การอบแห้งปลากะตักสด แช่น้ำเกลือและต้มด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

พนารัตน์ สังข์อินทร์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พนารัตน์ สังข์อินทร์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.สิริมา ชินสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ ชินสาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวภา ไหวพริบ)

..... กรรมการ
(ดร.สิริมา ชินสาร)

..... กรรมการ
(ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะ ชินสาร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณ์ทนา ภาณุพินทุ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา
จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2551

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.สิริมา ชินสาร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และ ผศ.ดร.กฤษณะ ชินสาร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณ ผศ.ดร.เยาวภา ไหวพริบ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อน พี่ น้อง นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี ตลอดจนให้กำลังใจจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย และบริษัททีพีเอส มารีน โปรดักส์ จังหวัดชลบุรี ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทำวิจัย

ท้ายที่สุดขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวสังข์อินทร์ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุนทั้งกำลังใจ และทุนทรัพย์ในการศึกษามาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอนมาเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พนารัตน์ สังข์อินทร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

48910912: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร; วท.ม.
(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
คำสำคัญ: การอบแห้ง/ ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง/ ปลากะตัก/ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พนารัตน์ สังข์อินทร์: การอบแห้งปลากะตักสด แช่น้ำเกลือและต้มด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (SUPERHEATED STEAM DRYING OF FRESH, SALTED AND BOILED ANCHOVIES (*STOLEPHORUS INDICUS*)) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สิริมา ชินสาร, วท.ด., วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, ปร.ด., กฤษณะ ชินสาร, วท.ด. 142 หน้า. ปี พ.ศ. 2552.

ศึกษาผลของการอบแห้งปลากะตักที่มีการเตรียมขั้นต้น 3 วิธี (สด แช่น้ำเกลือ และต้ม) ด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (120 130 และ140 °C) พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งปลากะตักลดลง การเปลี่ยนแปลงของความชื้นระหว่างการอบแห้งอธิบายได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Newton และ Page โดยมีค่า SEE น้อยกว่า 1.0 และค่า R^2 มากกว่า 0.90 ในทุกการทดลอง ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (9.65-14.63) และการหดตัว (62.17-76.09 เปอร์เซ็นต์) ($p<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (0.75-1.81) และค่าความแข็ง (28.99-33.80 นิวตัน) ($p\geq0.05$) ค่าการหดตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าการคืนตัวมีแนวโน้มต่ำลง เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณเกลือ (1.79-6.02 เปอร์เซ็นต์) เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (0.91-1.05 เปอร์เซ็นต์) และทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ($(2.10– 6.3) \times 10^2$ โคโลนีต่อกรัม) เชื้อราและยีสต์ และ *S. aureus* (น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของการส่งออกปลากะตักต้มตากแห้ง ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าปลากะตักอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 °C ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดที่ระดับคะแนนความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง การศึกษาดีซอร์พชั่นไอโซเทอร์มของปลากะตัก พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB สามารถใช้ทำนายปริมาณความชื้นสมดุลของปลากะตักที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60°C ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจากการทดลอง โดยมีค่า SEE เท่ากับ 0.924, 0.773 และ 0.832 และค่า R^2 เท่ากับ 0.974, 0.964 และ 0.956 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

48910912: MAJOR: FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY; M.Sc. (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)

KEYWORDS: DRYING / SUPERHEATED STEAM/ ANCHOVY/ MATHEMATICAL MODELS

PANARAT SUNG-IN: SUPERHEATED STEAM DRYING OF FRESH, SALTED AND BOILED ANCHOVIES (*STOLEPHORUS INDICUS*). ADVISORY COMMITTEE: SIRIMA CHINNASARN, Ph.D., WICHAMANEE YUENYONGPUTTAKAL, Ph.D., KRISANA CHINNASARN, Ph.D. 142 P. 2010.

Effect of the 3 pretreated anchovies (fresh, salted and boiled) drying by using superheated steam at 3 drying temperatures (120, 130 and 140°C) was studied. Results revealed that increase in drying temperature decreased drying time. Newton and Page model were able to describe the moisture change during drying with the SEE less than1.0 and the R^2 more than 0.90 in all experiments. Physical properties of final products showed the effect of drying temperature on yellowness (b*) (9.65-14.63) and shrinkage value (62.17-76.09 %) ($p<0.05$); however, redness (a*) and hardness value (28.99-33.80 newton) were not significant difference for all three cases ($p\geq0.05$). Shrinkage value tended to increase with temperature, whereas rehydrated value tended to decrease. Chemical properties, which were salt content (1.79-6.02 %) and acid insoluble ash (0.91-1.05 %) and microbiological properties, which were total plate count ((2.10– 6.3) $x10^2$ cfu/g), yeast and molds and *S. aureus* (<10 cfu/g), showed that the quality of dried products was on the standard of export boiled dried anchovy for all three cases. Sensory evaluation indicated that fresh anchovy which was dried at 130°C obtained the highest overall liking score as a degree of slightly to moderately. Subsequently, the Desorption isotherm of anchovy was studied. GAB model was able to predict the equilibrium moisture content of anchovy at 40, 50 and 60°C in good agreement with the experimental data with the SEE of 0.924, 0.773 and 0.832 and the R^2 of 0.974, 0.964 and 0.956, respectively.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ปลากะตัก	4
ปลากะตักต้มตากแห้ง	5
ร่างมาตรฐานปลากะตักต้มตากแห้ง	8
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแห้ง	8
การอบแห้ง	10
การอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	10
ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	10
กลไกในการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	12
อุณหภูมิอินเวอร์ชัน	15
การจำลองการเคลื่อนที่ของความชื้น	15
สัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผล	16
เครื่องอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	18
สมการจลศาสตร์ของการอบแห้ง	19
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง	21
ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง	25

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง 26
การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแห้ง 29
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์..... 31
ความชื้นในวัสดุ..... 32
ความชื้นสมดุลของวัสดุ 32
วอเตอร์แอคติวิตี้ 34
บทบาทของวอเตอร์แอคติวิตี้ต่อคุณภาพอาหาร..... 35
มอยเจอร์ซอร์พชั่นไอโซเทอร์ม 36
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความชื้นสมดุล..... 37
3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
วัตถุดิบ..... 44
เครื่องมือและอุปกรณ์ 44
สารเคมี 45
เชื้อจุลินทรีย์..... 45
อาหารเลี้ยงเชื้อ..... 45
วิธีดำเนินการวิจัย..... 45
4 ผลการวิจัย..... 53
5 อภิปรายและสรุปผล..... 90
อภิปรายผล..... 90
สรุปผล..... 112
ข้อเสนอแนะ..... 113
บรรณานุกรม..... 115
ภาคผนวก..... 126
ประวัติย่อผู้วิจัย..... 142

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	คุณค่าทางโภชนาการของปลากะตักต้มตากแห้ง	7
2-2	แบบจำลองการอบแห้ง	23
2-3	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการใช้ในการเจริญ	30
2-4	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สมการของ GAB ในการทำนายความชื้นสมดุล	39
2-5	แบบจำลองซอร์พชั่นไอโซเทอร์ม	41
3-1	วิธีการเตรียมและอุณหภูมิในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลากะตัก	50
3-2	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารละลายเกลืออิ่มตัวแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ	51
4-1	คุณภาพทางเคมีของปลากะตัก	54
4-2	ค่าความชื้นสมดุลของปลากะตักสด ปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ และปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ	56
4-3	สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นและเวลาของการอบแห้งปลากะตัก ในช่วง 1 นาทีแรก	61
4-4	ค่าคงที่ ค่า SEE และค่า R^2 ของแบบจำลอง Newton และ Page	67
4-5	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพของปลากะตัก	69
4-6	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	73
4-7	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางกายภาพของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	76
4-8	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลากะตัก	78
4-9	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	80
4-10	ผลของอุณหภูมิการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์	81

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-11	ภาพคัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ของกล้ามเนื้อปลากะตักอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120 130 และ 140 °C หลังคืนตัว	82
4-12	ภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ของกล้ามเนื้อปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 °C หลังคืนตัว	83
4-13	ภาพตัดขวางจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ของกล้ามเนื้อปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 °C หลังคืนตัว	84
4-14	ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลากะตักอบแห้ง	86
4-15	ค่าคงที่, ค่า SEE และค่า R^2 ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB ของปลากะตักที่อุณหภูมิต่าง ๆ	89

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ขั้นตอนการทำปลากะตักต้มตากแห้ง	7
2-2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความดันไอและการเกิดวัฏภาคของน้ำ น้ำแข็ง และไอน้ำ	11
2-3	กลไกในการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	14
2-4	เครื่องอบแห้งแบบใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	18
2-5	การเกิดฮีสตามีนในสัตว์น้ำ	29
2-6	ความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ กับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหาร	34
2-7	กราฟมอยเจอร์ซอร์พชั่นไอโซเทอร์ม	36
4-1	ปลากะตักสด *(Stolephorus indicus)*	53
4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งปลากะตักที่อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 °C	55
4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 120 130 และ 140 °C	55
4-4	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 120 130 และ 140 °C	56
4-5	(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักที่อุณหภูมิ120, 130 และ 140 °C (ความชื้นเริ่มต้น 427 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักที่อุณหภูมิ120, 130 และ 140 °C ในช่วง 1 นาทีแรกของการอบแห้ง	58
4-6	(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ120, 130 และ 140 °C (ความชื้นเริ่มต้น 380 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ120, 130 และ 140 °C ในช่วง 1 นาทีแรกของการอบแห้ง	59

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-7	(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 120, 130 และ 140 °C (ความชื้นเริ่มต้น 323 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ120, 130 และ 140 °C ในช่วง 1 นาทีแรกของการอบแห้ง	60
4-8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	62
4-9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	62
4-10	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	63
4-11	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	63
4-12	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	64
4-13	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	64
4-14	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	65
4-15	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	65

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-16	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาของการอบแห้งของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 140 °C ที่ได้จากการทดลองและจากการทำนาย	66
4-17	การคืนตัวของปลากะตักที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ140 °C	71
4-18	การคืนตัวของปลากะตักแช่ในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ140 °C	74
4-19	การคืนตัวของปลากะตักต้มในน้ำเกลือ 3 เปอร์เซ็นต์ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120, 130 และ140 °C	77
4-20	ดีซอร์พชั่นไอโซเทอร์มของปลากะตัก ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนาย ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ GAB	88

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University