (+—+) และ 1.0 (△—△) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการอบแห้งที่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา เซลเซียส 74

4.16 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย Sodium citrate ความเข้มข้นร้อยละ 0 (⊙—⊙) 0.4 (◍—◍) 0.7 (+—+) และ 1.0 (△—△) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการอบแห้งที่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา เซลเซียส 74

4.17 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิขั้นบนที่แขวนปลาหมึก Control (⊙—⊙) อุณหภูมิขั้นล่างที่แขวนปลาหมึกแช่สารละลาย Na_2HPO_4 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (△—△) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยกความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านจากแผงดูดรังสี เข้าสู่ตู้อบแห้ง (⊙—⊙) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้นก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (⊡—⊡) ในขณะทำแห้งปลาหมึกกระดอง ที่ผ่านการแช่สารละลาย Na_2HPO_4 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 และ 0 (Control) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง (17 - 19 กรกฎาคม 2528) 84

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.18 ค่าความยืนของปลาหมึกกระดองที่แช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง (⊙—⊙) และไม่แช่สารละลาย Na_2HPO_4 (Control) (△—△) ขณะทำแห้ง 3 วัน ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแล่งอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก 85

4.19 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้อนร้อยละ 0.7 (+——+) และ 0 (Control) (⊙—⊙) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา-เซลเซียส (การทดลองครั้งที่ 1) 86

4.20 น้ำหนักของปลาหมึกกระดองแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (+——+) และ 0 (Control) (⊙—⊙) (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง ในขณะทำการดูดน้ำคืน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 องศา-เซลเซียส (การทดลองครั้งที่ 2) 86

4.21 ลักษณะเนื้อเยื่อโปรตีนที่ผิวในของตัวปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน

ก. แช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำแห้ง และไม่แช่สารละลาย 0.2N Sodium hydroxide 88

ข. แช่สารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง และแช่สารละลาย 0.2 N Sodium hydroxide เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากดูดน้ำคืน 88

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.22 ลักษณะเนื้อเยื่อโปรตีน ที่ผิวนอกของตัวปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน

ก. แช่ล่ารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง และไม่แช่ล่ารละลาย 0.2 N Sodium hydroxide 89

ข. แช่ล่ารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง และแช่ล่ารละลาย 0.2 N Sodium hydroxide เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากดูดน้ำคืน 89

4.23 ลักษณะเนื้อเยื่อโปรตีนที่ภาคตัดขวางของตัวปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่ล่ารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้ง และแช่ล่ารละลาย 0.2 N Sodium hydroxide เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากดูดน้ำคืน

ก. ภาคตัดขวางของชิ้นตัวอย่างบริเวณด้านที่ติดกับผิวใน 90

ข. ภาคตัดขวางของชิ้นตัวอย่างบริเวณตรงกลางชิ้น 90

ค. ภาคตัดขวางของชิ้นตัวอย่างบริเวณด้านที่ติดกับผิวนอก 90

ง. ภาคตัดขวางของชิ้นตัวอย่างขยายจากรูป ค. 90

4.24 ลักษณะเนื้อเยื่อโปรตีนภาคตัดขวางของตัวปลาหมึกกระดองแห้งดูดน้ำคืน ที่ผ่านการแช่ล่ารละลาย di-Sodium hydrogen phosphate ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 (กรัม/100 มิลลิลิตร) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำแห้งและไม่แช่ล่ารละลาย 0.2 N Sodium hydroxide

ก. ใช้มือฉีก 91

ข. ใช้มีดตัด 91

4.25 ปริมาณความชื้นของปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ในขณะทำแห้งด้วย ตู้อบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก (△—△) และตู้อบแห้งลมร้อน แบบ Cabinet (⊙—⊙) (การทดลอง 2 ครั้ง) 105

รูปที่ (ต่อ) หน้า

4.26 อุณหภูมิ (□—□) และความชื้นสัมพัทธ์ (⊙—⊙) ภายในตู้อบแห้งลมร้อนแบบ Cabinet ในขณะทำแห้งปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส (การทดลอง 2 ครั้ง) 106

4.27 ค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ (+—+) อุณหภูมิชั้นบน (⊙—⊙) อุณหภูมิชั้นล่าง (△—△) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ผ่านแผงดูดรังสีเข้าสู่ตู้อบแห้ง (□—□) และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้นก่อนออกจากช่องระบายอากาศชื้นของตู้อบแห้ง (⊙—⊙) ในการทำแห้งปลาหมึกกระดองบดแผ่นปรุงรส ด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีแผงรับรังสีแยก (7 มีนาคม 2528) (การทดลอง 2 ครั้ง)..... 107

ง. 1 Solar radiometer 178

ง. 2 Calibration curve 179

ง. 3 ตู้อบแห้งลมร้อน แบบ Cabinet 180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย