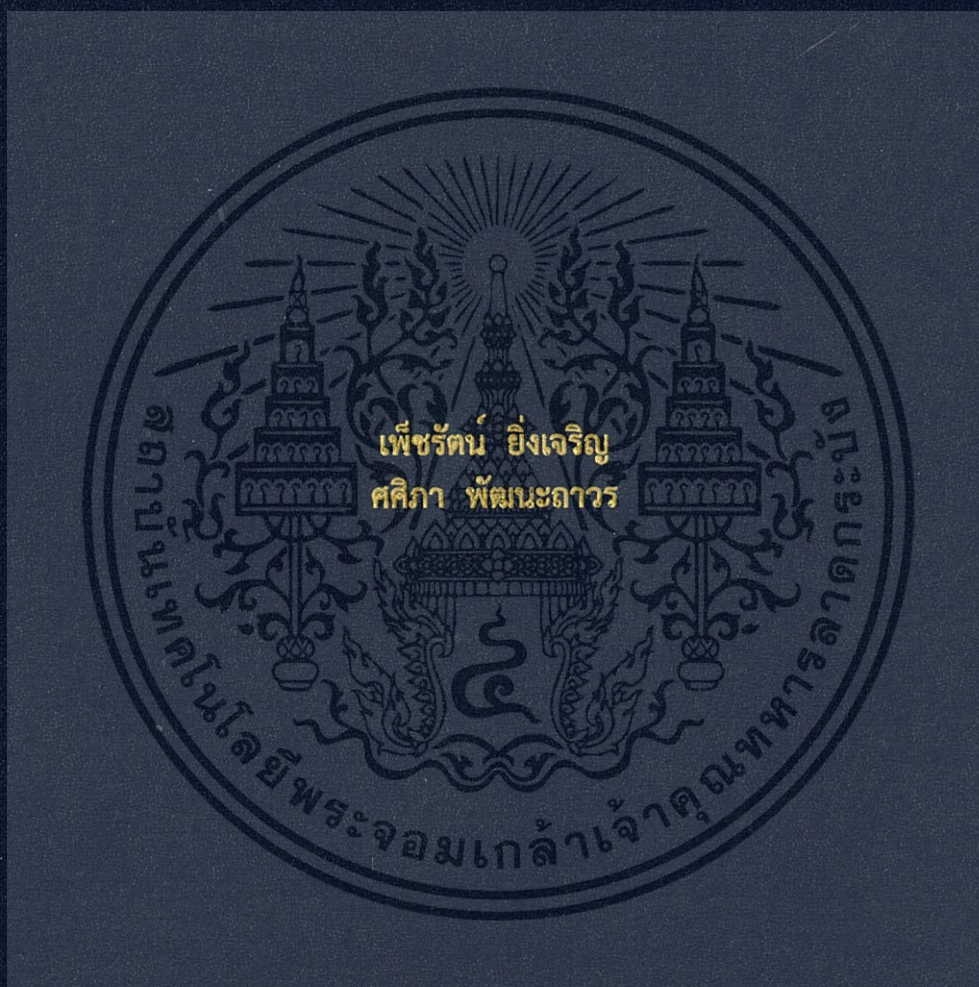


เทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง

TECHNIQUES AND OPTIMIZED CONDITION FOR DRYING OF
SHRIMP SHELL



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง
TECHNIQUES AND OPTIMIZED CONDITION FOR DRYING OF
SHRIMP SHELL



T148896



เลขหมู่... 148896
ลงทะเบียน...
วันเดือนปี... 30 มิ.ย. 2559

b. 12876781
l.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง TECHNIQUES AND OPTIMIZED CONDITION FOR DRYING OF SHRIMP SHELL

จัดทำโดย

เพ็ชรรัตน์ ยิ่งเจริญ รหัสนักศึกษา 55080041

ศศิภา พัฒนะถาวร รหัสนักศึกษา 55080058

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

...11.../...พฤษภาคม.../2559.

(ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Techniques and optimized condition for drying of shrimp shell
Student name	Petcharat Yingcharoen Student ID 55080041 Sasipa Pattanathavorn Student ID 55080058
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2016
Advisor	Assist.Prof.Dr. Soraya Kerdpi boon

ABSTRACT

This research was to optimize drying technique and condition for drying of shrimp shell, waste from fishery industries. Drying techniques and conditions used in this research were using of hot air tray drying of 50, 70 and 90° C, hot air oven of 180, 190 and 200° C and microwave of 700 watt. During shrimp shell drying, shrimp shell was sampling to determine moisture content for drying curve determination. It was found that, initial moisture content of 61.6 - 76 (w.b.). Based on drying technique and condition in this research, moisture content of shrimp shell decreased with drying temperature and time increased. Dried shrimp shell was evaluated physical properties and it was found that drying conditions affected lightness and redness of sample. This is because of pigment degraded after heating. In addition, drying conditions affected rehydration ratio of the rehydrated sample. Using of higher drying temperature tended to increase rehydration ratio of sample. Dried shrimp shell after drying using hot air tray drying of 50° C for 150 minute and microwave of 700 watt for 150 second had moisture contents of 3.93 %d.b. and 2.92 %d.b., respectively, presented high rehydration ratio. Dried shrimp shell using hot air tray dryer had protein, ash and carotenoid of 41.85%, 23.66% and 1070 mg/kg dry wt, while dried shrimp shell using microwave had protein, ash and carotenoid of 39.62%, 23.21% and 1193 mg/kg dry wt, respectively.

Keywords: Shrimp shell, Drying, *Litopenaeus vannamei*

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง เทคนิคและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเปลือกกุ้งขาวอบแห้ง “Techniques and optimized condition for drying of shrimp shell” เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำการทดลอง อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบคุณนางสาววันทนี ช่างน้อย นางสาวลำพิง พุ่มจันทร์ นางฉวี ยิ้มยนต์ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ในการทดลอง นอกจากนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ไพฑูริย์ ยิ่งเจริญ
ศศิปา พัฒนะถาวร
11 พฤษภาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 สถานการณ์การผลิตและการส่งออกกุ้งไทย.....	3
2.2 กุ้งขาวแวนนาไม.....	4
2.3 เปลือกกุ้ง.....	5
2.4 แครอทินอยด์.....	6
2.5 การอบแห้ง.....	9
2.6 เครื่องมือในการอบแห้ง.....	14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	21
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	21
3.2 อุปกรณ์.....	21
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	24
4.1 การหา Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งจากตู้อบลมร้อนแบบ เตาอบไฟฟ้า และไม่โครเวฟ.....	24
4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบ เตาอบและไม่โครเวฟ.....	29
4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้ง	32

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35
ภาคผนวก.....	
ภาคผนวก ก.....	37
ภาคผนวก ข.....	41
ประวัติประวัติผู้เขียน.....	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรกของไทยและมูลค่าการส่งออกปี พ.ศ.2538-2542.....	3
2.2	ปริมาณการผลิต การส่งออก การนำเข้า และการบริโภคกึ่งและผลิตภัณฑ์ของ ไทย.....	4
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง.....	6
2.4	เปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง.....	19
4.1	ความชื้นและสมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งจากตู้อบลมร้อนแบบ ถาด.....	29
4.2	ความชื้นและสมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งจากเตาอบไมโครเวฟ...	30
4.3	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาด และเตาอบไมโครเวฟ.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	กุ้งขาวแวนนาไม (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	5
2.2	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของไลโคพิน.....	6
2.3	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของแกมมา-แคโรทีน.....	7
2.4	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของแอลฟา-แคโรทีน และ บีตา-แคโรทีน.....	7
2.5	สูตรโครงสร้างโมเลกุลของคริปโตแซนทิน.....	7
2.6	แผนภูมิการสลายตัวของ all-trans บีตา-แคโรทีน.....	8
2.7	สูตรโครงสร้างของแอสตาแซนทิน.....	9
2.8	เส้นโค้งการอบแห้ง.....	11
2.9	เส้นโค้งอัตราการอบแห้ง.....	12
2.10	ส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบ tray dryer.....	15
2.11	การให้ความร้อนแบบธรรมชาติและการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ.....	16
2.12	การหมุนตัวของสารประกอบมีประจุเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ.....	17
2.13	ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของแมกนิตรอน.....	18
2.14	ส่วนประกอบสำคัญของเตาอบไมโครเวฟ.....	18
4.1	การอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด,เตาอบไฟฟ้าและไมโครเวฟ	24
4.2	Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด.....	25
4.3	Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้า.....	26
4.4	Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยไมโครเวฟ.....	27
4.5	เปลือกกุ้งที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50,70 และ 90 องศาเซลเซียส.....	31
4.6	เปลือกกุ้งที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟโดยใช้กำลังไฟ 700 วัตต์.....	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ในปี 2557 การส่งออกกุ้งของไทยในประเภทกุ้งแช่เย็นแช่แข็งโดยมีปริมาณส่งออก 69,100 ตัน คิดเป็นมูลค่า 25,648.00 ล้านบาท และปริมาณส่งออกกุ้งปรุงแต่งประเภทต่างๆ 77,060 ตัน คิดเป็นมูลค่า 32,262.00 ล้านบาท โดยมีแนวโน้มการผลิตกุ้งของไทยในปี 2558 คาดว่าผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยงของไทยจะมีปริมาณ 300,000 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับปี 2557 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) โดยผลผลิตส่วนใหญ่มักจะส่งออกในรูปของกุ้งสด กุ้งแช่เย็น แช่เยือกแข็ง และกุ้งแปรรูป ส่งผลให้มีความต้องการใช้วัตถุดิบในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันก็มีเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากประมาณร้อยละ 40-50 ของน้ำหนักกุ้ง (Simpson and Haard, 1985) เศษเหลือจากกระบวนการผลิตดังกล่าวเป็นแหล่งที่สำคัญของโปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และแคโรทีนอยด์ (Sachindra, 2003) ปัจจุบันมีนักวิจัยศึกษาแนวทางในการนำ เศษเหลือจากกระบวนการแปรรูป ได้แก่ ส่วนหัว เปลือก และหางกุ้ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากอุตสาหกรรมส่งออกกุ้ง เนื่องจากเปลือกกุ้งประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 43.89 ไขมันร้อยละ 1.53 และเถ้าร้อยละ 18.77 (Theeraphol และคณะ, 2014) และยังมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงถึง 206 mg/kg dry wt. (Trung and Phoung, 2012) ซึ่งแคโรทีนอยด์มีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และการทำลายของเซลล์เมมเบรนและเนื้อเยื่ออันเนื่องมาจากออกซิเจน

ในระหว่างการแปรรูปจากผลิตภัณฑ์กุ้งนั้น เศษเหลือดังกล่าวถูกคัดแยกและเก็บในสถานะแช่เย็นเพื่อรอการขนส่งและจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ หรือการแช่เยือกแข็งเพื่อรอการจำหน่ายสำหรับนำไปสกัดโปรตีน ไขมัน เป็นต้น ทั้งนี้แนวทางการศึกษาวิธีการแปรรูปเศษเหลือดังกล่าว ให้สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องโดยเฉพาะการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่สามารถลดการสิ้นเปลืองพลังงาน อีกทั้งยังสะดวกต่อการขนส่งและจำหน่ายเปลือกกุ้งในรูปอบแห้งต่อไปได้

ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะนำเปลือกกุ้งขาวที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมมาอบแห้ง โดยใช้วิธีการต่างๆ ในสถานะที่กำหนด และหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาว

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อหาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้ง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกายภาพของเปลือกกุ้งขาวหลังการอบแห้ง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวหลังการอบแห้ง

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

การศึกษาวิธีการและสภาวะในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาว โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวหลังการอบแห้ง จะทำให้ทราบถึงวิธีการและสภาวะในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาว เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้มาใช้ในการผลิตเปลือกกุ้งขาวอบแห้งต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์การผลิตและการส่งออกกุ้งของไทย

กุ้งแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปจำหน่ายปริมาณสูงมาโดยตลอด ในปีพ.ศ. 2543 กุ้งนำเข้าของประเทศสหรัฐอเมริกาจากประเทศไทยร้อยละ 51 จากประเทศเม็กซิโกร้อยละ 13 เวียดนามร้อยละ 8 อินเดียร้อยละ 8 อินโดนีเซียร้อยละ 6 และประเทศอื่นๆอีกร้อยละ 8 โดยกุ้งส่วนใหญ่ของไทยที่ส่งออกเป็นกุ้งมีเปลือกร้อยละ 48 กุ้งปอกเปลือก (กุ้งสด) ร้อยละ 33 กุ้งปอกเปลือกอาจทำสุกหรืออยู่ในรูปอื่นๆ ร้อยละ 18 นอกนั้นเป็นกุ้งอื่นๆ อีกร้อยละ 1 (มีทนา, 2548) ประเทศไทยส่งออกสินค้าสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมงไปจำหน่ายยังต่างประเทศนารายได้เข้าประเทศจำนวนมหาศาล ซึ่งจะเห็นได้จากข้อมูลสินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรกของไทย ระหว่างปี 2538-2542 ดังตารางที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูป เช่น กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง มีมูลค่าการส่งออกอยู่ในลำดับที่ 8 โดยในปี พ.ศ. 2541 มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดเป็นเงิน 58,343.3 ล้านบาท

ตารางที่ 2.1 สินค้าออกสำคัญ 10 อันดับแรกของไทย และมูลค่าการส่งออก ปีพ.ศ. 2538-2542

รายการ	มูลค่า : ล้านบาท				
	2538	2539	2540	2541	2542
1.เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ	131,241.9	167,673.9	220,302.7	320,525.6	304,982.2
2.แผงวงจรไฟฟ้า	58,181.8	58,538.6	75,837.7	93,833.1	111,767.4
3.เสื้อผ้าสำเร็จรูป	102,019.3	79,875.4	97,135.9	123,133.0	110,366.1
4.ยานพาหนะ อุปกรณ์และส่วนประกอบ	27,760.6	29,230.9	48,419.6	68,348.4	91,955.6
5.ข้าว	48,626.8	50,734.8	65,093.4	86,803.1	73,812.1
6.อาหารทะเลกระป๋อง	33,294.8	34,244.3	49,309.3	67,952.1	65,956.6
7.อัญมณีและเครื่องประดับ	52,498.6	54,272.9	55,622.3	57,350.5	59,820.9
8.กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง	50,302.0	43,404.5	47,183.9	58,343.3	48,384.2
9.เครื่องรับวิทยุโทรทัศน์และส่วนประกอบ	31,589.2	34,626.8	43,578.8	58,058.2	47,233.4
10.เม็ดพลาสติก	10,889.3	10,664.3	23,980.2	40,786.3	46,029.3
รวมสินค้า 10 รายการ	546,404.3	563,266.4	726,463.8	975,133.6	960,271.6
สินค้าอื่นๆ	859,905.8	847,772.9	1,080,218.2	1,272,955.8	1,254,908.3
มูลค่าส่งออกรวม	1,406,310.1	1,411,039.3	1,806,682.0	2,248,089.4	2,215,179.9

ที่มา : ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2542)

หมายเหตุ : ปีพ.ศ.2542 เป็นตัวเลขเบื้องต้น

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557) รายงานแนวโน้มปี 2558 คาดว่าผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยงของไทยจะมีปริมาณ 300,000 ตัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับปี 2557 ดังแสดงใน

ตารางที่ 2.2 ความต้องการบริโภคในประเทศจะมีปริมาณใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา จากสถานการณ์ด้านเศรษฐกิจโลกที่ชะงักงันและการแข่งขันเพื่อการค้าที่เข้มข้นขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตที่เพิ่มขึ้น ราคากุ้งปรับตัวลดลงและจากการที่ภาครัฐใช้มาตรการกระตุ้นเศรษฐกิจด้วยวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มอำนาจซื้อให้แก่ประชาชน จึงคาดว่าความต้องการบริโภคกุ้งและผลิตภัณฑ์จะยังคงมีอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณการผลิต การส่งออก การนำเข้า และการบริโภคกุ้งและผลิตภัณฑ์ของไทย

รายการ	2553	2554	2555	2556	2557	อัตราเพิ่ม(ร้อยละ)	2558*
การผลิต ¹							
(ตัน)	553,909	502,188	472,881	255,608	217,438	-22.47	300,000
นำเข้า ²							
(ตัน)	547	350	693	4,994	3,589	90.04	2,700
ส่งออก ²							
(ตัน)	392,474	366,558	332,928	202,593	154,956	-21.74	230,000
การบริโภค ¹							
(ตัน)	55,446	50,254	47,357	26,060	22,103	-22.09	30,270

หมายเหตุ * ตัวเลขประมาณการโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ที่มา: ¹ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ² กรมศุลกากร, 2557

2.2 กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือ Pacific white shrimp หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า White leg shrimp เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกจากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรู กุ้งชนิดนี้มีการเลี้ยงกันมากในประเทศเอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบีย และบราซิล ซึ่งประเทศบราซิลเป็นประเทศที่เริ่มเลี้ยงกุ้งขาวไม่กี่ปี แต่มีผลผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากรัฐบาลประเทศบราซิลให้การสนับสนุนการเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกอย่างจริงจัง ทำให้ผลผลิตของประเทศบราซิลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเป็นอันดับ 1 ของประเทศในทวีปอเมริกาใต้ในขณะนี้

เนื่องจากกุ้งขาวแปซิฟิกที่เกษตรกรในประเทศไทยนิยมเรียกว่ากุ้งขาวแวนนาไมหรือเรียกกันว่า “กุ้งขาว” เป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพ่อแม่พันธุ์ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลาช้านาน ทำให้มีการนำเข้าไปเลี้ยงในหลายประเทศ กุ้งชนิดนี้ได้มีการนำเข้ามาเลี้ยงในทวีปเอเชียครั้งแรกในประเทศไต้หวันปี พ.ศ.2539 และต่อมาได้นำเข้าไปในประเทศจีนในปี พ.ศ.2541 สำหรับประเทศไทยได้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาทดลองเลี้ยงในปีพ.ศ.2545 กรมประมง ได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free, SPF) จากต่างประเทศเข้ามาทดลองเลี้ยง ระยะเวลาการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อจากเดือนมีนาคม พ.ศ. 2545-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 ซึ่งเป็นเวลาเดียวกันที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยกำลังประสบปัญหากุ้งโตช้า โดยเฉพาะในขณะที่จับกุ้งจะพบว่ามีกุ้งขนาดเล็กน้ำหนักประมาณ 3-5 กรัมเป็นจำนวนมากทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาขาดทุน ในขณะที่เกษตรกรบางส่วนได้ทดลองเลี้ยงกุ้งขาว ซึ่งส่วนใหญ่ได้ผลค่อนข้างดี จากกระแสการเลี้ยงกุ้งขาวที่ได้ผลดีกว่ากุ้งกุลาดำทำให้เกษตรกรจำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้น แต่เนื่องจากกุ้งขาวเป็นกุ้งชนิดใหม่ที่ไม่เคยเลี้ยงในประเทศไทยมาก่อน

เอกสารนี้เผยแพร่โดยกรมประมง การเลี้ยง การให้อาหารตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลเกี่ยวกับการเลี้ยง ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่มีการศึกษามาก่อน ทำให้เกษตรกรบางส่วนมีปัญหาในเรื่องของกุ้งที่เป็นโรค ในเรื่องของลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพไม่ดีหลังจากเลี้ยงไปแล้วมีปัญหากุ้งโตช้าและมีลักษณะผิดปกติบางอย่างเกิดขึ้น

เนื่องจากกุ้งขาวเป็นกุ้งที่มีการเลี้ยงอย่างแพร่หลายทั่วโลกมากกว่า 30 ประเทศ ดังนั้นในอนาคตการผลิตกุ้งขาวออกสู่ตลาดโลกจะมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในปีพ.ศ. 2546 ประเทศจีนซึ่งเป็นประเทศที่มีการผลิตกุ้งมากที่สุดในโลกถึง 400,000 แสตัน/ปี พบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตจะมาจากกุ้งขาว ส่วนประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2545 ผลิตกุ้งขาวประมาณ 20,000 ตันแต่ในปีพ.ศ. 2546 ประเทศไทยสามารถผลิตกุ้งขาวได้ประมาณ 170,000 ตัน จะเห็นได้ว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นมากและในขณะนี้ประเทศไทยที่ผลิตกุ้งขาวได้มากเป็นอันดับสองรองจากประเทศจีน

ลักษณะเฉพาะของกุ้งขาวที่สามารถสังเกตเห็นเด่นชัดคือ บริเวณพื้นกรี (หนาม) ด้านบนจะหยักและถี่ ปลายกรีจะตรงโดยที่พื้นกรีด้านล่าง 2 อัน และด้านบน 8 อัน ความยาวของกรีจะยาวกว่าลูกตาไม่มาก และที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือจะเห็นลำไส้กุ้งชนิดนี้ชัดกว่ากุ้งขาวอื่นๆ ขณะที่ตัวเต็มวัยสมบูรณ์เต็มตัวของกุ้งชนิดนี้将有ความยาวทั้งหมด (total length) 230 มิลลิเมตร (9 นิ้ว) ดังภาพที่ 2.1 (ชลอ และพรเลิศ, 2547)



ภาพที่ 2.1 กุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

2.3 เปลือกกุ้ง

เปลือกกุ้งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้งแช่แข็ง ซึ่งการส่งออกกุ้งในลักษณะดังกล่าวส่วนใหญ่มักมีการนำส่วนของหัวและเปลือกกุ้งออกหรือการนำทั้งส่วนหัว เปลือก และหางกุ้งออกด้วย จึงทำให้เกิดผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการส่งออกกุ้งแช่แข็ง โดยส่วนใหญ่จะนำไปป่นบดทำเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ และยังมีสารสีที่อยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเปลือกกุ้งสามารถใช้ในการเพิ่มสีในเนื้อ หรือไข่ได้ จากการวิจัยของ Trung และ Phoung (2012) พบว่าในส่วนของหัวกุ้งที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณแคโรทีนอยด์อยู่ 206 mg/kg dry wt. และในเปลือกกุ้งยังมีส่วนของ ไคติน ซึ่งเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ ที่เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีอยู่มากในเปลือกกุ้งและหัวกุ้งโดยสามารถนำไปใช้ประโยชน์หลายด้านทั้งในอุตสาหกรรมยา เคมี เครื่องสำอาง อาหาร และเครื่องดื่ม ตลอดจนการใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการนำเศษเหลือจากกุ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้ง

องค์ประกอบทางเคมี	สด	แห้ง
ความชื้น	71.6 ± 0.2	15.5 ± 0.2
เถ้า	11.3 ± 1.0	28.4 ± 0.5
โคติน	9.1 ± 0.4	24.8 ± 0.8
ไขมัน	1.0 ± 0.4	2.1 ± 0.1
โปรตีน	5.1 ± 0.6	30.0 ± 0.7

ที่มา: Uma และRavi, (2012)

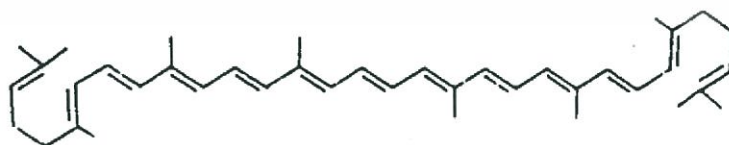
2.4 แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่พบในพืชให้สีเหลือง ส้ม และส้มแดง มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ เชื่อว่าในแต่ละปีพืชสังเคราะห์ แคโรทีนอยด์ขึ้นในธรรมชาติมากกว่า 100 ล้านตัน แคโรทีนอยด์ชนิดที่ถูกสังเคราะห์มากที่สุดคือฟิวโคแซนทิน (Fucoxanthin) โดยสาหร่ายชนิดต่างๆ และอีก 3 ชนิด คือ ลูทีน (Lutein) ไวโอลาแซนทิน (Violaxanthin) และนีโอแซนทิน (Neoxanthin) แคโรทีนอยด์ที่ถูกสังเคราะห์โดย พืชใบเขียว รองลงมาเป็นพวกแคโรทีนและซีแซนทิน (Zexanthin) สำหรับแคโรทีนอยด์ชนิดอื่นๆ เช่น ไลโคพิน พบมากในมะเขือเทศ แคพแซนทิน (Capxanthin) พบมากในพริกแดง และไบซิน (Bixin) พบมากในแอนแนตโต ซึ่งสารกลุ่มหลังจะพบมากเฉพาะพืชบางชนิดเท่านั้น (นิธิยา, 2551)

2.4.1 แคโรทีนอยด์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.4.1.1 กลุ่มที่เป็นไฮโดรคาร์บอน คือ แคโรทีน ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์กลุ่มที่มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีนซึ่งเป็นไดอีน (Diene) $[CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2]$ มาเรียงต่อกัน 8 หน่วย จึงมีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 40 อะตอม มีสูตรเป็น $C_{40}H_{56}$ แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีก 3 กลุ่ม คือ

1. Acyclic คือ ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีวงแหวนอยู่ในโมเลกุล เช่น ไลโคพิน มีสูตรโครงสร้างดังนี้



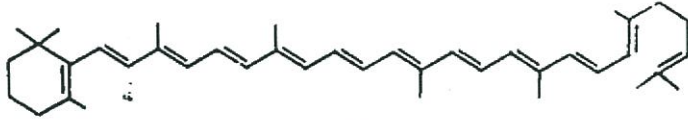
ไลโคพิน

ภาพที่ 2.2 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของไลโคพิน

ที่มา: นธิยา (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Monocyclic คือ ไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนอยู่ในโมเลกุลที่ปลายด้านหนึ่ง เช่น แกมมา-แคโรทีน ทำให้ครึ่งหนึ่งของโครงสร้างโมเลกุลของแกมมา-แคโรทีน เหมือนกับไลโคพีน และอีกครึ่งหนึ่งเหมือนกับบีตา-แคโรทีน ของแกมมา-แคโรทีน มีดังนี้



แกมมา-แคโรทีน

ภาพที่ 2.3 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของ แกมมา-แคโรทีน
ที่มา: นิธิยา (2551)

3. Bicyclic คือ ไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนอยู่ในโมเลกุลที่ปลายทั้ง 2 ข้าง เช่น แอลฟา-แคโรทีน และบีตา-แคโรทีน แอลฟา-แคโรทีน ต่างจากบีตา-แคโรทีน ที่ตำแหน่งพันธะคู่ของวงแหวนที่ 2 มีสูตรโครงสร้างโมเลกุลดังนี้

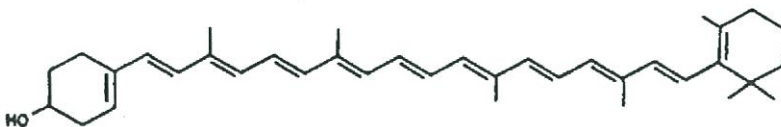


แอลฟา-แคโรทีน

บีตา-แคโรทีน

ภาพที่ 2.4 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของแอลฟา-แคโรทีน และ บีตา-แคโรทีน
ที่มา: นิธิยา (2551)

2.4.1.2 กลุ่มที่มีออกซิเจนในโมเลกุล เป็นกลุ่มของอนุพันธ์ไฮโดรคาร์บอนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล คาร์บอกซิล คีโต หรืออีพอกซี (epoxy) รวมเรียกว่า แซนโทฟิลล์ (xanthophylls) แคโรทีนอยด์กลุ่มนี้พบในพืชและมักอยู่ร่วมกับแคโรทีน ตัวอย่างของแซนโทฟิลล์ เช่น คริปโตแซนทิน นอกจากนี้แซนโทฟิลล์ยังอาจอยู่ในรูปอนุพันธ์เอสเทอร์กับกรดไขมันก็ได้สารกลุ่มนี้จะเป็นรงควัตถุหลักในข้าวโพดพริกแดงมะละกอสุกและส้มสูตรโครงสร้างโมเลกุลของคริปโตแซนทิน มีดังนี้



คริปโตแซนทิน

ภาพที่ 2.5 แสดงสูตรโครงสร้างโมเลกุลของคริปโตแซนทิน
ที่มา: นิธิยา (2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แครโรทีนอยด์ในอาหาร แครโรทีนอยด์มาจากชื่อของแครอท เนื่องจากพบแครโรทีนอยด์มากในแครอท สีของแครโรทีนอยด์จะแปรผันไปตามจำนวนของพันธะคู่ (Conjugated double bond) โมเลกุล ถ้ามีจำนวนพันธะคู่มาก จะทำให้มีสีแดงเข้มขึ้น จำนวนพันธะคู่โมเลกุลของแครโรทีนอยด์ที่น้อยที่สุดมี 7 อัน ซึ่งจะให้สีเหลือง พันธะคู่อาจอยู่ในรูป cis หรือ trans ก็ได้ แต่แครโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูป all-trans อาจพบ cis บ้างเป็น mono-cis หรือ di-cis แต่น้อยมาก แครโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างอยู่ในรูป all-trans จะมีสีเข้ม ถ้ามีจำนวนพันธะคู่ที่อยู่ในรูป cis เพิ่มมากขึ้น สีจะจางลงปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนจาก trans เป็น cis คือ แสง ความร้อน และกรด เมื่ออาหารได้รับอนุมูลสูงจะเกิด trans-cis isomerization ได้ หากอยู่ในรูป cis มากขึ้นจะทำให้ vitamin A activity ลดลง แครโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายเนื่องจาก ปฏิกริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อน้ำมันเกิดการออกซิเดชัน ปฏิกริยาการสลายตัวของ บีตา-แครโรทีน เนื่องจากปัจจัยต่างๆ (นิธิยา, 2551) ดังแสดงในภาพที่ 2.6



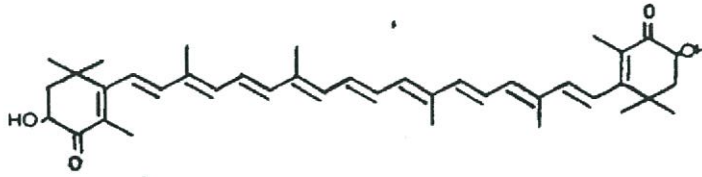
ภาพที่ 2.6 แผนภูมิการสลายตัวของ all-trans บีตา-แครโรทีน
ที่มา: นธิยา (2551)

แครโรทีนอยด์ที่พบในอาหารมีความสำคัญต่อร่างกาย เพราะสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (Provitamin A) โดยเฉพาะบีตา-แครโรทีน 1 โมเลกุล สามารถสลายตัวได้เป็น วิตามินเอ 2 โมเลกุล แต่แกมมา-แครโรทีน ซึ่งมีวงแหวน 1 อันเมื่อสลายตัวได้ วิตามินเอเพียง 1 โมเลกุลเท่านั้น (นิธิยา, 2551)

แครโรทีนอยด์พบได้ในผักและผลไม้สุกหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ ถั่วเขียว พริก แครอท และมันเทศ นอกจากนี้ยังพบได้ในไข่แดงและเนื้อปลาบางชนิด สัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์แครโรทีนอยด์ได้ แต่ดูดซึมได้จากอาหารที่กินเข้าไป เช่น สีเหลืองหรือสีส้มของไข่แดง หนังกุ้ง และสีแดงของเนื้อปลาแซลมอน เป็นต้น แครโรทีนอยด์บางชนิดเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ในร่างกายในกุ้งและปูก็มี แครโรทีนอยด์ซึ่งรวมอยู่กับโปรตีนทำให้ได้เป็นสีน้ำเงินหรือเทาอมน้ำเงิน เกิดจากสารแอสตาแซนทิน (Astaxanthin) ซึ่งเป็นแครโรทีนอยด์ที่เป็นสีแดงเมื่อรวมกับโปรตีนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน พบได้ในเปลือกกุ้ง ปู และ Lobster ส่วนสารโอโวลเวอร์ดิน (Ovoverdin) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวในไข่และกุ้งมังกร (Lobster) เมื่อนำกุ้ง ปู หรือกุ้งมังกรไปต้มหรือทำให้ได้รับความร้อน โปรตีนจะเสียสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติแยกตัวออก ทำให้สีแดงของแคโรทีนอยด์อิสระปรากฏเด่นชัดขึ้น (นิธิยา, 2551) สูตรโครงสร้างของแอสตาแซนทินมีดังนี้



ภาพที่ 2.7 แสดงสูตรโครงสร้างของแอสตาแซนทิน
ที่มา: นธิยา (2551)

ขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การลวก มีผลต่อแคโรทีนอยด์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะแคโรทีนอยด์ไม่ละลายน้ำ การลวกจะทำลายเอนไซม์ที่ย่อยสลายแคโรทีนอยด์และแคโรทีนอยด์จะคงตัวได้ดีในอาหารแช่เยือกแข็งและอาหารบรรจุกระป๋องที่ใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ แต่การทำแห้งจะทำลายแคโรทีนอยด์เนื่องจากเกิดออกซิเดชัน เช่น ทำให้แคโรทีนอยด์มีสีซีดลงยกเว้นเมื่อบรรจุไว้ในก๊าซเฉื่อย (นิธิยา, 2551)

2.5 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่แข็งได้ที่มีความชื้นร้อยละ 15-20 แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้

2.5.1 การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร ในการอบแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอ แล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติและกระแสลมที่พัดผ่านอาหาร ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ให้อุณหภูมิไม่สูงนักและกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลาาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552) ซึ่งทำได้หลายวิธีคือ

2.5.1.1 การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร กระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนและเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เป็นแบบการพาความร้อน (Convection)

2.5.1.2 การแผ่อาหารเป็นชั้นบางๆบนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหารได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) ทำให้อุณหภูมิกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหารที่ร้อนจัดทำให้อุณหภูมิกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งในเวลาสั้นๆ อาจมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหาร ซึ่งทำให้สามารถลดความชื้นได้ต่ำลงอีกหรือไม่ต้องใช้อุณหภูมิอาหารที่สูงมากนัก

2.5.1.3 การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบด้วยการนำความร้อนหรือการแผ่รังสี ร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 การปรับสภาพความดันและอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดรวมสามสถานะ (Triple point) แล้วให้พลังงานความร้อนหรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิด น้ำจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอโดยตรง วิธีการนี้เรียกว่าการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freeze drying หรือ Lyophilization)

การทำแห้งอีกแบบหนึ่งไม่เกี่ยวกับพลังงานความร้อนแต่เป็นการใช้ความดันออสโมติกลดปริมาณน้ำจากชิ้นอาหาร ได้แก่ การทำผลไม้แช่อิ่ม เมื่อแช่ชิ้นผลไม้ในน้ำเชื่อม น้ำในอาหารจะเคลื่อนย้ายออกมาที่น้ำเชื่อมข้างนอกและน้ำตาลเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นผลไม้จนความเข้มข้นของน้ำตาลภายในและภายนอกชิ้นผลไม้เท่ากัน แต่วิธีนี้ยังคงเหลือน้ำในชิ้นผลไม้จำนวนมากจึงนิยมนำไปทำแห้งต่อ

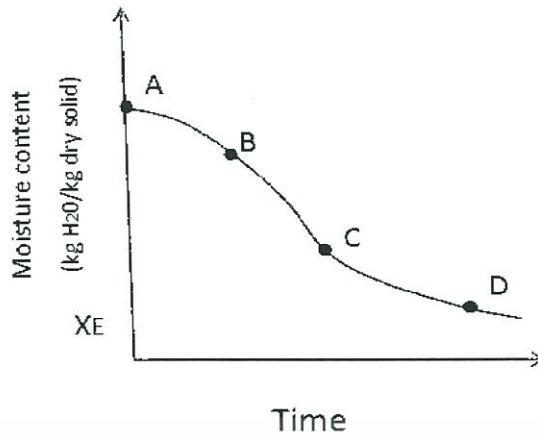
2.5.2 การเคลื่อนที่ของน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชิ้นอาหารออกมาที่ผิวมี 2 วิธี

2.5.2.1 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary Force) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปร่ง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็วแต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบๆ นั้นขาดตอนลง

2.5.2.2 การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งไประยะหนึ่งที่แรงผ่านช่องแคบหมดไปแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอ เคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ

2.5.3 จลนพลศาสตร์การอบแห้ง (Drying Kinetics)

ในการศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งของวัสดุใดวัสดุหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วมักนำเสนอผลการศึกษาในรูปของจลนพลศาสตร์การอบแห้ง ซึ่งก็คือข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของวัสดุเทียบกับเวลา ทั้งนี้ หากพิจารณาการอบแห้งสภาวะใดสภาวะหนึ่ง (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของตัวกลางการอบแห้งที่สัมผัสกับวัสดุคงที่) โดยทั่วไปแล้วจะพบว่าในช่วงแรกของการอบแห้งดังภาพที่ 2.8 (ซึ่งอาจเริ่มขึ้นภายหลังช่วงเวลาสั้นๆ ที่วัสดุปรับตัวเข้าสู่สภาวะการอบแห้ง) จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นของวัสดุจะลดลงเป็นแบบเชิงเส้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น หลังจากช่วงแรกของการอบแห้งผ่านไป ความชื้นของวัสดุจะเริ่มลดลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นโดยอัตราการลดลงของความชื้นจะค่อยๆ ลดลงกับเวลาการอบแห้งที่เพิ่มมากขึ้น (ช่วง BC) จนกระทั่งในที่สุดความชื้นของวัสดุจะไม่เปลี่ยนแปลง หรืออาจกล่าวได้ว่ากระบวนการอบแห้งได้ถึงจุดสิ้นสุด (จุด D) ที่ความชื้นสมดุลที่สภาวะการอบแห้งนั้นๆ (สีกมน, 2555)



ภาพที่ 2.8 เส้นโค้งการอบแห้ง (Drying curve)

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate>

การคำนวณค่าความชื้นนิยมแทนด้วยสัญลักษณ์ X และอาจระบุได้ทั้งในฐานเปียกและฐานแห้ง

$$\text{ความชื้น (ฐานแห้ง)} X(d.b.) = (M - M_s) / M_s$$

เมื่อ M คือมวลของวัสดุที่เวลาใดๆ และ M_s คือมวลแห้ง ซึ่งได้จากการนำวัสดุไปอบแห้งจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลอีกต่อไป

$$\text{ความชื้น (ฐานเปียก)} X(w.b.) = (M - M_s) / M$$

อย่างไรก็ตาม ในทางการคำนวณใช้ความชื้นฐานเปียกมากกว่าฐานแห้ง เนื่องจากคำนวณได้ค่าสะดวกและรวดเร็ว ในขณะที่ความชื้นฐานแห้งเหมาะสำหรับการคำนวณและออกแบบมากกว่า เนื่องจากค่าฐานของความชื้นมีค่าคงที่ตลอดช่วงการอบแห้ง

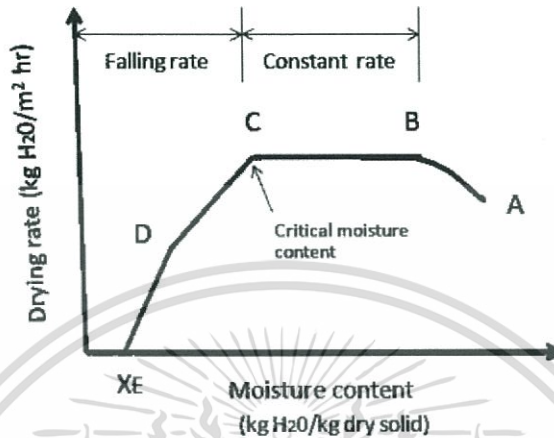
ข้อมูลจลนพลศาสตร์การอบแห้งมีความสำคัญ เพราะเป็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของวัสดุกับเวลา ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถระบุเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งวัสดุให้ได้ความชื้นตามที่ต้องการ อันนำไปสู่ความสามารถในการออกแบบกระบวนการอบแห้งที่เหมาะสมได้นอกจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นกับเวลาแล้ว ยังอาจคำนวณอัตราการอบแห้ง (Drying Rate: N) จากข้อมูลจลนพลศาสตร์การอบแห้งได้ดังสมการที่ (1.5)

$$N = \frac{-M_s}{A} \frac{dX}{dt} \quad \text{หรือ} \quad \frac{-M_s}{A} \frac{dX_f}{dt} \quad (1.5)$$

โดยที่ N คืออัตราการอบแห้ง (หรืออีกนัยหนึ่งคืออัตราการระเหยความชื้นจากผิววัสดุ) ซึ่งมีหน่วยเป็นมวลของความชื้นต่อพื้นที่ผิววัสดุต่อหน่วยเวลา (เช่น $\text{kg/m}^2\text{s}$) A คือพื้นที่ผิวของวัสดุที่เกิดการระเหยน้ำ และ M_s คือมวลแห้งของวัสดุซึ่งได้จากการนำวัสดุไปอบแห้งจนไม่มีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของมวลอีกต่อไป ในกรณีที่ไม้ทราบค่า A ก็อาจระบุค่าอัตราการอบแห้งในรูปของมวลน้ำที่ระเหยไปต่อหนึ่งหน่วยเวลา (สีกกมน, 2555)

หากนำค่า N มาวาดเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับค่า X จะได้เส้นโค้งที่เรียกว่า เส้นโค้งอัตราการอบแห้ง (Drying Rate Curve) ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 เส้นโค้งอัตราการอบแห้ง

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate>

จากภาพที่ 2.9 อัตราการอบแห้งแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง หลักๆ (หากไม่นับช่วงที่วัสดุปรับตัวเข้าสู่สภาวะการอบแห้ง) คือช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (ช่วง AB) และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (ช่วง BC) ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ เป็นช่วงที่ผิวของวัสดุมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้อัตราการระเหยของน้ำจากผิววัสดุการระเหยของน้ำเกิดอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ เมื่อความชื้นของวัสดุลดลงจนถึงค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content) ผิวของวัสดุจะเริ่มไม่มีชั้นของฟิล์มของน้ำหล่อเลี้ยงอยู่มากพอที่จะทำให้เกิดการระเหยของน้ำด้วยอัตราที่เท่ากับอัตราการระเหยของน้ำในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ ประกอบกับระยะทางที่น้ำต้องเคลื่อนที่จากภายในมายังผิววัสดุมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิววัสดุไม่ทันต่อการระเหยอัตราการอบแห้งในช่วงนี้จึงมีค่าลดลง ดังนั้นจึงเรียกช่วงการอบแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ท้ายที่สุดความชื้นของวัสดุก็จะลดลงจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะสมดุล (สีกกมน, 2555)

2.5.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

การอบแห้งคือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใดๆที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552) ได้แก่

2.5.4.1 ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวด คลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเอกลักษณะเหมือนกัน ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากกว่าทับถมกันการระเหยเกิดขึ้นได้เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้งๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมาก

2.5.4.2 ตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำอมระเหยได้ดีกว่า

2.5.4.3 ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

2.5.4.4 ความสามารถในการรับไอของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะได้รับไอน้ำเพิ่มได้น้อยจึงมีผลในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

2.5.4.5 อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

2.5.4.6 ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้นการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อวินาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเตาอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

2.5.5 ผลกระทบต่ออาหารจากการอบแห้ง

2.5.5.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพ ลักษณะและการจัดการเบื้องต้น (pretreatment) เช่น การเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำลวก ชนิดและลักษณะของการลดขนาดและการบดเปลือก ล้วนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแห้งที่นำมาดูดกลืนน้ำใหม่ ในอาหารที่ผ่านการลวกอาจเกิดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการเกิดเจลของแป้ง การตกผลึกเซลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้งส่วนต่างๆ ของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายใน ปัจจัยเหล่านี้จะอัดและเปลี่ยนรูปเซลล์ที่ค่อนข้างแข็งอาหารจะดูดกลืนความชื้นอีกครั้งในระหว่างการดูดคืนน้ำอย่างช้าๆ แต่จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิม อาหารต่างชนิดกันมีระดับการหดตัวที่ต่างกัน โดยทั่วไปแล้วในประเทศส่วนใหญ่จะไม่ใช้วิธีอบแห้งกับอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนื่องจากอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถนอมอาหารอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเกิดเสียสภาพและจับตัวกัน และสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อเหนียวและแข็ง (วิล, 2543)

อุณหภูมิและอัตราการอบแห้งมีผลมากต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยทั่วไปการอบแห้งโดยรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวทำละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในของอาหารไปที่ผิวในระหว่างที่น้ำจะถูกกำจัดออกระหว่างการอบแห้ง กลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวละลายแต่ละชนิดและขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการอบแห้ง การระเหยของน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวแห้งแข็ง หรือที่เรียกว่า การเกิดผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการอบแห้ง และให้อาหารที่มีผิวหน้าแห้งแต่

ภายในชั้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างด้านในและผิวของอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้ (วิไล, 2543)

2.5.5.2 กลิ่นและรสชาติที่ร้อน นอกจากจะทำให้มีน้ำระเหยแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่ที่สูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้งมีสารระเหยปริมาณน้อยที่เกิดการสูญเสียในช่วงหลังของการอบแห้ง การควบคุมสภาวะการอบแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด ปฏิกริยาออกซิเดชันรงควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาก็เป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น อาหารแห้งซึ่งมีรูอยู่ภายในมากจะทำให้มีก๊าซออกซิเจนมากด้วย อุณหภูมิในการเก็บรักษาและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร (วิไล, 2543)

2.5.5.3 สี การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหารการสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เกิดจากความ ร้อนและปฏิกริยาออกซิเดชันระหว่างการทำให้แห้ง โดยทั่วไปการอบแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ปฏิกริยาออกซิเดชันและปฏิกริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งป้องกันได้โดยการลวกหรือการใช้กรดแอสคอร์บิกหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (วิไล, 2543)

2.5.5.4 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งมีความแตกต่างกันมากเนื่องจากความแตกต่างกันในเรื่องการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งและสภาวะในการเก็บรักษา การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการมักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมมากกว่าในระหว่างการอบแห้ง (วิไล, 2543)

2.5.5.5 การดูดกลืนน้ำกลับ (Rehydration) การดูดกลืนน้ำไม่ใช่ปฏิกริยาย้อนกลับของการอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนลดระดับการดูดกลืนน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดกลืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ อาหารที่อบแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและการดูดกลืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่อบแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า (วิไล, 2543)

2.6 เครื่องมือในการอบแห้ง

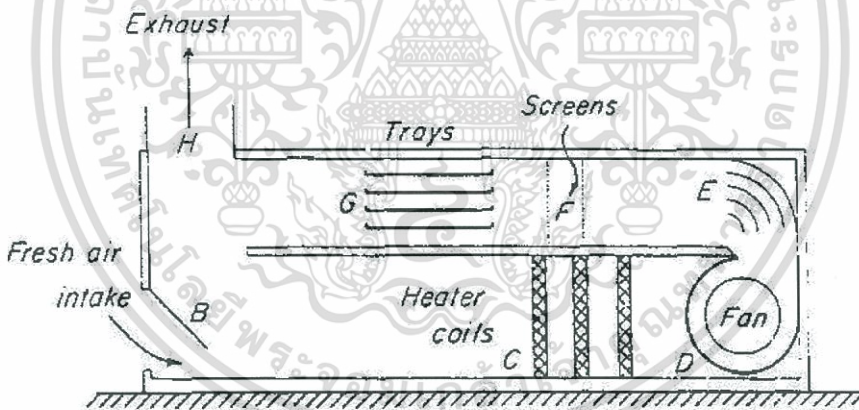
2.6.1 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer)

ในการอบแห้งวัสดุที่มีลักษณะเป็นชิ้น เป็นก้อน หรือเป็นแท่ง ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้โดยทั่วไปของอาหารและวัสดุชีวภาพนั้น นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดมากที่สุด เครื่องอบแห้งแบบนี้ อาจมีลักษณะเป็นตู้ซึ่งภายในจัดเรียงเป็นชั้นสำหรับใส่ถาดบรรจุวัสดุที่ต้องการอบแห้ง หรืออาจเป็นห้องอบแห้งที่สามารถเข็นรถเข็น (Trolley) ซึ่งวางเรียงถาดใส่วัสดุเข้าไปได้ ภายในห้องอบแห้งจะมีการติดตั้งพัดลมเพื่อหมุนเวียนอากาศร้อน (ซึ่งเป็นตัวกลางการอบแห้งที่นิยมใช้มากที่สุด) เพื่อให้วัสดุได้รับพลังงานความร้อนอย่างทั่วถึงไม่ว่าจะอยู่บริเวณใดของห้องอบแห้ง ด้วยเหตุนี้การออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง การออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศให้ทำงานได้ดังกล่าว

นั้นอาจทำได้หลายวิธี เช่น การเดินพัดลมย้อนกลับเป็นบางจังหวะ ในกรณีที่การหมุนเวียนอากาศร้อนไม่ดีพอ วัสดุที่สัมผัสกับอากาศร้อนมากกว่าย่อมแห้งได้เร็วกว่า ทำให้วัสดุแข็ง (หรือมีความชื้น) ไม่สม่ำเสมอ นำไปสู่ความเสียหายของผลิตภัณฑ์ได้ การหมุนเวียนอากาศในห้องอบแห้งที่ดีนั้นคือหัวใจหลักของเครื่องอบแห้งประเภทนี้ (สั๊กมน, 2555)

จุดเด่นของเครื่องอบแห้งแบบถาดคือความสามารถในการอบแห้งวัสดุได้หลากหลาย โดยสามารถทำการอบแห้งวัสดุที่มีรูปร่าง ขนาด หรือพฤติกรรมการอบแห้งที่แตกต่างกันได้มาก ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งประเภทนี้ไม่มีข้อจำกัดในแง่ของเวลาที่ต้องใช้ในการอบแห้งวัสดุ สามารถใช้ได้ทั้งกับวัสดุที่ต้องใช้เวลานานหรือใช้เวลาสั้นในการอบแห้ง สามารถปรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานได้ง่าย และวัสดุไม่ต้องมีการเคลื่อนที่ในขณะที่ทำการอบแห้ง เครื่องอบแห้งแบบถาดก็มีข้อเสียในแง่ของค่าใช้จ่ายที่สูง และเวลาที่ต้องใช้ในการลำเลียงวัสดุเข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง ข้อจำกัดอีกข้อก็คือต้องทำการอบแห้งแบบเป็นกะเท่านั้น (สั๊กมน, 2555)

ส่วนประกอบของตู้อบลมร้อน ดังภาพที่ 2.10 โดยมีลักษณะเป็นตู้ ซึ่งมีช่องเข้าของอากาศ (fresh air intake, B) ถูกดูดเข้าไปในตู้อบ ผ่านคอยด์ร้อน (heater coil, C) โดยใช้พัดลม (fan, D) ก่อนลมร้อนแห้งจะถูกเป่าเข้าไปในห้องอบแห้ง อาจผ่านตะแกรงกรอง (screen, F) เพื่อทำให้อากาศสะอาด ลมร้อนแห้งจะระเหยเอาน้ำจากอาหารเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนระหว่างการอบ ลมร้อนขึ้นที่ผ่านอาหารจะถูกปล่อยออก (exhaust, H)



ภาพที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบของเครื่องทำแห้งแบบ tray dryer
ที่มา: <http://www.fao.org/docrep/V5030E/V5030E0c.htm>

ภายในห้องอบ ถาด (tray) สำหรับใส่วัตถุดิบที่ต้องการอบแห้งเรียงเป็นชั้นๆ ซึ่งอาจเรียกว่าเครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) หรือภายในห้องอบอาจเป็นไม้แขวนอาหารที่ต้องการอบ หรือรถเข็น เช่น อาหารเข้าไปในห้องอบ

2.6.2 เตาอบไฟฟ้า (Electric oven)

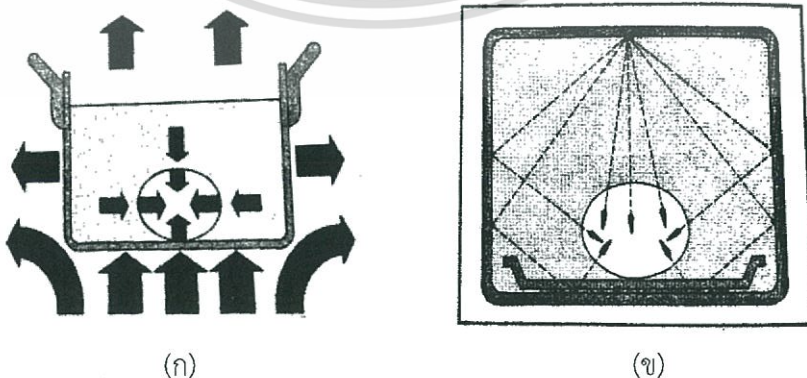
ในการอบอาหารนั้นอาหารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากผนังเครื่องอบ การพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนผ่านถาดที่มีอาหารวางอยู่ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการนำความร้อน การนำความร้อนผ่านถาดซึ่งสัมผัสกับแหล่งให้ความร้อนในเตาอบ หรือสายพานเพื่อเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านล่างของอาหารและทำให้เกิดเอกสารถนเป็นเอกสารถสวงไวสาหรับการเชิงงานเพื่อกการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตใหนาไปเชิขระโยชนดานการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการอบที่แตกต่างกัน อาหารมีค่าการนำความร้อนต่ำจึงทำให้อัตราการถ่ายโอนความร้อนโดยการนำความร้อนมีค่าต่ำและมีผลมากต่อเวลาในการอบขนาดของชิ้นอาหารเป็นตัวกำหนดระยะทางที่ความร้อนต้องเคลื่อนที่จากผิวอาหารสู่ใจกลางอาหารเพื่อให้เกิดการอบอย่างเพียงพอปริมาณการใช้พลังงานระหว่างการอบอยู่ระหว่าง 450-650 กิโลจูลต่อกิโลกรัมอาหาร ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการให้ความร้อนแก่อาหารเพื่อระเหยน้ำและทำให้เกิดเปลือกแข็ง รวมทั้งเพื่อให้ความร้อนแก่ไอน้ำซึ่งเคลื่อนย้ายผ่านเปลือกและทำให้เกิดเปลือกแห้งแข็ง สำหรับเตาอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีการบดฉนวนด้วยกระเบื้องหรือวัสดุฉนวนใกล้เคียงหนาถึง 30 เซนติเมตรเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อน (วิล, 2543)

เตาอบไฟฟ้าใช้ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปเผาอากาศหรือท่อไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่ตู้อบ การให้ความร้อนแก่ท่อไอน้ำอาจทำได้โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรงหรือใช้ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำที่แยกอยู่ต่างหากท่อไอน้ำนี้จะเป็นตัวให้ความร้อนกับอากาศในตู้อบ โดยทั่วไปอากาศร้อนนี้จะหมุนเวียนอยู่ในตู้อบและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่แยกต่างหากหรือก๊าซเผาไหม้จะไหลผ่านหลอดแผ่รังสีในตู้อบหรือใช้การเผาไหม้น้ำมันเตาระหว่างชั้นของผนังทั้งสองผลิตภัณฑ์เผาไหม้จะถูกปล่อยไปทางด้านบนของตู้อบการให้ความร้อนตู้อบไฟฟ้าจะใช้จานหรือแผ่นนำรังสีความร้อนมีการให้ความร้อนผนังและพื้นของเตาอบแบบกะ ในขณะที่ในเตาอบที่ทำงานแบบต่อเนื่องจะติดตั้งเครื่องกระจายความร้อนที่ด้านบน ด้านข้าง และด้านใต้ของสายพาน (วิล, 2543)

2.6.3 เตาอบไมโครเวฟ (Microwave oven)

การประกอบอาหารด้วยเตาอบไมโครเวฟแตกต่างจากการประกอบอาหารด้วยเครื่องอบธรรมดา ดังภาพที่ 2.11 คือเครื่องอบแบบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี แต่เตาไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงถึง 2,450 ล้านรอบ/วินาที ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่นๆ ต่อไปจนเกิดเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานจลน์นี้จะกลายเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วกว่าการประกอบอาหารด้วยวิธีการอื่นๆ โดยไม่เสียพลังงานความร้อน (วิล, 2543)



ภาพที่ 2.11 การให้ความร้อนแบบธรรมดา (ก) และการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ (ข)

ที่มา: วิล, 2543

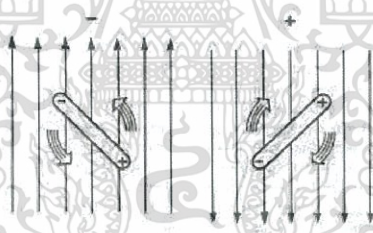
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนซึ่งมีประจุลบและอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีประจุบวก เมื่อคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึง 2,450 ล้านรอบ/วินาที พุ่งเข้าหาอาหารจากทุกทิศทุกทางโดยรอบของผนังเตาด้านในและแผ่กระจายไปยังอาหาร จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็วในอาหารขั้วของน้ำจะเปลี่ยนแปลงทิศทางการเปลี่ยนแปลงทิศทางในสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลภายในอาหาร ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและอาหารสุกอย่างรวดเร็ว (วีโล, 2543)

2.6.3.1 การเกิดความร้อนด้วยไมโครเวฟ เมื่อคลื่นไมโครเวฟถูกดูดซับเข้าสู่ชิ้นอาหารจะเกิดความร้อนได้ในสองแบบร่วมกัน (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552) ซึ่งได้แก่

1. Ionic Polarization เป็นการเกิดความร้อน เนื่องจากผลของการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า แต่ละไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้าประจำตัว จะถูกกระตุ้นและเร่งให้มีการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการเสียดสีกันขึ้นกับไอออนอื่นๆ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ มาเป็นพลังงานความร้อน และจึงกระจายความร้อนไปสู่ส่วนอื่นๆ ต่อไป การเกิดความร้อนแบบนี้เกิดได้ในของเหลวภายในเซลล์ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย

2. Dipole Rotation เป็นการเกิดความร้อนกับสารประกอบมีขั้ว (Polar) ได้แก่ น้ำนั่นเอง ในสภาพปกติสารประกอบนั้นจะเรียงตัวประจุบวกและลบอย่างไม่มีระเบียบ (Random oriented) เมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้าประจุบวกและประจุลบของสารนั้น จะเคลื่อนที่เพื่อเรียงตัวอย่างมีระเบียบ ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การหมุนตัวของสารประกอบมีประจุเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552

การเคลื่อนที่ด้วยการหมุนตัวกลับไปกลับมาจะเกิดอย่างรวดเร็วตามระดับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ คือ 915-2450 ล้านครั้งต่อหนึ่งวินาที ซึ่งผลของความเร็วในการหมุนตัวและการเสียดสีกันทำให้เกิดความร้อนขึ้นและเป็นลักษณะการเกิดความร้อนที่สำคัญ

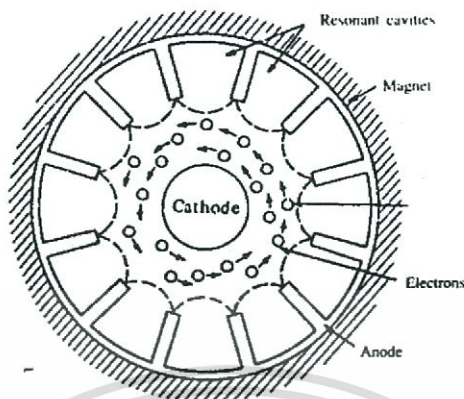
ความร้อนที่เกิดจากทั้งสองรูปแบบดังกล่าวที่จุดซึ่งอาหารสัมผัสกับไมโครเวฟแล้วจึงค่อยกระจายตัวออกไปยังส่วนอื่นเนื่องจากผลของการเดือดของน้ำโดยการนำความร้อนด้วยและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเกิดความร้อนจากสาเหตุต่างๆ ดังกล่าวนี้นี้ ทำให้เกิดความร้อนได้อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการหุงต้มโดยความร้อนแบบดั้งเดิม

2.6.3.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องไมโครเวฟ คือ แมกนีตรอน(Magnetron) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากของเครื่องไมโครเวฟเกือบทุกชนิดเพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นได้ดังกล่าวข้างต้นแล้ว อุปกรณ์ดังกล่าวมีโครงสร้างที่ทำด้วยแม่เหล็กหุ้มท่อขั้วไฟฟ้า (Electrod) ไว้ 2 อัน ประกอบด้วยแท่งแอนโนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้บริการเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

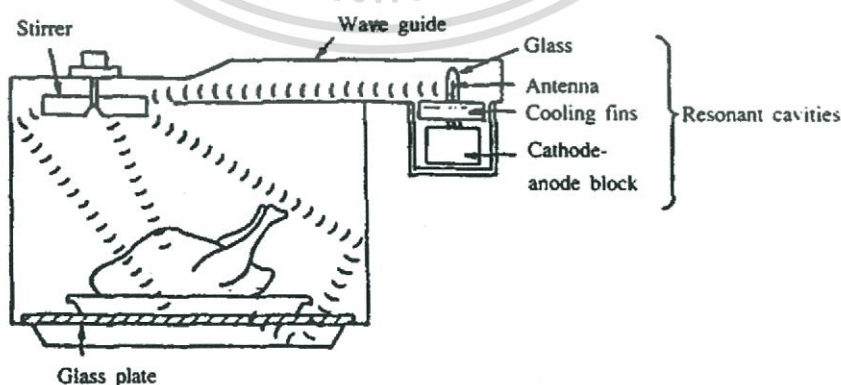
(Anode) รูปทรงกระบอก ทำด้วยทองแดงที่มีความสามารถเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดดวงจรของไมโครเวฟและแคโทด (Cathode) หรือ Filament ซึ่งจะทำหน้าที่ปลดปล่อย Thermionic electron โดยวางอยู่ตรงกลางล้อมด้วยแท่งแอนโนด ดังแสดงในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของแมกนีตรอน

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552

ระหว่างแท่งแคโทดและแอนโนดจะมีช่องว่างอยู่ซึ่งเรียกว่า Resonant cavity ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการประสานสัมพันธ์กันเกิดเป็นกลุ่มก้อนของอิเล็กตรอนที่หมุนตัวได้ โดยเกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปยังแท่งแคโทดทำให้อิเล็กตรอนร้อนขึ้น และปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่มีประจุลบออกมาวนเวียนอยู่รอบๆ แท่งแอนโนดในสถานะที่ยังไม่มีสนามแม่เหล็ก แต่ในสถานะที่มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นในแนวขนานกับแกนของท่ออิเล็กตรอนจะทำให้อิเล็กตรอนดังกล่าว เคลื่อนที่แบบหมุนเป็นวง (Orbital) มากกว่าจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและจะหมุนตัวกระโดดจากแคโทดไปที่แอนโนดภายใต้ความดันไฟฟ้า 4000-6000 โวลต์ เป็นผลทำให้เกิดคลื่นไมโครเวฟขึ้น โดยมีสายอากาศ (Antena) ที่ส่วนบนของท่อแมกนีตรอนเป็นตัวจับคลื่นไมโครเวฟที่เกิดขึ้นแล้วส่งผ่านท่อนำคลื่น (Wave guide) ผ่าน Stirrer เพื่อช่วยกระจายคลื่นไมโครเวฟสัมผัสอาหารได้ทั่วถึงภายในตู้ใส่อาหารดังแสดงในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 แสดงส่วนประกอบสำคัญของตู้อบไมโครเวฟ

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแมกนิตรอนเป็นหัวใจของเครื่องที่เกี่ยวกับไมโครเวฟทั้งหลายผู้ใช้จึงควรระมัดระวังในการใช้ให้ถูกต้องเพื่อช่วยให้อายุของแมกนิตรอนทำงานได้นานๆ โดยไม่เสื่อมเสียขณะใช้เครื่องไมโครเวฟ ห้ามใส่วัตถุที่เป็นโลหะเข้าช่องใส่อาหารของเครื่องเพราะคลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับไปที่แมกนิตรอนเป็นผลให้แมกนิตรอนเสื่อมได้ และไม่ควรเปิดเครื่องโดยไม่มีวัตถุที่ดูดซับคลื่น

การทำงานของตู้อบลมร้อนแบบภาค เตอบไฟฟ้า และเตอบไมโครเวฟจะมีการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง

เครื่องมือ	การถ่ายเทความร้อน	ระยะเวลาในการอบแห้ง	แหล่งกำเนิดความร้อน
ตู้อบลมร้อนแบบภาค	การพา	ช้า	ฮีทเตอร์คอยด์ หรือก๊าซหุงต้ม
เตอบไฟฟ้า	การพา การแผ่รังสี และการนำความร้อน	เร็ว	ขดลวดนำความร้อนหรือ แก๊ส
เตอบไมโครเวฟ	การแผ่รังสี	เร็ว	คลื่นไมโครเวฟ

ที่มา: วิไล, 2543

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ravichandran และคณะ (2009) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ และเปลือกกุ้งขาวอินเดีย (*Penaeus indicus*) โดยผ่านการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 95-105 องศาเซลเซียส จากการวิจัยพบว่าในส่วนของเนื้อกุ้งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 41.3 มากกว่าส่วนของเปลือกกุ้งซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 35.5 เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตซึ่งในส่วนของเนื้อกุ้งมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.4 มากกว่าในส่วนของเปลือกกุ้งซึ่งมีร้อยละ 1.5 แต่ไขมันของเปลือกกุ้งมีร้อยละ 9.8 ซึ่งมากกว่าในส่วนของเนื้อกุ้ง ปริมาณความชื้นในส่วนของเนื้อกุ้งจะมีร้อยละ 14.7 จะมากกว่าความชื้นในเปลือกกุ้ง และปริมาณเถ้าในส่วนของเปลือกกุ้งจะมีร้อยละ 26.6 ซึ่งมากกว่าในส่วนของเนื้อกุ้งซึ่งมีร้อยละ 18.5 จากการหาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อกุ้ง และเปลือกกุ้งขาวอินเดีย พบว่าปริมาณแร่ธาตุของ เปลือกกุ้งจะมีปริมาณมากกว่าในเนื้อกุ้ง โดยผลจากการสรุปพบว่ากุ้งขาวอินเดียเป็นแหล่งโปรตีน และแร่ธาตุที่ดี

Trung และ Phoung (2012) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่หัวกุ้งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกุ้งโรงงานอุตสาหกรรมในเวียดนาม พบว่าเศษเหลือจากการผลิตกุ้งมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 206 mg/kg โคตินร้อยละ 9.3 dry wt. โปรตีนร้อยละ 54.4 dry wt. แร่ธาตุร้อยละ 21.2 dry wt. และไขมันร้อยละ 11.9 dry wt.

Arora และคณะ (2003) ศึกษาการทำแห้งเห็ด (*Agaricus bisporus*) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 เซนติเมตร ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 93-93.6 (w.b.) ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การทำแห้งด้วยลมร้อน การทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ร่วมกับระบบสุญญากาศต่ออัตราการทำแห้ง และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ พบว่าอัตราการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟเดี่ยวๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการทำแห้งด้วยคลื่น ไมโครเวฟร่วมกับระบบสุญญากาศมีค่าใกล้เคียงกันและมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งเห็ดพบว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งลงได้จาก 17 ชั่วโมง เหลือเพียง 4 ชั่วโมง

Asie (2011) ศึกษาลักษณะการอบแห้งกุ้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ทำการวิจัยอบแห้งกุ้งโดยใช้กำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 200, 300, 400, และ 500 วัตต์ พบว่าการอบแห้งจะเกิดขึ้นในช่วงของอัตราการทำแห้งลดลง และพบว่าอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับของกำลังไฟฟ้า แต่อัตราการทำแห้งจะลดลงเมื่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกุ้งนานขึ้น และเนื่องจากความชื้นที่ลดลง และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าคือ 5.38, 3.25, 2.58 และ 1.78 นาทีตามลำดับ ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนความชื้นของกุ้งลดลงอยู่ที่ 0.5

Begum และคณะ (2006) ศึกษาการอบแห้งเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ด้วยวิธีการอบแห้งแบบดั้งเดิม และอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าการอบแห้งเศษเหลือจากกุ้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการอบแห้งแบบดั้งเดิม จากการวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมีของเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า มีโปรตีนร้อยละ 52.4 ไขมันร้อยละ 10.72 ความชื้นร้อยละ 10.73 และเถ้าร้อยละ 16.78 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการอบแห้งเศษเหลือจากกุ้งกุลาดำที่ผ่านการอบแห้งแบบดั้งเดิม

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 วัสดุ

เปลือกกุ้งแช่เย็น

3.1.2 สารเคมี

Acetone , RLC Labscan Limited, Thailand

Boric acid 2 % , Carlo ERBA Reagent SpA., Rodona

Copper sulphate, Carlo ERBA Reagent SpA., Rodona

Hydrochloric acid 1 N, RLC Labscan Limited, Thailand

Methylene blue ,Qualigens Fine Chemicals Pvt. Ltd., India

Methyl red, Carlo ERBA Reagent SpA., Rodona

Potassium sulphate, Carlo ERBA Reagent SpA., Rodona

Sodium hydroxide, Carlo ERBA Reagent SpA., Rodona

Sulfuric acid conc., RLC Labscan Limited, Thailand

3.2 อุปกรณ์

Aluminum can

Analytical balance: Sartorius BP2215, Scientific Industries, INC, U.S.A.

Centrifugation: Zentrifugen D-78532 Tuttlingen., Germany

Crucible

Color meter: Minolta CR 400,

Desiccator

Hot air oven: Beschickung-Loading Model 100-800, Memmert

GmbH+CO.KG, Germany

Hot plate

Kjeldahl apparatus: Kjeldahl Model 530GAK, Scientific promotoion

CO.,LTD, Thailand

Laboratory Glassware Products

Microwave oven: LG Model MS2024D 700W, India

Muffle furnace: Carbolite control 3216ee, Memmert GmbH+CO.KG,

Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Spectrophotometer: BT Connect CO.,LTD, Thailand
 Tray dryer
 Tong

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การรับวัตถุดิบและการเตรียมเปลือกกุ้ง

นำเปลือกกุ้งขาวที่เก็บในสภาวะแช่เย็นจากโรงงาน จ. สมุทรสาคร มาทำการล้างและแช่ในสารละลายเกลือ 2% เป็นเวลา 2 นาที เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ (Posomboon, 1998) หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที บรรจุเปลือกกุ้งใส่ถุงแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาใช้

ขั้นตอนการนำเปลือกกุ้งมาใช้ นำเปลือกกุ้งที่เก็บในสภาวะแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส มาทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เมื่อผลึกน้ำแข็งละลายออกหมดจึงสามารถนำเปลือกกุ้งไปใช้ในการวิเคราะห์ต่างๆ

3.4.2 การศึกษาผลของเทคนิคและสภาวะที่มีต่อการอบแห้งเปลือกกุ้ง

3.4.2.1 ตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้สภาวะในการทำแห้งทั้งหมด 3 สภาวะ ที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส (Soleiman Hosseinpour และคณะ, 2013)

3.4.2.2 เตาอบไฟฟ้า โดยใช้สภาวะในการทำแห้งทั้งหมด 3 สภาวะ ที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส(วิธีการที่ใช้ในครัว catering)

3.4.2.3 เตาอบไมโครเวฟ โดยใช้กำลังไฟฟ้าในการอบที่ 700 วัตต์

3.4.3 การกำหนดสภาวะการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิดและการตรวจสอบคุณภาพ

3.4.3.1 กราฟ Drying curve

1. วิธีการหา Drying curve ของตู้อบลมร้อนแบบถาด จะการสุ่มหยิบตัวอย่างออกจากตู้อบลมร้อนแบบถาดทุก 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 และ 150 นาที รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

2. วิธีการหา Drying curve ของเตาอบไฟฟ้า จะการสุ่มหยิบตัวอย่างออกจากเตาอบไฟฟ้าทุก 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 และ 60 นาที รวมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. วิธีการหา Drying curve ของเตาอบไมโครเวฟจะการสุ่มหยิบตัวอย่างออกจากตู้อบลมร้อนทุก 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 และ 180 วินาที รวมเป็นเวลา 3 นาที

จากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำออกมาใส่ใน desiccator 30 นาที และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อมาคำนวณหาความชื้นมาทำกราฟ Drying curve (AOAC, 2000)

3.4.3.2 การตรวจสอบสมบัติเชิงกายภาพ โดยเลือกจากเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งของแต่ละสภาวะจากข้อที่ 3.4.3.1

1. การวัดค่าสีระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR 300

2. อัตราการดูดกลืนน้ำ (Rehydration Ratio) โดยใช้วิธีการของ Soraya และ

Sakamon (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งอบแห้ง โดยเลือกจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้งเปลือกกุ้งของแต่ละเครื่อง จากข้อที่ 3.4.3

1. วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)
2. วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)
3. วิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยใช้วิธีการของ Zheng และคณะ, (2010)

นำตัวอย่างเปลือกกุ้งที่ต้องการวิเคราะห์มาบดละเอียด ชั่งน้ำหนัก 0.1 กรัม เติมสารละลายacetone ลงในหลอดทดลองปริมาณ 10 มิลลิลิตร หุ้มหลอดทดลองด้วยฟอยด์เพื่อป้องกันแสง และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 200 rpm จากนั้นนำสารละลายที่ได้ใส่หลอดปั่นในเครื่อง centrifuge ในอัตรารอบ 5000 rpm ใช้เวลานาน 5 นาที นำสารละลายที่ได้ใส่หลอดทดลอง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) โดยใช้ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 480 nm คำนวณหาความเข้มข้นของปริมาณแคโรทีนอยด์จากสมการ $E 1\% 1\text{ cm} = 1,900$



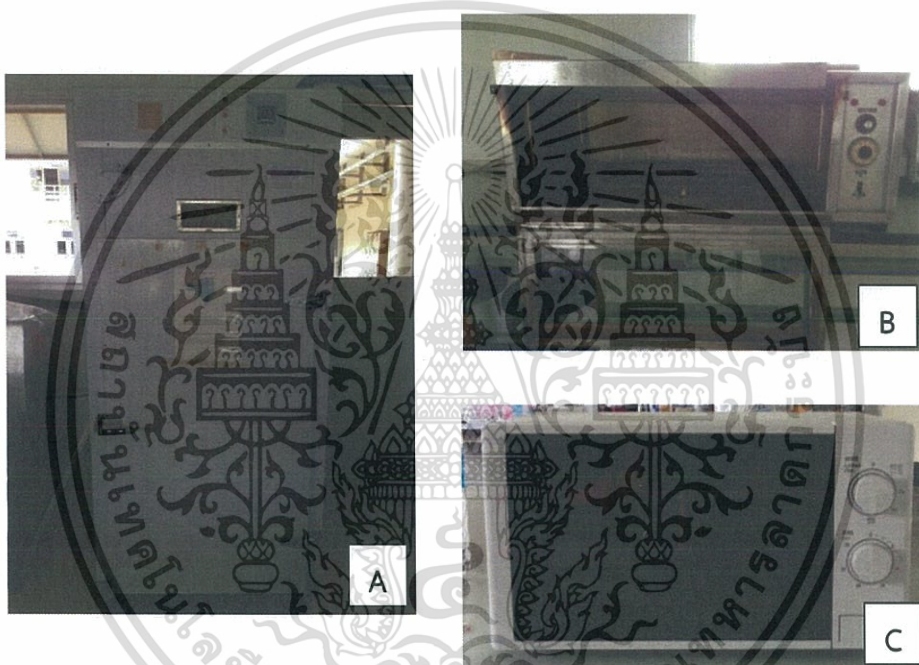
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

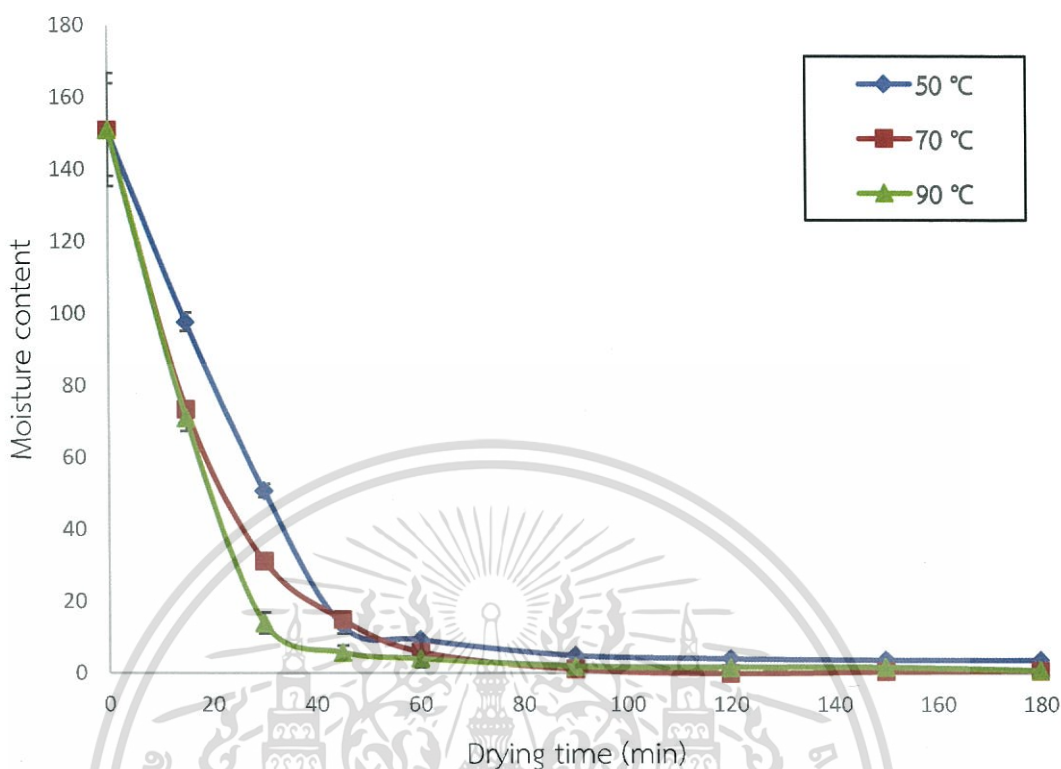
4.1 การทำ Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด เตอบไฟฟ้า และเตอบไมโครเวฟ

เปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการแช่แข็งมาทำการละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาทีและนำมาทำการอบแห้งโดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้ (A) ตู้อบลมร้อนแบบถาด (B) เตอบไฟฟ้า และ (C) เตอบไมโครเวฟ

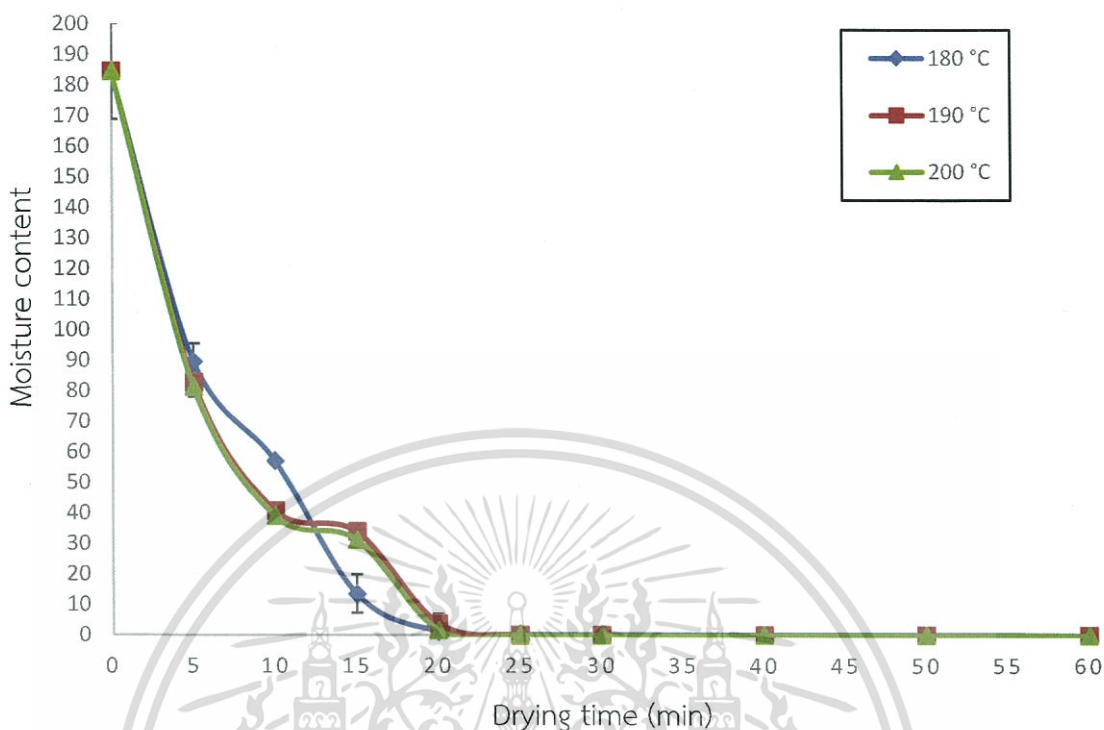
จากการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดจะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลาในการอบแห้งเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทำการสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจหาความชื้นจนครบตามเวลาที่กำหนด จะได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งเปลือกกุ้งขาวมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 61.56 (w.b.) และเมื่อผ่านการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวจะมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3.90, 0.96 และ 1.04 (d.b.) โดยการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งความชื้นของเปลือกกุ้งจะลดลงอย่างรวดเร็วที่เวลา 0-45 นาที และมีความชื้นลดลงอย่างช้าๆ ที่เวลา 60-120 นาทีจนมีความชื้นคงที่ที่เวลา 150-180 นาที การอบแห้งเปลือกกุ้งขาวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งความชื้นของเปลือกกุ้งขาวจะลดลงอย่างรวดเร็วที่เวลา 0-45 นาที และความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆที่เวลา 60-90 นาที จนมีความชื้นคงที่ที่เวลา 120-180 นาที และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในระหว่างการอบแห้งความชื้นของเปลือกกุ้งขาวจะลดลงอย่างรวดเร็วที่เวลา 0-30 นาที และความชื้นจะลดลงอย่างช้าๆที่เวลา 45-90 นาที จนเปลือกกุ้งขาวมีความชื้นคงที่ที่เวลา 120-180 นาที

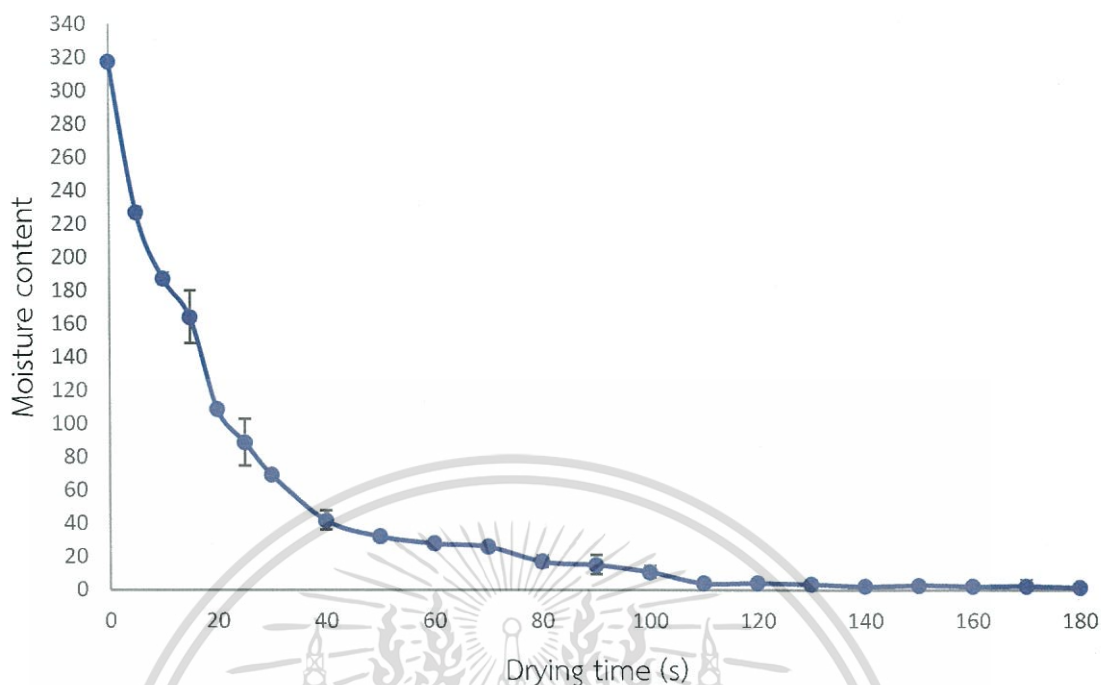
จากการอบแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้า จะทำการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวที่อุณหภูมิ 180 190 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยทำการสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจหาความชื้นตามเวลาที่กำหนดจะได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยเตาอบไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการอบแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้า เปลือกกุ้งขาวมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 66.17 (w.b.) ที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส และเมื่อผ่านการอบแห้งเปลือกกุ้งจะมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 0.05, 0.06 และ 0.03 (d.b.) ตามลำดับ และในระหว่างการอบแห้ง ความชื้นของเปลือกกุ้งขาวจะลดลงอย่างรวดเร็วที่เวลา 0-15 นาที และความชื้นจะเริ่มคงที่ที่เวลา 20-60 นาที ของทั้งสามอุณหภูมิ

จากการอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟจะใช้กำลังไฟฟ้าที่ 700 วัตต์ ในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาว เป็นเวลา 3 นาที และสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจหาความชื้นตามเวลาที่กำหนด จะได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟ

จากภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้เตาอบไมโครเวฟ โดยเปลือกกุ้งมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 76.06 (w.b.) และเมื่อเปลือกกุ้งขาวผ่านการอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 1.66 (d.b.) ในระหว่างการอบแห้งเปลือกกุ้งจะมีความชื้นลดลงอย่างอย่างรวดเร็วที่เวลา 0-100 วินาที และมีความชื้นลดลงอย่างช้าๆที่อุณหภูมิ 110-130 วินาที จนมีความชื้นคงที่ที่เวลา 140-180 วินาที

จากการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้เครื่องอบแห้งที่แตกต่างกันในสภาวะต่างๆ กระบวนการทำแห้งสามารถแบ่งได้เป็นสองช่วง โดยในช่วงแรกเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารออกมายังผิวหน้าจึงทำให้พื้นผิวของอาหารชุ่มชื้นอยู่เสมอ อีกส่วนเป็นการระเหยของน้ำซึ่งจะเกิดที่ผิวหน้าของอาหารเป็นส่วนใหญ่ ในตอนต้นของการทำแห้ง การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในจะรวดเร็วกว่าการระเหย และผิวหน้าของอาหารยังชุ่มอยู่ ต่อมาการระเหยจะเกิดรวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำจึงทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้งและอัตราการเร็วของการทำแห้งจะลดลง เมื่อผิวหน้าของอาหารแห้ง น้ำจะกลายเป็นไอตั้งแต่อยู่ภายในอาหาร แล้วจึงเคลื่อนที่ผ่านส่วนที่แห้งออกมาภายนอก ยิ่งบริเวณที่อาหารเป็นหนาขึ้นน้ำจากภายในก็ต้องยิ่งจะเคลื่อนที่เป็นระยะไกลขึ้นเมื่ออาหารมีความชื้นเหลือเท่ากับปริมาณไอน้ำในอากาศโดยรอบ น้ำก็จะไม่ระเหยออกจากอาหารอีกซึ่งจะเป็นความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ของอาหาร กระบวนการทำแห้งจะดำเนินไปในอัตราลดลง เนื่องจากการระเหยเกิดขึ้นด้วยอัตราลดลง (รุ่งนภา, 2535)

จากภาพที่ 4.2 การอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เปลือกกุ้งขาวจะมีความชื้นลดลงจนถึงความชื้นสมดุลที่เวลา 150 นาที ที่อุณหภูมิ 180 และ 190 องศาเซลเซียส เปลือกกุ้งจะมีความชื้นสมดุลที่เวลา 120 นาที โดยมีความชื้นอยู่ร้อยละ 3.93, 0.21 และ 1.86 (d.b.) ตามลำดับ จากภาพที่ 4.3 การอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส เปลือกกุ้งขาวจะมีความชื้นสมดุลที่เวลา 20 นาที โดยมีความชื้นอยู่ร้อยละ 1.35, 3.92 และ 1.73 (d.b.) ตามลำดับ และจากภาพที่ 4.4 การอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟเปลือกกุ้งขาวจะมีความชื้นสมดุลที่เวลา 150 นาที โดยมีความชื้นอยู่ร้อยละ 2.92 (d.b.)

จากการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบภาค เตาอบไฟฟ้า และเตาอบไมโครเวฟ จะเห็นได้ว่าการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบภาค จะใช้เวลาในการอบแห้งที่นานกว่าเตาอบไฟฟ้า เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่ต่ำในการอบแห้ง และเนื่องจากการทำงานของตู้อบลมร้อนแบบภาคจะอาศัยลมร้อนถ่ายเทให้หน้าในอาหารกลายเป็นไอและถ่ายเทออกจากผิวอาหาร ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนจึงใช้เวลาในการทำแห้งช้ากว่าวิธีอื่น เนื่องจากความร้อนไม่ได้สัมผัสกับอาหารโดยตรง ส่วนการใช้เตาอบไฟฟ้าในการอบแห้งจะใช้เวลาที่เร็วกว่าตู้อบลมร้อนเนื่องจากใช้อุณหภูมิที่สูงในการอบแห้ง และเป็นการให้ความร้อนแบบการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ทำให้อาหารรับความร้อนได้โดยตรง จึงทำให้น้ำในอาหารออกไปได้เร็ว การอบแห้งโดยเตาอบไมโครเวฟจะใช้เวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่าตู้อบลมร้อนแบบภาค และเตาอบไฟฟ้า เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะทำให้โมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์เกิดการสั่นสะเทือนและเกิดเป็นความร้อนขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นที่อยู่ภายในและภายนอกของอาหาร เป็นแรงผลักดันให้เกิดการเคลื่อนที่ของความชื้นในอาหารออกมาภายนอก และเนื่องจากพลังงานคลื่นไมโครเวฟนั้นเข้าสู่ภายในวัสดุโดยตรง ดังนั้นจึงไม่มีการสูญเสียความร้อนไปกับสภาพแวดล้อมเหมือนกับการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และเตาอบไฟฟ้า (ชาลีตา, 2555)

Arora และคณะ (2003) ศึกษาการทำแห้งเห็ด (*Agaricus bisporus*) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 เซนติเมตร ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 93-93.6 (w.b.) ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การทำแห้งด้วยลมร้อน การทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับระบบสุญญากาศต่ออัตราการแห้งและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ พบว่าอัตราการแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับลมร้อน และการทำแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับระบบสุญญากาศมีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งเห็ดพบว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งลงได้จาก 17 ชั่วโมง เหลือเพียง 4 ชั่วโมง

จากการหา Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบภาค ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจะได้เวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมคือที่เวลา 0-150 นาที ที่อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียสเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมคือ 0-120 นาที สำหรับการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้เตาอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส เวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมคือ 0-20 นาที และเตาอบไมโครเวฟโดยใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งคือ 0-150 วินาที ซึ่งจะนำผลที่ได้ไปทำการทดลองต่อไป

อุณหภูมิ 70 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 120 นาที ถึงแม้ว่าจะมีความชื้นที่น้อยกว่าเปลือกกุ้งที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอัตราเร็วและระดับของการดูดกลืนน้ำกลับอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารแห้งได้ ความร้อนจากการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของอาหารทำให้การดูดกลืนน้ำกลับและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ลดลงทำให้โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาหารที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการเสียหายน้อยกว่าและดูดกลืนน้ำกลับได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะไม่เหมาะสม (Fellows, 2000)

จากการทำ Drying curve ในข้อ 4.1 จะได้เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ คือที่เวลา 150 วินาที เนื่องจากเป็นเวลาที่มีความชื้นลดลงถึงจนความชื้นสมดุลโดยจะทำการอบแห้งเปลือกกุ้งที่เวลา 0 ถึง 150 วินาที และนำมาวัดคุณสมบัติเชิงกายภาพ ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความชื้นและสมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งจากเตาอบไมโครเวฟ

เวลา (วินาที)	ความชื้น (% d.b.)	Rehydration ratio	ค่าสีระบบ CIE		
			L*	a*	b*
0	184.51±0.27 ^a	0.85±0.08 ^d	55.99±0.36 ^d	3.55±1.32 ^{bc}	17.60±2.18 ^b
30	14.07±0.23 ^b	0.98±0.01 ^{cd}	54.85±0.01 ^d	9.05±0.05 ^a	22.27±0.25 ^a
60	4.26±0.13 ^b	1.01±0.01 ^{cd}	63.25±0.16 ^b	8.03±0.08 ^{ab}	24.47±0.08 ^a
90	2.15±5.71 ^b	1.17±0.17 ^c	61.69±0.32 ^c	7.02±0.24 ^b	24.68±0.21 ^a
120	1.86±0.64 ^b	1.75±0.16 ^b	70.94±0.75 ^a	2.69±0.65 ^d	18.09±0.21 ^a
150	1.92±1.30^b	2.30±0.02^a	70.35±0.96^a	4.41±0.36^c	23.42±1.06^a

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งในเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 วินาที มีความชื้นที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาอัตราการดูดกลืนน้ำ จะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งที่อบแห้งที่เวลา 150 วินาที มีอัตราการดูดกลืนน้ำมากที่สุด แตกต่างกับเวลาในการอบแห้งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวด้วยตู้อบลมร้อนแบบลาดโดยทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสนาน 0-150 นาที จะทำให้ได้เปลือกกุ้งขาวที่มีลักษณะดังภาพที่ 4.5 และจากการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวด้วยเตาอบไมโครเวฟโดยใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 0-150 วินาที จะทำให้ได้เปลือกกุ้งที่มีลักษณะดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 เปลือกกุ้งที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (A) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (B) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ (C) อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 เปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เตาอบไมโครเวฟโดยใช้กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์

จากภาพที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งจะมีสีที่ซีดจางลงเมื่อมีการใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลาในการอบแห้งที่นานขึ้น เมื่อพิจารณาด้านสี (L^* , a^* , b^*) ของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาด และไมโครเวฟ ค่าความสว่าง (L^*) จะมีค่ามากเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาในการอบแห้งนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผลของความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง ทำให้เกิดการเสื่อมสลายหรือการเอกสารถนบนเนื้อกุ้งที่สีม่วงไวส์ที่พบการแข็งขึ้นเพื่อการรักษาสีที่เห็น เมื่อถูกแดดเห็นเป็นเขียวประโชนที่เห็นว่าครีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงในของเม็ดสีในอาหารทำให้เปลือกกุ้งมีสีที่ซีดจาง เปลือกกุ้งขาวที่ยังไม่ผ่านการทำให้แห้งจะมีสีน้ำเงินหรือสีเทาอมน้ำเงิน เกิดจากสารแอสตาแซนทิน (Astaxanthin) ซึ่งเป็นแคโรทีนอยด์ที่เป็นสีแดง เมื่อรวมกับโปรตีนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แต่เมื่อได้รับความร้อนเปลือกกุ้งขาวจะมีค่าสีแดง (a^*) ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนจะเสียสภาพธรรมชาติแยกตัวออกทำให้สีแดงของแคโรทีนอยด์อิสระปรากฏเด่นชัดขึ้น (นิธิยา, 2551)

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการทำให้แห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาด และเตาอบไมโครเวฟ พบว่าเปลือกกุ้งขาวที่อบแห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 150 นาที และเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยเตาอบไมโครเวฟเวลา 150 วินาที มีความเหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาว โดยนำไปทำการทดลองถัดไป

4.3 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้ง

จากข้อ 4.2 นำเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยเตาอบไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ เป็นเวลา 150 วินาที มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาด และเตาอบไมโครเวฟ

องค์ประกอบทางเคมี	ตู้อบลมร้อนแบบถาด	เตาอบไมโครเวฟ
โปรตีน (%dry wt.) ^{ns}	41.85±1.16	39.62±2.06
เถ้า (%dry wt.) ^{ns}	23.66±2.28	23.21±0.13
แคโรทีนอยด์ (mg/g dry wt.) ^{ns}	1070±0.07	1193±0.10

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ns แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาด มีโปรตีนร้อยละ 41.85 และเถ้าร้อยละ 23.66 เปลือกกุ้งอบแห้งที่ได้จากเตาอบไมโครเวฟ มีโปรตีนร้อยละ 39.62 และเถ้าร้อยละ 23.21 โดยเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งจากทั้งสองเครื่องมีปริมาณโปรตีนและเถ้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Theeraphol และคณะ (2014) รายงานว่าเปลือกกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีโปรตีนร้อยละ 43.89 และเถ้าร้อยละ 18.77 และจากการศึกษาของ Ravichandran และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวอินเดีย (*Penaeus indicus*) ที่ผ่านการทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 95-105 องศาเซลเซียส พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 35.5 และเถ้าร้อยละ 26.6 แคโรทีนอยด์ในเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาดมีปริมาณ 1070 mg/kg dry wt. และเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากเตาอบไมโครเวฟ จะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 1193 mg/kg dry wt. พบว่าปริมาณแคโรทีน

นอยด์ของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งของทั้งสองเครื่องมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งจากผลงานวิจัยของ Trung และ Phoung (2012) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตกุ้งในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าเศษเหลือจากการผลิตกุ้งมีปริมาณแคโรทีนอยด์ 206 mg/kg.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ตู้อบลมร้อนแบบถาด สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวของตู้อบลมร้อนแบบถาด คือที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที จะได้เปลือกกุ้งที่มีความชื้นร้อยละ 3.93 และมีอัตราการดูดกลืนน้ำที่ดี ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งมีโปรตีน ร้อยละ 41.85 ไขมันร้อยละ 23.66 และมีแคลโรทีนอยด์ 1070 mg/kg dry wt.

5.1.2 เตาอบไมโครเวฟ สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกกุ้งขาวของเตาอบไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ คือที่เวลา 150 วินาที จะทำให้ได้เปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 1.92 และมีอัตราการดูดกลืนน้ำที่ดี ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกุ้งขาวอบแห้งมีโปรตีน ร้อยละ 39.62 ไขมันร้อยละ 23.21 และมีแคลโรทีนอยด์ 1193 mg/g dry wt.

5.1.3 เตาอบไฟฟ้า จากการหา Drying curve ของเปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้เตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 180, 190 และ 200 องศาเซลเซียส เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 0-120 นาที

เปลือกกุ้งขาวที่ผ่านการอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 150 นาที และเตาอบไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ใช้เวลาในการอบแห้ง 150 วินาที มีร้อยละความชื้น โปรตีน ไขมัน และปริมาณแคลโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกันของทั้งสองวิธี แต่เปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากตู้อบลมร้อนแบบถาด มีอัตราการดูดกลืนน้ำที่มากกว่าเปลือกกุ้งขาวอบแห้งที่ได้จากเตาอบไมโครเวฟ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเตาอบไฟฟ้าเสีย จึงไม่ได้ทำการทดลองอบแห้งเปลือกกุ้งขาวต่อ ซึ่งผลการทดลองจะได้แต่เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งคือที่เวลา 0-120 นาที จึงควรมีการทดลองอบแห้งเปลือกกุ้งขาวโดยใช้เตาอบไฟฟ้า เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติเชิงทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

บรรณานุกรม

- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2552. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชลอ ลัมสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชกุล. 2547. อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในไทย. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: เมจิก.
- ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2555. เทคโนโลยีการทำแห้งแบบผสมผสาน:การนำมาใช้เพื่อถนอมผลิตภัณฑ์อาหารที่ไวต่อความร้อน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2: 269-283.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2552. Cabinet drier/ตู้อบแห้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0594/cabinet-drier>. 7 ธันวาคม 2558.
- นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2552. Drying rate/อัตราการทำแห้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0663/drying-rate>. 4 พฤษภาคม 2559.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2548. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร:การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮาส์.
- วิไล รังสาดทอง. 2543. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล.
- ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า. 2542. สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย. กรมเศรษฐกิจการค้าพาณิชย์โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร.
- ลักกมน เทพหัสติน ณ ออยุธยา. 2555. การอบแห้งอาหารและวัสดุชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ: ท้อป.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodfti.com/Files/Name/CONTENT474087522960.pdf>. 7 ธันวาคม 2558.
- AOAC, C. Y. 2000. Official methods of analysis. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arora, S., Shivhare, U.S., Ahmed, J. and Raghavan, G.S.V. 2003. Drying Kinetics of *Agaricus bisporus*. Transactions of the ASAE. 46(3): 721-724.
- Asie Farhang. 2011. Shrimp Drying Characterizes Undergoing Microwave Treatment. Journal of Agricultural Science. 3(2): 157-164.
- Begum, S., Ikejima, K., Ara, H. and Islam, M.Z. 2006. Solar drying as an Option for Shrimp Processing Biowaste in Khulma District-Southwest Bangladesh. Journal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- of Applied Science. 6(6): 1302-1306.
- Fellows, P. 2000. Food Processing Technology Principles and Practice. 2nd ed. Cambridge: Woodhead.
- H.P. Zheng, H.L. Lui, T. Zheng, S.Q. Wang, Z.W. Sun, Liu, Wh. and Y.Y. Li. 2000. Total carotenoid differences in scallop tissues of *Chlamys nobilis* (Bivalva:Pectinidae) with regard to gender and shell color. Food Chem. 122: 1164-1167.
- Posomboon, W. 1998. Processing effect on quality of dried shrimp. Master of Engineering.
- Ravichandran, S., Rameshkumar, G. and Rosario Prince, A. 2009. Biochemical Composition of Shell and Flesh of the Indian White Shrimp *Penaeus indicus* (H. milne Edwards 1837). Journal of Scientific. 4 (3): 191-194.
- Sachindra, N.M., Bhaskar, N., and Mahendrakar, N.S. 2005. Carotenoids in different body components of Indian shrimp. Journal of the science of Food and Agriculture. 85: 167-172.
- Simpson, B., and Haard, N. 1985. The use of proteolytic enzymes to extract carotenoproteins from shrimp wastes. Journal of Applied Biochemistry. 7(3): 212-222.
- Soleiman Hosseinpour, Shahin Rafiee, Seyed Saeid Mohtasebi and Mortaza Aghbashlo. 2013. Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying. Journal of Food Engineering. 115: 99-114.
- Soraya Kerdpi boon and Sakamon Devahastin. 2007. Fractal Characterization of Some Physical Properties of a Food Product under Various Drying Conditions. Drying Technology. 25: 135-146.
- Theeraphol Senphan, Soottawat Benjakul and Hideki Kishimura. 2014. Characteristics and antioxidative activity of Pacific white shrimp extracted using hepatopancreas proteases. Food Bioscience. 5: 54-63.
- Trung Si Trang and Pham Thi Dan Phoung. 2012. Bioactive Compounds from By-Products of Shrimp Processing Industry in Vietnam. Journal of Food and Drug Analysis. 20: 194-197.
- Uma Nath Ushakumari and Ravi Ramanujan. 2012. Astaxanthin from shrimp shell waste. Journal of Pharmaceutical Chemistry. 1: 1-6.



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven)

- นำถั่วอัลมอนด์ไปอบไล่ความชื้นที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้นรอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (W)
- ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วลงในถั่วอัลมอนด์เนี่ยม ใส่น้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้วประมาณ 3 กรัม บันทึกน้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนี่ยมกับตัวอย่าง (W₁)
- นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถั่วอัลมอนด์เนี่ยม
- เมื่อครบเวลา นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก อบซ้ำอีกครั้ง ครั้งละครึ่งชั่วโมงจนน้ำหนักควมที่หรือผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.003-0.005 กรัม (W₂)
- คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{[(W-W_1)-(W-W_2)]}{(W-W_1)} \times 100$$

W = น้ำหนักถั่วอัลมอนด์เนี่ยมที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

W₁ = น้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนี่ยมกับตัวอย่าง

W₂ = น้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนี่ยมกับตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้น

ก.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน

- การย่อย
 - ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน พยายามอย่าให้ตัวอย่างเปื้อนข้างขวด เดิมตัวแรง 10 กรัม เดิมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 3 ลูก
 - นำหลอดย่อยโปรตีน วางลงบนแลคก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ปิดที่บังความร้อนและสวมที่ดูดควันที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรดก่อนเปิดสวิทช์
 - ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ย่อย 380-400 องศาเซลเซียส
 - ทำการย่อย จนได้สารละลายสีฟ้าใส
 - ปิดสวิทช์ พร้อมยกแลคที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในขณะนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด (สังเกตจากควันสีขาว) ก่อนนำไปต่อเข้ากับอุปกรณ์ชุดกลั่น
- การกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของระบบ น้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของ น้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2 นำขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เต็มกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 60 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสองอย่าง อย่างละ 1 หยด จนได้สารละลายสีม่วง วางขวดรูปชมพู่ลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเตนเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้

2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

3.1 นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

3.1.1 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{W \times 1000}$$

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (normal)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

3.1.2 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผา (muffle furnace) ที่ 600°C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นปิดเครื่องทิ้งไว้รอให้เครื่องเย็นจนสามารถใช้ที่คีบ (tong) เข้าไปคีบได้ คีบถ้วยกระเบื้องใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W)

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง นำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W₁)

3. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace) ที่ 600°C เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาวหรือสีเทา

4. รอให้เตาเผาเย็นลง จึงคีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าที่ได้ (W_2)

5. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

ก.4 การหาอัตราการดูดกลืนน้ำ (Rehydration ratio)

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปลือกกุ้งประมาณ 5 กรัม
2. นำไปต้มในน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที
3. ชั่งน้ำหนักเปลือกกุ้งหลังต้ม คำนวณโดยใช้สูตร

$$R = \frac{M}{M_0}$$

M = น้ำหนักเปลือกกุ้งหลังต้ม

M_0 = น้ำหนักเปลือกกุ้งก่อนต้ม



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข การคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณแคโรทีนอยด์จากวิธีของ Zheng และคณะ (2010)

น้ำหนักตัวอย่างเปลือกกุ้งอบแห้งเท่ากับ 0.1207 กรัม ค่า Absorbance ที่วัดได้เท่ากับ 0.216

1. หักลบค่า Absorbance ที่วัดได้ด้วย 10% ของค่า Absorbance ที่วัดได้
ดังนั้น $0.216 - 0.0216 = 0.1944$

2. คำนวณตามสมการ

$$E \ 1 \% \ 1 \text{ cm} = 1,900$$

ความหมายของสมการคือ ถ้าวัดค่า Absorbance ของสารละลายแคโรทีนอยด์ที่วัดได้เท่ากับ 1,900 โดยใช้ Light path เท่ากับ 1 เซนติเมตร แสดงว่า สารละลายนั้นมีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์เท่ากับ 1% หรือเท่ากับ 10,000 ส่วนในล้าน

$$= \frac{10,000 \times 0.1944}{1,900}$$

$$= 1.0232 \text{ ส่วนในล้าน}$$

3. นำความเข้มข้น 1.0232 ส่วนในล้านที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของ แคโรทีนอยด์ในสารละลาย 1,000,000 ml มีแคโรทีนอยด์อยู่ 1.0232 กรัม

$$\text{สารละลาย Acetone extract } 10 \text{ มิลลิลิตร มีแคโรทีนอยด์อยู่} = \frac{1.0232 \times 10}{1,000,000}$$

Acetone extract 10 ml สกัดออกจากเปลือกกุ้ง 0.1 กรัม

$$\text{ดังนั้น เปลือกกุ้ง } 0.1 \text{ กรัม มี carotenoid อยู่} = \frac{1.0232 \times 10}{1,000,000 \times 0.1}$$

$$= 1.0232 \times 10^{-4}$$

ดังนั้น เปลือกกุ้ง 1 กรัมมีแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 1.0232×10^{-3}