ผลของเทคนิคการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพของดีหมึกผง และการผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

EFFECT OF DRYING TECHNIQUES ON QUALITIES OF CUTTLE FISH INK POWDER AND INSTANT CUTTLE FISH INK POWDER SAUCE PRODUCTION

พิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์

PIMWARUN BOONMARAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AI-M-055-237

ผลของเทคนิคการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพของดีหมึกผง และการผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

EFFECT OF DRYING TECHNIQUES ON QUALITIES OF CUTTLE FISH INK POWDER AND INSTANT CUTTLE FISH INK POWDER SAUCE PRODUCTION

พิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์

PIMWARUN BOONMARAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

KMITL-2015-AI-M-055-237

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF DRYING TECHNIQUES ON QUALITIES OF CUTTLE FISH INK POWDER AND INSTANT CUTTLE FISH INK POWDER SAUCE PRODUCTION

PIMWARUN BOONMARAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE

IN FOOD SERVICE AND CATERING TECHNOLOGY

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

KMITL-2015-AI-M-055-237

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2015

FACULTTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของเทคนิคการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพของดีหมึกผงและการผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

EFFECT OF DRYING TECHNIQUES ON QUALITIES OF CUTTLE FISH INK POWDER AND INSTANT CUTTLE FISH INK POWDER SAUCE PRODUCTION

ชื่อนักศึกษา นางสาวพิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์

รหัสประจำตัว 56608036

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ผศ.ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์ ดร.สุรชัย ใหญ่เย็น รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์	ธงชัย พุฒทองศิริ

วัน / เดือน/ ปีที่ 19 กันยายน 2558 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 302 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 13 เดือน ก.ย. พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเทคนิคการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพของดีหมึกผงและการผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง
นักศึกษา	นางสาวพิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์
รหัสประจำตัว	56608036
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำแห้งที่มีผลต่อคุณภาพดีหมึกผง โดยใช้ดีหมึกจากหมึกกระดองลายเสือ *(Sepia pharaonis)* เป็นวัตถุดิบในการทำแห้งด้วยวิธีที่ต่างกัน คือ วิธีการทำแห้งแบบโฟม (Foam mat drying) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drier) และการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ความชื้น ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการดูดซับน้ำ อัตราการคืนรูป ค่าความสว่าง (L*) และปริมาณผลผลิต พบว่าวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆต่อดีหมึกผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลการทดลองค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับ 0.20 ความชื้นร้อยละ 6.36 ความสามารถในการละลายร้อยละ 51.84 ความสามารถในการดูดซับน้ำ 1.33 กรัม/กรัม อัตราส่วนการคืนรูปเท่ากับ 1.33 ค่าความสว่าง (L*) 25.38 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 21.67 ตามลำดับและเมื่อวิเคราะห์โครงสร้างของดีหมึกผงด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าการทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอย มีลักษณะกลมสม่ำเสมอและมีขนาดเล็กกว่าการทำแห้งแบบโฟมและแบบแช่เยือกแข็งการผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงใช้สูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมดังนี้ดีหมึกร้อยละ 27 อโรมาตร้อยละ 2 หอมใหญ่สับร้อยละ 8 พริกเหลืองสับร้อยละ 4 นมจืดร้อยละ 37 วิปครีมร้อยละ 21 และเกลือร้อยละ 1 นำสูตรพื้นฐานมาปรับให้เป็นซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงโดยการวิเคราะห์ความชื้นของส่วนผสมแล้วคำนวณส่วนผสมเป็นฐานแห้งส่วนผสมที่ได้ประกอบด้วย ดีหมึกผงร้อยละ 25.60 อโรมาตร้อยละ 5.27 หอมใหญ่ผงร้อยละ 4.82 ปาปิก้าร้อยละ 2.95 วิปครีมผงร้อยละ 58.70 และเกลือร้อยละ 2.66 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบการยอมรับการใช้งานซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 20 ท่านผู้ทดสอบส่วนใหญ่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of drying techniques on qualities of cuttle fish ing powder and instant cuttle fish ink powder sauce production
Student	Miss. Pimwarun Boonmarak
Student ID.	56608036
Degree	Master of Science
Program	Food Service and Catering Technology
Year	2015
Thesis Advisor	Dr.Tongchai Puttongsiri

ABSTRACT

The objective of research was to study the effect of drying process on quality of squid ink powder. The cuttlefish (*Sepia pharaonis*) was used as a raw material for many drying methods including foam mat drying, freeze drying and spray drying. The result shows that spray drying was more good qualities of squid ink powder than foam mat drying and freeze drying. The quality of squid ink powder from spray drying were water activity (a_w) 0.20, moisture 6.36%, water solubility index 51.84%, water absorption index 1.33g/g, rehydration ratio 1.33, color (L*) 25.38 and percent yield 21.67 respectively. Forther scanning electron microscope (SEM) shows that the particles of spray drying produced are the spherical shape, shriveled surface and small pieces. In case of foam-mat drying and freeze drying the particles exhibited the crystal shape and the surface. Theinstant squid ink powder sauce production was based on basic formula composed of squid ink 27%aromat 2% onion 8% chilli 4% milk 37% whipcream 21% and salt 1%, This formulation was calculatedsquid ink sauce on dry basis. The formulation of instant squid ink powder sauce production was squid ink powder 25.60% aromat 5.27% onion powder 4.82% paprika 2.95% whip cream powder 58.70% and salt 2.66% .When the user acceptance testing instant squid ink sauce powder production by culinary experts. The testers number 20 people most widely accepted in instant squid ink sauce powder production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทของสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาและข้อมูลต่างๆ ระหว่างการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณท่านกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ ดร.สุรชัย ใหญ่เย็น และ รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ได้ช่วยเหลืองานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเชฟ และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารทุกท่านที่กรุณาช่วยทดสอบและแสดงความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำ และเป็นกำลังใจทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากปราศจากความช่วยเหลืออันดีจากผู้มีพระคุณทั้งหลาย งานวิจัยนี้คงไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ และผู้เขียนขอขอบคุณผู้แต่งและสำนักพิมพ์ของหนังสืออ้างอิงดังกล่าวเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจอ่านทั่วไป และหากมีข้อความใดหรือเนื้อหาตอนหนึ่งตอนใดผิดพลาดไปเนื่องจากการพิมพ์หรือด้วยเหตุใดก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับการติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

พิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หมึก	3
2.2 ชนิดของหมึกในอ่าวไทย	3
2.3 ชนิดของหมึกสด	7
2.4 ดีหมึก (Squid Ink)	7
2.5 การทำแห้ง (Drying)	10
2.6 ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้งในด้านต่าง	22
2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)	24
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ	29
3.1 วัตถุดิบ	29
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์	29
3.3 สารเคมี	30
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 34

4.1 ผลของสภาวะการทำแห้ง 34

4.2 ศึกษาขั้นตอนการทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง 38

4.3 ผลการศึกษาการยอมรับ และความชอบต่อซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง 40

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก 48

ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ 49

ข การคำนวณส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงและภาพซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง .. 54

ค แบบสอบถาม 60

ง รายชื่อเชฟ และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบการใช้ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงแบบ Home Use Test 66

จ ภาพการเตรียมดีหมึก 68

ฉ ภาพตัวอย่างอาหาร 70

ช ภาพกระบวนการทำแห้ง 72

ประวัติผู้วิจัย 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบของดีหมึก..... 8
3.1 ส่วนผสมของซอสดีหมึกสูตรพื้นฐาน..... 32
4.1 ผลของกระบวนการทำแห้งที่ดีต่อคุณภาพของดีหมึกผง..... 35
4.2 ความชื้นของส่วนผสมต่างๆ ในซอสดีหมึกสูตรพื้นฐาน..... 39
4.3 สูตรซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง..... 39
4.4 ผลการทดสอบความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์..... 40
4.5 คะแนนความชอบ และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหลังทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร..... 41
4.6 ความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหลังทดลองใช้ผลิตภัณฑ์..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะอวัยวะภายในของหมึกกล้วย (squid).....	4
2.2	ลักษณะอวัยวะสำคัญของหมึกกระดอง (cuttle fish).....	5
2.3	ลักษณะอวัยวะสำคัญของหมึกสาย (octopus).....	6
2.4	หมึกกระดองลายเสือ.....	7
2.5	องค์ประกอบของถุงน้ำหมึก.....	8
2.6	โครงสร้างทางเคมีของ L-DOPA และ indol 5,6 quinone.....	9
2.7	แผนภูมิสถานะของน้ำบริสุทธิ์.....	11
2.8	กราฟเปรียบเทียบเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้ง 3 วิธี.....	12
2.9	กราฟขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.....	13
2.10	หัวฉีดแบบหมุน.....	16
2.11	หัวฉีดแบบแรงดัน.....	16
2.12	หัวฉีดแบบสองของไหล.....	17
2.13	การไหลไปในทิศทางเดียวกัน.....	18
2.14	การไหลสวนทางกัน.....	18
2.15	การไหลแบบผสมกัน.....	19
2.16	แผนภูมิการทำแห้งแบบโฟม.....	20
2.17	ลักษณะโครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส.....	25
4.1	ดีหมึกผงจากกระบวนการทำแห้งที่ต่างกันภาพ A คือการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) , ภาพ B คือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) และภาพ C การทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat drying).....	36
4.2	อนุภาคดีหมึกผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) (A) , การทำแห้งดีหมึกผงแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) (B) และการทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟม (Foam-mat drying) (C) ถ่ายโดยกล้อง SEM กำลังขยาย 3,500 เท่า.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

อุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำในประเทศไทย สามารถทำรายได้ให้กับผู้ประกอบการเป็นจำนวนมากหมึกนับว่าเป็นสินค้าประมงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งรองลงมาจากสินค้ากุ้ง โดยสินค้าหมึกสดแช่เย็นแช่แข็งสามารถนำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่าหมื่นล้านบาท ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายสำคัญของโลก การส่งออกหมึกสดแช่เย็น แช่แข็งและหมึกแปรรูปของไทยปี 2557 มีปริมาณทั้งสิ้น 62,980 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,354 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 5 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าประมงทั้งหมด ปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 มูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2556 ส่งออกไปยังกลุ่มสหภาพยุโรปมากที่สุดร้อยละ 39 ของมูลค่าการส่งออกหมึกสดแช่เย็นแช่แข็งทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ญี่ปุ่นร้อยละ 25 เกาหลีใต้ร้อยละ 12 สหรัฐอเมริการ้อยละ 7 กลุ่มอาเซียนและแคนาดาร้อยละ 4 (กรมประมง, 2557) ในการแปรรูปหมึกสดที่จะต้องมีการแล่ ดึง ล้างทำความสะอาดเอาอวัยวะภายใน รวมถึงถุงหมึกออก เศษเหลือทิ้งนี้เดิมที่เป็นขยะที่ไม่มีมูลค่า เป็นปัญหาก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมหากมีการจัดการที่ไม่ดีพอ อีกทั้งยังเป็นภาระค่าใช้จ่ายของผู้ประกอบการในการบำบัดของเสียเหล่านี้

อาหารที่ปรุงด้วยดีหมึกนั้นมีสีดำเข้ม และมีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ ในประเทศแถบยุโรป เช่น อิตาลี และสเปน นิยมนำมาประกอบอาหารประเภทพาสต้า ข้าวรีซอตโต และขนมปังสีดำ ส่วนประเทศในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน ฮ่องกง สิงคโปร์ มีการนำดีหมึกมาเป็นส่วนผสมในอาหารต่างๆ และในประเทศไทยอาหารที่ปรุงจากดีหมึกยังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก พบได้เฉพาะในร้านอาหารอิตาเลียนราคาแพงหรือโรงแรมบางแห่งเท่านั้น โดยทั่วไปมักนิยมใช้ดีหมึกเหลวสำเร็จรูปนำเข้าจากประเทศอิตาลีเนื่องจากความสะดวก แม้ว่าดีหมึกเป็นวัตถุดิบที่หาได้ไม่ยากในเมืองไทยแต่เป็นเพราะความยุ่งยากและเสียเวลาในการนำมาใช้

จากงานวิจัยก่อนหน้า ที่ศึกษาการเตรียมดีหมึกให้ใช้ง่ายขึ้นโดยการนำดีหมึกมาทำแห้งโดยใช้วิธีการอบลมร้อน ซึ่งดีหมึกผงที่ได้เป็นที่ยอมรับของเชฟ และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร (อรุโณทัย, 2556) แต่ยังพบว่าดีหมึกผงที่ได้ยังมีคุณสมบัติบางประการอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ ความสามารถในการละลายมีค่าต่ำ ดังนั้นควรพัฒนาต่อเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งเพื่อพัฒนาคุณภาพของหมึกผงที่ได้ให้มีความสามารถในการละลายที่สูงขึ้นและนำดีหมึกผงที่ได้มาพัฒนาเป็นซอสหมึกดำผงพร้อมปรุงเพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้ในการประกอบอาหารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งดีหมึกผงที่ต่างกันต่อคุณภาพของดีหมึกผง

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำซอสดีหมึกผงสำเร็จรูปพร้อมปรุงรส

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับซอสดีหมึกผงสำเร็จรูปพร้อมปรุงรสของผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ทราบถึงกระบวนการที่เหมาะสมต่อคุณภาพในการทำแห้งดีหมึกผง

1.3.2 เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบในการใช้งานได้สะดวก

1.3.3 ส่งเสริมการนำสิ่งเหลือใช้ในอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม

1.3.4 ส่งเสริมการนำทรัพยากรภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

เป็นการศึกษาดีหมึกผงของหมึกกระดองในกระบวนการทำแห้งต่อคุณภาพด้านความสามารถในการดูดซึมและการละลายน้ำ สัดส่วนการคืนรูป ค่าสี และเลือกกระบวนการทำแห้งที่ให้ผลดีที่สุดต่อคุณภาพดีหมึกผงเพื่อนำมาทำซอสดีหมึกผงสำเร็จรูป จากนั้นนำมาทดสอบการยอมรับ ความพึงพอใจในด้านการสะดวกในการใช้ คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 หมึก

หมึกเป็นสัตว์ทะเลที่มีลำตัวนิ่ม ไม่มีกระดูกสันหลัง มีเปลือก (shell) ลักษณะแบนอยู่กลางลำตัวเพื่อให้คงรูปร่างได้ บางชนิดไม่มีเปลือก (shell) มีรยางค์รอบปาก (arm and tentacle) 8-10 เส้น ประกอบด้วยปุ่มดูด (sucker) ซึ่งช่วยในการจับ และเกาะยึด เคลื่อนไหวด้วยการพ่นน้ำ จัดอยู่ใน phylum Mollusca, class Cephalopodaซึ่งเป็น class ที่มีพัฒนาการสูงที่สุดใน phylum นี้ ภายใน class สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 sub class (Firth. 1969) คือ

2.1.1 Sub class Nautiloideaหรือ Tetrabranchiaลักษณะของสัตว์ใน sub class นี้ จะมีรยางค์รอบปาก 10 เส้น และมีเหงือก 2 คู่ ไม่มีกระจกตา (lens) ที่พบเห็นโดยทั่วไปได้แก่ genus nautilus

2.1.2 Sub class Coleoideaหรือ Dibranchiaลักษณะของสัตว์ใน sub class นี้ จะมีรยางค์รอบปาก 8-10 เส้น มีเหงือก 1 คู่ มีกระจกตา (lens) มีเปลือก (shell) อยู่ภายใน บางชนิดไม่มีเปลือก สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 อันดับ (order)

ก. อันดับ Decapodaมีรยางค์รอบปาก 10 เส้น (สั้น 8 เส้น ยาว 2 เส้น) ลำตัวยาวมีครีบ และมีเปลือกอยู่ภายในตัว เป็นกลุ่มของพวกปลาหมึกกล้วย (squid) ปลาหมึกกระดอก (cuttle fish) หมึกตัวเล็กตัวน้อยต่างๆ (commom cuttlefish) และพวกเบิลเลิมไนตส์ (belemnites)

ข. อันดับ Octopodaมีรยางค์รอบปากแบบเดียวกัน 8 เส้น ลำตัวกลมอ้วน ไม่มีครีบ และเปลือก เป็นกลุ่มของพวกหมึกสาย หรือหมึกยักษ์ (octopus)

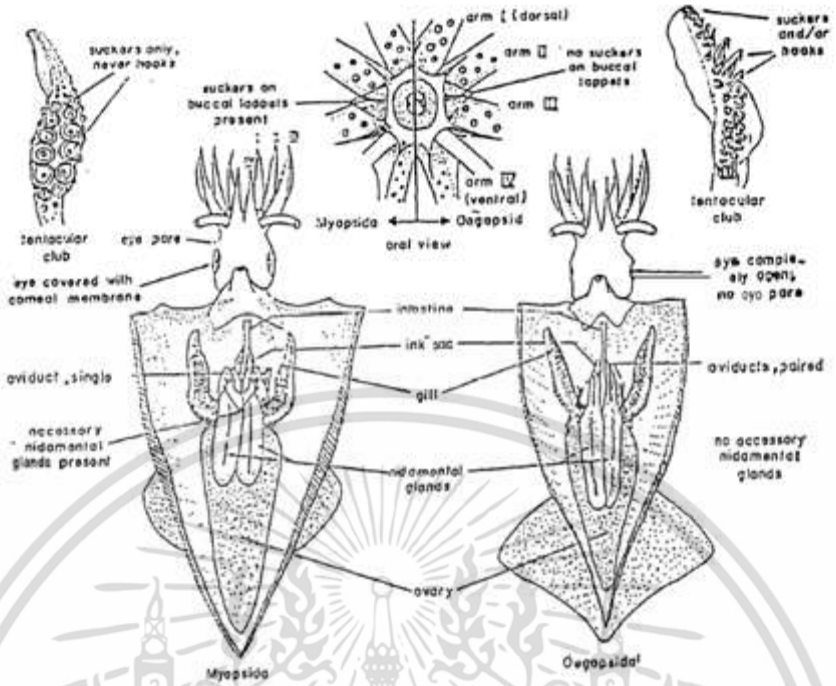
2.2 ชนิดของหมึกในอ่าวไทย

แบ่งตามกลุ่มได้ดังนี้ (มาลา, 2538)

2.2.1 หมึกกล้วย (squid) โดยทั่วไปอาศัยอยู่ทุกระดับน้ำ แต่มีบางช่วงชีวิตที่อาศัยอยู่หน้าดินหรือเหนือผิวดินมีลักษณะอวัยวะภายในแสดงดังภาพที่ 2.1 ซึ่งชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในอ่าวไทยมี 4 ชนิด คือ

- *Loligo chinensis* (หมึกศอก)
- *Loligo duvauceli* (หมึกจิ๊กโก๋)
- *Loloigolus (Niponololigo) sumatrensis* (หมึกกระตอย)
- *Sepioteuthis lessoniana* (หมึกหอม หรือ หมึกตะเภา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



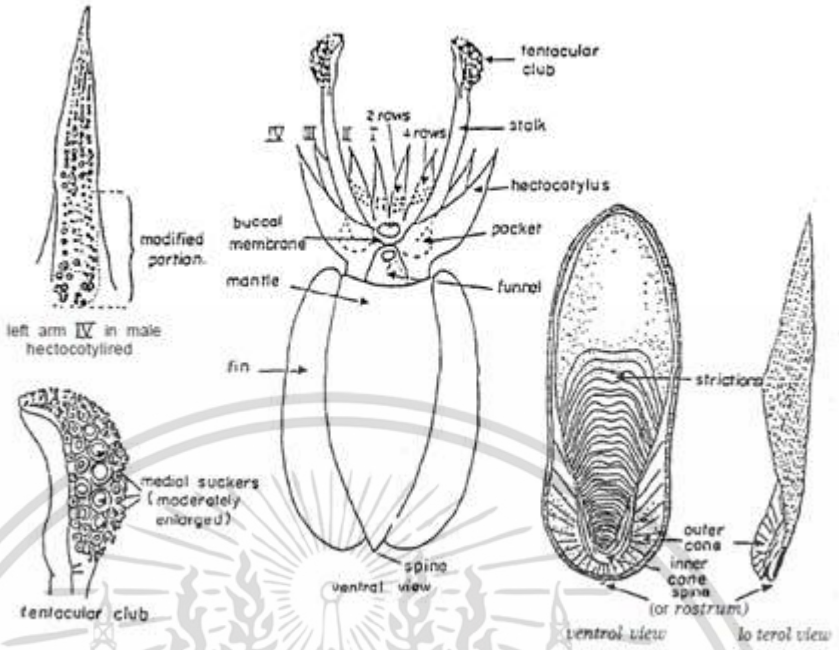
ภาพที่ 2.1 ลักษณะอวัยวะภายในของหมึกกล้วย (squid)

ที่มา: เจิดจินดา (2536)

2.2.2 หมึกกระดอง (cuttlefish) มีกระดองแข็งสีขาวขุ่น ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณและอาหารสัตว์ หมึกกระดองสามารถลอยตัวอยู่กับที่ เคลื่อนที่ช้าๆ หรือมุ่งไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วได้ มีลักษณะอวัยวะภายในแสดงดังภาพที่ 2.2 ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในอ่าวไทยมี 6 ชนิดคือ

- *Sepia pharaonis* (หมึกกระดองลายเสือ)
- *Sepia aculeate* (หมึกกระดอง Needle cuttlefish)
- *Sepia lycidas* (หมึกกระดอง Kisslip cuttlefish)
- *Sepia recurvirostra* (หมึกกระดอง Curvespire cuttlefish)
- *Sepia brevimana* (หมึกกระดอง Shortclub cuttlefish)
- *Sepia inermis* (หมึกกระดองก้นไหม้ Spineless cuttlefish)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



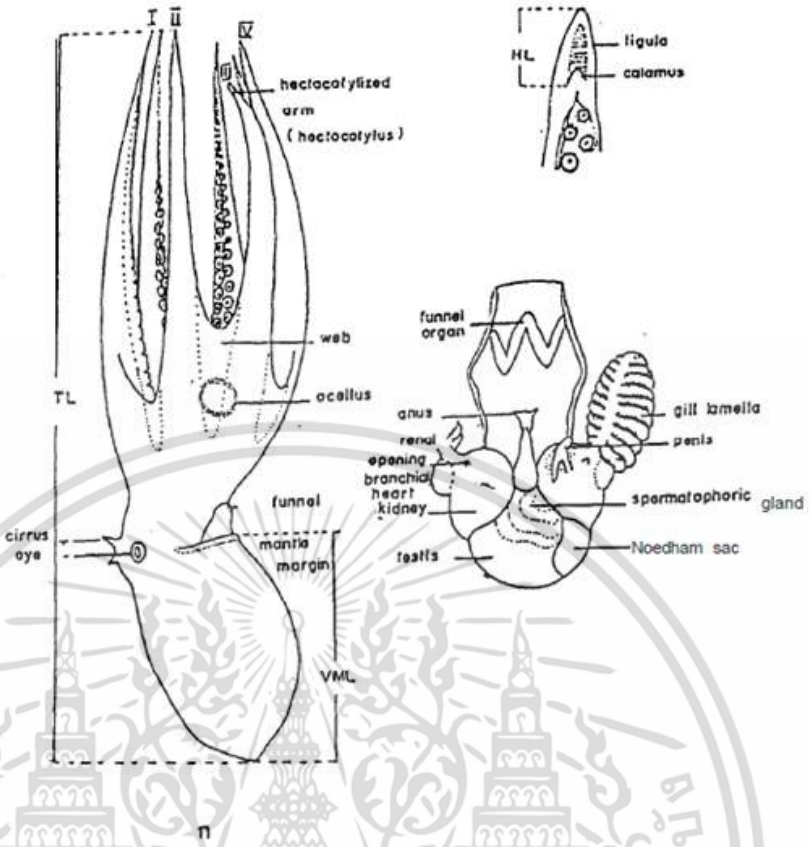
ภาพที่ 2.2 ลักษณะอวัยวะสำคัญของหมึกกระดอง (cuttle fish)

ที่มา: เจิดจินดา (2536)

2.2.3 หมึกสาย (octopus) ลักษณะสำคัญคือ ไม่มีกระดอง พบตั้งแต่ระดับน้ำลึกปานกลางจนถึงตื้นชายฝั่ง เคลื่อนไหวช้า และส่วนใหญ่จะคืบคลานตามพื้นทะเลมีลักษณะอวัยวะภายใน แสดงดังภาพที่ 2.3 ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในอ่าวไทยมี 5 ชนิดคือ

- *Octopus membranaceus* (หมึกสายสี่ตา)
- *Octopus dollfusi* (หมึกสายลายหินอ่อน)
- *Octopus aegina* (หมึกสาย)
- *Hepalochlaena maculosa* (หมึกสายวงน้ำเงินใต้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะอวัยวะสำคัญของหมึกสาย (octopus)

ที่มา : เจิดจินดา (2536)

2.2.4 หมึกกระดองลายเสือ (*Sepia pharaonis*) หมึกชนิดนี้มีขนาดใหญ่รูปร่างคล้ายรูปไข่และแบนมีครีบเป็นแผ่นแคบๆอยู่สองข้างลำตัวแต่ครีบแยกจากกันตอนส่วนท้ายกระดอง (cuttlebone) เป็นแผ่นแข็งสีขาวขุ่นเป็นสารประกอบจำพวกหินปูนซึ่งชาวบ้านเรียกกันว่าลิ้นทะเลหนวดอยู่บนหัวมี 4 คู่และแขน 1 คู่ ตัวผู้มีแขนยาวกว่าตัวเมียนัยน์ตากลมโตสีลำ ตัวหัวและหนวดเป็นสีน้ำตาลปนดำมีลายขวางและมีจุดสีม่วงประอยู่ทั่วลำตัวขนาดใหญ่ที่สุดเฉพาะลำตัวยาว 42 เซนติเมตรและหนัก 5 กิโลกรัมพบทั่วๆไปตัวผู้ยาว 35 เซนติเมตรตัวเมียยาว 30 เซนติเมตร ลักษณะแสดงดังภาพที่ 2.4

แหล่งอาศัยตามชายฝั่งที่ระดับน้ำลึกตั้งแต่ 10-110 เมตร ในอ่าวไทยจับได้มากที่สุดที่จังหวัดชลบุรี ระยอง ประจวบคีรีขันธ์และฝั่งอันดามันมีเนื้อหนาเหนียวรสดีเหมาะกับการประกอบอาหารประเภทปิ้ง ผัด แกงจืดหรือตากแห้ง (กรมประมง, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 หมึกกระดองลายเสือ

ที่มา : กรมประมง (2551)

2.3 ชนิดของหมึกสด

หมึกสดมี 8 แบบ (มกอช.7005/2548)

2.3.1 หมึกทั้งตัว (wholeround) ได้แก่ หมึกที่มีอวัยวะครบตามธรรมชาติ

2.3.2 หมึกลอกขาว (whole cleaned) ได้แก่ หมึกที่ลอกหนัง เอาส่วนตา ปาก และอวัยวะภายในออกทั้งหมด

2.3.3 หมึกหลอด (tube) ได้แก่ หมึกที่ลอกหนัง ชักไส้ เอาหัวและกระดอง หรือแผ่นไคทิน (chitin) ออก เอาปีกออกหรือไม่ก็ได้

2.3.4 หมึกแผ่น (fillet) ได้แก่หมึกตามข้อ 3 เอาปีกออกหรือไม่ก็ได้ ผ่าตามความยาวตลอดลำตัว

2.3.5 หัวหมึก (head) ได้แก่ ส่วนหัวที่มีหนวดของหมึกที่เอาตา ปาก และถุงหมึก (ink sac) ออก ทั้งนี้หมึกในวงโลลิจินิดี และซิปีไอดิ (หมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกหอม) อาจเรียกว่าหนวดปลาหมึก

2.3.6 ปีกหมึก (wing) ได้แก่ อวัยวะส่วนนอกที่มีลักษณะเป็นแผ่น 2 ข้าง อยู่ติดกับด้านปลายแหลมของตัวหมึก

2.3.7 หมึกสายเอาถุงหมึกออก (octopus ink off) ได้แก่ หมึกสายที่เอาเฉพาะถุงหมึก (ink sac) ออก

2.3.8 หมึกสายชักไส้ (octopus gutted) ได้แก่ หมึกสายที่เอาอวัยวะภายในทั้งหมดออก จะเอาปากและตาออกหรือไม่ก็ได้

2.4 ดีหมึก (Squid Ink)

ลักษณะพิเศษของหมึก คือ การมีถุงน้ำหมึก (ink sac) ซึ่งพบได้ในหมึกเกือบทุกชนิด ยกเว้นบางชนิด เช่น nautilus, finned octopus และ ชนิดที่อาศัยอยู่ในมหาสมุทรระดับลึก ถุงน้ำหมึกจะพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ในช่องท้องตอนบนของลำไส้บริเวณด้านหลังของลำไส้ แสดงดังภาพที่ 2.1ในหมึกบางชนิดถุงน้ำหมึกจะฝังอยู่ในเนื้อเยื่อของตับ บนผนังด้านในของถุงน้ำหมึกจะพบเซลล์ต่อมน้ำหมึก มีหน้าที่ผลิตน้ำหมึกเพื่อสะสมไว้ภายในถุงน้ำหมึก ส่วนของน้ำหมึกที่พร้อมสำหรับพ่นถูกสะสมที่ปลายท่อใกล้ปากของถุงน้ำหมึก ที่ปากถุงน้ำหมึกประกอบด้วย กล้ามเนื้อซึ่งสามารถบีบรัดตัวได้ (sphincter) 1 คู่ ดังภาพที่ 2.5 ขณะหมึกพ่นน้ำหมึก กล้ามเนื้อ sphincter จะทำหน้าที่บีบรัดลำเลียงน้ำหมึกเคลื่อนที่เข้าสู่ลำไส้ และพ่นออกมาภายนอกผ่านทางช่องทวารหนัก สีของน้ำหมึกเป็นสีน้ำตาลไปจนถึงดำเข้ม ขึ้นอยู่กับชนิดของหมึก (Nesis, 1987)

ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของถุงน้ำหมึก

ที่มา: Piattelli (1961)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของดีหมึกโดยน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบของดีหมึกโดยน้ำหนักแห้ง	**ร้อยละ**
คาร์โบไฮเดตรตกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide)	51.4
สารให้สี (Pigment)	30.8
โปรตีนชนิดเปปไทด์ (Peptides)	17.8

ที่มา : สายันต์ (2554)

น้ำหมึกมีประโยชน์เพื่อการป้องกันตัวเองของหมึกในยามคับขัน โดยใช้พ่นใส่ศัตรูผู้รุกรานโดยจะทำให้เกิดอาการมึนงงไปชั่วขณะหรือเพื่อการพรางตัว แต่นอกจากจะเป็นเครื่องมือป้องกันตัวเองแล้ว น้ำหมึกยังมีสรรพคุณที่น่าสนใจ ดังจะเห็นได้ว่าในประเทศญี่ปุ่น จีน หรือ ประเทศในแถบยุโรป ได้ใช้น้ำหมึกเป็นยารักษาโรคมาช้านานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีผู้ศึกษาพบว่าน้ำหมึกมีสรรพคุณในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) และยังมีผลกับการหลั่งของน้ำย่อยด้วย (Gastric juice secretion activity) ต่อมาคณะนักวิจัยชาวญี่ปุ่นพบว่า ส่วนประกอบชนิดหนึ่งในน้ำหมึกที่เรียกว่า Peptidoglycan ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการจับกับของส่วนที่เป็นโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีคุณสมบัติพิเศษในการยับยั้งการเกิดเนื้องอก (Antitumor) ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงลึกครั้งแรกเกี่ยวกับน้ำหมึก โดยผู้วิจัยได้สกัดแยกสาร Peptidoglycan ออกเป็น 3 ชนิดย่อยตามองค์ประกอบ แล้วนำไปทดลองฤทธิ์การยับยั้งเนื้องอกในหนูทดลอง โดยการฉีดเข้าทางช่องท้องของหนู (Intraperitoneally) ซึ่งผลการทดลองพบว่าสาร Peptidoglycan ทั้ง 3 ชนิดให้ผลยับยั้งการเกิดเนื้องอกได้ โดยพบว่าสาร Peptidoglycan นี้จะไปช่วยเสริมกลไกการทำลายเซลล์เนื้องอกด้วยการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immune-mediated path) และที่น่าสนใจคือการให้ความร้อนแก่น้ำหมึกที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 10นาที ไม่ได้ทำลายฤทธิ์การยับยั้งเนื้องอก นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ศึกษาลึกลงไปถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของสาร Peptidoglycan เหล่านั้นด้วย โดยพบว่ามีบางส่วนเป็นคาร์โบไฮเดตรที่มีโครงสร้างชนิดใหม่ (สายันต์, 2554)

น้ำหมึกประกอบไปด้วยเม็ดสีเมลานิน (melanin) ละลายในของเหลวไม่มีสีซึ่งยังไม่ทราบองค์ประกอบแน่ชัด และไทโรซีน(tyrosine) ในหมึกจำพวก sepia มีเอนไซม์ที่สามารถเปลี่ยนไทโรซีน(tyrosine) ไปเป็นเมลานิน (melanin) (Piattelli , 1961) ซึ่งกลไกการเกิดเมลานิน (melanin) จะพบเป็นส่วนที่ปะปนอยู่ในน้ำหมึกด้วย เช่น indol 5,6 quinoneที่เกิดจาก L-3,4-dihydroxyphenylalanin (L-DOPA) มีคุณสมบัติทำให้ประสาทสัมผัสทางกลิ่นของศัตรูเกิดชาไปชั่วขณะหนึ่ง และนอกจากนี้ยังทำให้ตาของศัตรูเกิดอาการระคายเคืองอีกด้วย (Yukio, 1980) แสดงดังภาพที่ 2.6

L-DOPA **indol 5,6-quinone**

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างโครงสร้างทางเคมีของ L-3,4-dihydroxyphenylalanin (L-DOPA) และ indol 5,6 quinone

ที่มา: Yukio (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การทำแห้ง (Drying)

การทำแห้ง คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับความเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (Water activity, A_w) ต่ำกว่า 0.65 ทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นในระดับที่ปลอดภัยไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บ ได้ที่ความชื้นร้อยละ 15-20 แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาแต่โบราณเช่น ตากหญ้า ฟางข้าว เป็นอาหารสำหรับวัวควาย ตากเมล็ดพืชพันธ์สำหรับฤดูกาลหน้า ตากเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ และธัญพืชที่เหลือกินไว้เป็นอาหาร เช่น เนื้อเค็ม ปลาเค็ม กล้วยตาก ข้าวเปลือกเป็นต้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เรียกว่าการตากแห้ง การใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำในเครื่องอบแห้งเรียกว่า การอบแห้ง จึงเรียกรวมทั้งสองอย่างว่า การทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2540)

การทำแห้งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เป็นกระบวนการกำจัดน้ำในอาหารเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร โดยปริมาณความชื้นที่จะป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ได้โดยทั่วไป คือ ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดอาหารเป็นสำคัญ (สมบัติ, 2526)

2.5.1 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry)

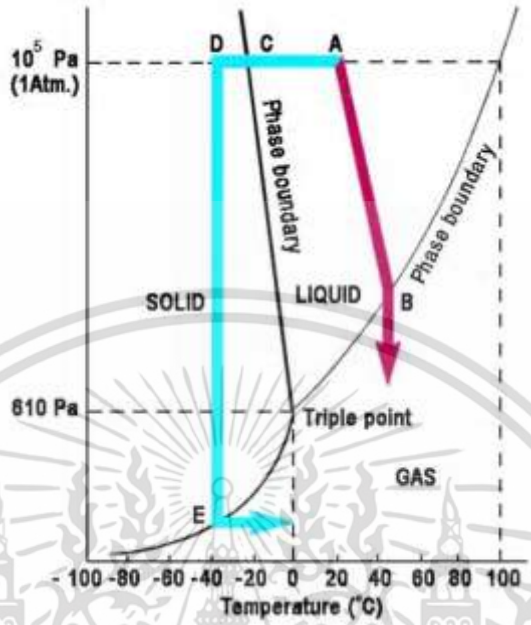
กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying) หรือการทำแห้งแบบระเหิด (Sublimation Drying) มีชื่อเรียกเฉพาะว่า Lyophilization เป็นกระบวนการทำแห้งภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันต่ำจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงคุณค่าทางโภชนาการเนื้อสัมผัสโครงสร้างสีกลิ่นและรสชาติได้ใกล้เคียงกับของสดผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงเช่นอาหารเครื่องสำอางยาและผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนี้มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูงทั้งเงินทุนตั้งต้นและค่าใช้จ่ายดำเนินการดังนั้นการเลือกใช้เทคโนโลยีจึงต้องพิจารณาความต้องการของตลาดและปัจจัยสนับสนุนอื่นๆควบคู่กันไปด้วย

2.5.1.1หลักพื้นฐานของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

หลักพื้นฐานของกระบวนการทำแห้งชนิดต่างๆสามารถอธิบายได้จากแผนภูมิสถานะ (Phase diagram) ของน้ำบริสุทธิ์ดังแสดงในภาพที่ 2.6 จุด A ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติ (30 องศาเซลเซียสและ 105 พาสคัล) น้ำอยู่ในสถานะของเหลวการทำแห้งโดยทั่วไป (Conventional Drying) จะให้พลังงานความร้อนกับผลิตภัณฑ์จนถึงระดับความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (Latent Heat of Evaporation) น้ำภายในผลิตภัณฑ์ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอที่จุด B แต่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จนถึงจุดเยือกแข็ง C หรือจุด D ซึ่งต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเพื่อให้น้ำภายในผลิตภัณฑ์สร้างผลึกเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งได้อย่างสมบูรณ์จากนั้นลดความดันสูญญากาศลงจนต่ำกว่าจุด Eหรือเส้นขอบเขตของการเปลี่ยนสถานะเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งภายในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหิดเปลี่ยนสถานะเป็นไอและในขั้นตอนสุดท้ายจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อยๆให้พลังงานความร้อนแฝงของการระเหิด (Latent Heat of Sublimation) ยกระดับอุณหภูมิให้สูงขึ้นเพื่อให้น้ำแข็งระเหิดเป็นไอได้อย่างสมบูรณ์ดังภาพที่ 2.7 (ปัณณธร, 2547)



ภาพที่ 2.7 แผนภูมิสถานะของน้ำบริสุทธิ์

ที่มา :ปัณณธร (2547)

แต่ในความเป็นจริงปริมาณความชื้นหรือน้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ไม่ได้อยู่ในรูปของน้ำบริสุทธิ์มักจะอยู่ผสมกับสารอื่นๆในรูปของตัวทำละลาย (Solvent) และตัวถูกละลาย (Solute) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารดังนั้นในการทำแห้งแบบเยือกแข็งกับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจึงมีข้อแตกต่างข้อจำกัดและมีลักษณะเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

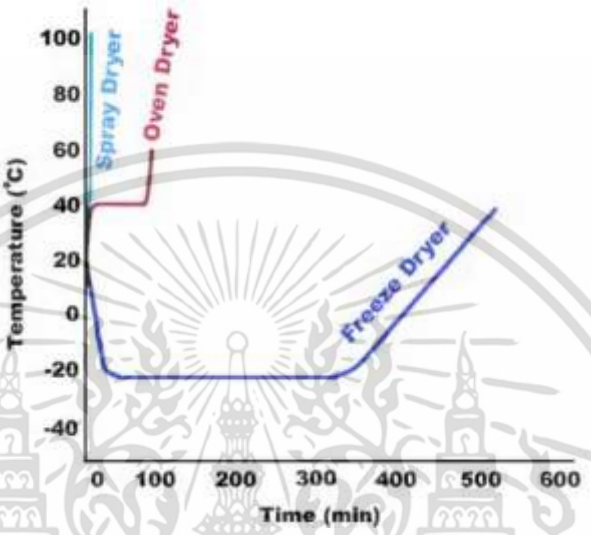
2.5.1.2 คุณลักษณะของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากการทำแห้งโดยทั่วไปคือเป็นการทำแห้งภายใต้อุณหภูมิและความดันต่ำใช้เวลาการทำแห้งนานเนื่องจากต้องการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สดมากที่สุดจากภาพการเปรียบเทียบเวลาและอุณหภูมิการทำแห้งในภาพที่ 2.8 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งใช้อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานในขณะที่การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) ใช้อุณหภูมิสูงในเวลาสั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นำมาแปรรูปว่ามีองค์ประกอบทางเคมีสารออกฤทธิ์และคุณค่าอื่นๆที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อนมากน้อยเพียงไรผลิตภัณฑ์มีความจำเป็นและมีการตลาดรองรับเพียงพอโดยสรุปแล้วกระบวนการและผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อดีผลิตภัณฑ์มีความเสียหายต่ำโครงสร้างผลิตภัณฑ์มีรูพรุนมากส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สามารถคืนตัว (Rehydration) ได้อย่างรวดเร็ว

2. ข้อจำกัดเครื่องมือมีราคาแพงกว่าการทำแห้งชนิดอื่นประมาณ 3 เท่าตัวมีความสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการดำเนินการมาก



ภาพที่ 2.8 กราฟเปรียบเทียบเวลาและอุณหภูมิในการทำแห้ง 3 วิธี

ที่มา :ปัณณธร (2547)

2.5.1.3 ขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก (Main Process) 3 ขั้นตอนคือการแช่เยือกแข็ง (Freezing) การทำแห้งระยะที่ 1 (PrimaryDrying) และการทำแห้งระยะที่ 2 (Secondary Drying) ส่วนขั้นตอนย่อยประกอบกระบวนการได้แก่การเตรียมผลิตภัณฑ์ (Preparation Process) และการบรรจุภัณฑ์และการจัดเก็บเป็นกระบวนการหลังการผลิต (Post Process) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยมีรายละเอียดของกระบวนการหลัก3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1. การแช่เยือกแข็ง (Freezing) ในขั้นตอนนี้เป็นการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงจนถึงจุดเยือกแข็งหรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็งให้น้ำหรือสารละลายเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งได้อย่างสมบูรณ์สิ่งสำคัญของขั้นตอนนี้คือการเกิดผลึกน้ำแข็งระดับความเร็วของการแช่เยือกแข็งควรเป็นการแช่แข็งแบบเร็ว (Quick freezing) ขึ้นไปเนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กซึ่งเกิดจากน้ำที่อยู่ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์แข็งตัวอย่างรวดเร็วลักษณะของผลึกเช่นนี้ไม่ทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์เสียหายแต่หากเป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า (Natural freezing) เวลาในการเกิดผลึกนานทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่เบียดช่องว่างระหว่างเซลล์ทำให้เซลล์แตกโครงสร้างของผลิตภัณฑ์

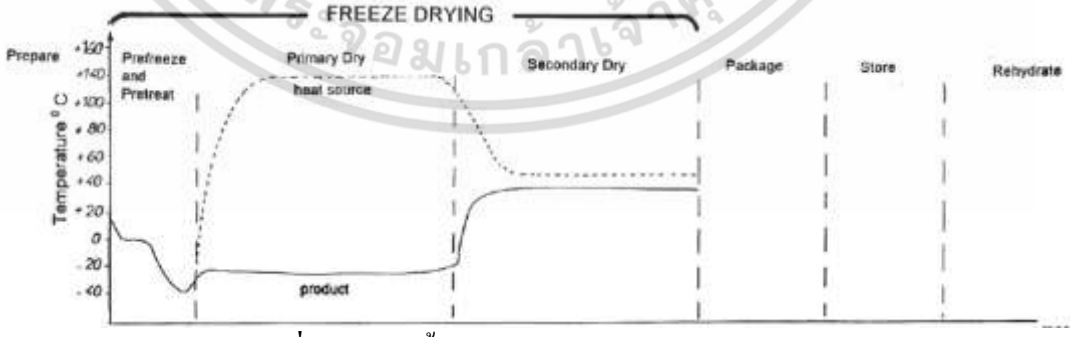
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับความเสียหายการแช่เยือกแข็งแบบเร็วที่นิยมใช้กันมีหลายวิธีเช่นการแช่เยือกแข็งแบบลมเป่า การแช่เยือกแข็งแบบสัมผัสและการแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัดเป็นต้น

2. การทำแห้งระยะที่ 1 (Primary drying)ขั้นตอนนี้เป็นการลดความดันลงเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ภายในเกิดการระเหิดเป็นไอออกไปจากผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ระดับของความดันสูญญากาศควรอยู่ในระดับสูญญากาศละเอียด (Fine Vacuum) ถึงระดับสุญญากาศสูง (HighVacuum) ซึ่งมีความดันต่ำกว่า 132 ปาสคาล และ 132 ปาสคาล ตามลำดับการระเหิดของผลึกน้ำแข็งจึงเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์พฤติกรรมการระเหิดของผลึกน้ำแข็งระหว่างการทำแห้งระยะที่ 1 จากกราฟในภาพที่ 3 แหล่งความร้อนถ่ายเทความร้อนแฝงในการระเหิดกับผลิตภัณฑ์เพื่อให้ชั้นผลึกน้ำแข็งซึ่งเป็นน้ำอิสระ (Free Water) ระเหิดออกไปจากผลิตภัณฑ์โดยมีลำดับของการระเหิดดังนี้

- การระเหิดของชั้นน้ำแข็ง (Ice Layer) บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์
- ชั้นน้ำแข็งที่ระเหิดไปกลายเป็นชั้นแห้ง (Dry Layer) อยู่บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์
- ชั้นน้ำแข็งที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ระเหิดผ่านชั้นแห้งออกไปสู่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทั้งนี้เวลาการระเหิด (Sublimation Time) ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดว่าโครงสร้างเซลล์โปร่งหรือแน่นเพียงใด

3. การทำแห้งระยะที่ 2 (Secondary Drying) ในขั้นตอนนี้เป็นการกำจัดน้ำที่อยู่ในรูปของพันธะกับสารอื่น(Bound Water) ในผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่ตกผลึกและแข็งตัวไปกับน้ำอิสระช่วงการทำแห้งนี้เรียกว่า Desorption ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อการทำแห้งระยะที่ 1 การระเหิดของน้ำอิสระหมดไปจากกราฟในภาพที่ 2.9 ช่วงของการ Desorption อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนแฝงให้ชั้นน้ำแข็งหมดไปพลังงานจากแหล่งความร้อนจึงถ่ายเทสู่ผลิตภัณฑ์โดยตรง (ปัณณธร, 2547)



ภาพที่ 2.9 กราฟขั้นตอนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ที่มา :ปัณณธร (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 การบรรจุผลิตภัณฑ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เนื่องด้วยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคุณภาพสูงดังนั้นการจัดเก็บและบรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากผลิตภัณฑ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความไวต่อการเสียหายในสภาพบรรยากาศปกติคุณสมบัติการดูดความชื้นกลับ (Hygroscopic) ปฏิกิริยากับออกซิเจนความเปราะบางและการเปลี่ยนแปลงอื่นๆด้วยเหตุนี้การเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจึงควรมีลักษณะดังนี้คืออยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modify Atmosphere) เช่นการบรรจุแบบสูญญากาศ (Vacuum Pack) หรือการบรรจุแบบเติมไนโตรเจน (Nitrogen Pack) และอยู่ในภาชนะบรรจุที่มีการป้องกันเช่นถุงกันกระแทกกระป๋องพลาสติกหรือโลหะเป็นต้น

2.5.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry)

Spray dry (หรือ spray dryer) เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย หรือเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย คือ เครื่องทำแห้ง (dry) ที่ใช้ทำแห้ง (dehydration) สำหรับอาหารเหลว เช่น นมผง น้ำผลไม้ กาแฟ ไข่ โดยต้องมีการเติมสารเสริมการทำแห้งเพื่อเพิ่มปริมาณและไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวกันเป็นก้อน สารที่เสริมที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่นิยมใช้ในทางการการค้า เช่น มอลโตเดกซ์ทริน หางนมผง ไซโคลเดกซ์ทริน เป็นต้น (เอกดนัย, 2548) และใช้ใช้เครื่องพ่นละออง (atomizer) ทำให้อาหารเหลวเป็นละออง สัมผัสกับกระแสลมร้อนภายในห้องอบแห้ง (drying chamber) ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง ตกลงสู่ภาชนะรองรับด้านล่าง ผงบางส่วนที่รวมอยู่กับลมร้อนจะถูกแยกออกด้วยระบบแยก อาหารผงที่ได้มีความชื้น (moisture content) ต่ำ (น้อยกว่า ร้อยละ 5) นิยมใช้ในการผลิตอาหารแห้งมีลักษณะเป็นผง เช่น นม ครีมเทียม ไข่ผง กาแฟผงสำเร็จรูปการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้คือ

1. ข้อดี สามารถทำแห้งในระยะเวลาที่สั้น ได้ปริมาณผลผลิตสูง อนุภาคผลิตภัณฑ์มีความละเอียดมาก

2. ข้อจำกัด การใช้ความร้อนที่สูงอาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์บางชนิดได้ และการประกอบเครื่องมีความลำบากเนื่องจากอุปกรณ์มีมาก

2.5.2.1 หลักการของระบบการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อนกระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลว (Feed) ออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็วทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมดและได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้งสำหรับกระบวนการทำแห้งให้กับผลิตภัณฑ์นั้นจะเริ่มทำตั้งแต่ใส่ของเหลวลงในเครื่องแล้วรอจนของเหลวมีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละอองจากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมา สำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งนั้นสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นตัวทำละลายสารประเภทอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Emulsion) หรือสารแขวนลอยก็ได้ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

2.5.2.2 ทฤษฎีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการอบแห้งที่ประยุกต์ใช้กับการแปรรูปอาหารได้ทุกประเภทซึ่งอาหารที่ต้องการอบแห้งอาจอยู่ในสภาพของสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกันหรือสารละลายที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันที่อยู่ในรูปของสารละลายของผสมระหว่างของแข็งและของเหลว (Slurry) หรือของเหลวกับของเหลว (Emulsion) หลักการทำแห้งจะดำเนินการโดยทำให้ของเหลวดังกล่าวแตกตัวเป็นละอองหรือหยดเล็กๆแล้วไหลผ่านไปในหออบแห้งซึ่งมีอากาศร้อนไหลผ่านในขณะเดียวกันเนื่องจากหยดของเหลวมีขนาดเล็กมากประมาณ 100-200 ไมโครเมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายโอนมวลและความร้อนการระเหยจึงเกิดขึ้นบนพื้นที่ผิวของหยดของเหลวอนุภาคเล็กๆอย่างรวดเร็ว

2.5.2.3 หลักการพื้นฐานของการอบแห้งแบบพ่นฝอย

เมื่ออาหารเหลวถูกฉีดเป็นละอองและสัมผัสกับอากาศร้อนภายในหออบแห้งจะทำให้น้ำในอาหารระเหยไปอย่างรวดเร็วจากนั้นผงของอาหารแห้งจะตกลงมาแล้วถูกแยกออกจากลมร้อนเพื่อนำไปบรรจุต่อไปกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การทำของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กๆหรือหยดของเหลว (Atomization)

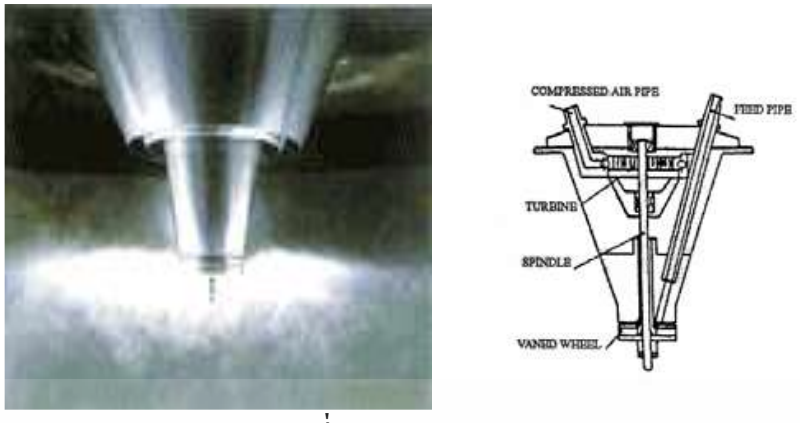
การทำของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กๆหรือหยดของเหลวเป็นหัวใจหลักของการอบแห้งแบบพ่นฝอยเพราะจะเป็นตัวทำให้เกิดพื้นที่ผิวในการระเหยเพิ่มมากขึ้นซึ่งถ้ามีพื้นที่ผิวสูงก็จะสามารถระเหยน้ำออกจากอาหารได้รวดเร็วและเป็นตัวทำให้เกิดอนุภาคเล็กๆซึ่งมีลักษณะทางกายภาพเฉพาะทั้งขนาดรูปร่างตลอดจนความหนาแน่นเมื่อของเหลวมีขนาดเล็กลงจะเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายโอนความร้อนได้มากทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of Feed)

กระบวนการนี้เป็นการทำให้ของเหลว (Feed) พ่นฝอยกระจายตัวกลายเป็นละอองโดยใช้หัวฉีดแบบหมุนซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องพ่นฝอย (Spray dryer) ซึ่งมี 3ชนิดคือ

- หัวฉีดแบบหมุน (Rotary Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลางโดยจานหมุนจะมีความเร็วรอบประมาณ 5,000-10,000 รอบต่อนาทีของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงออกด้านข้างกระจายเป็นละอองขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 30-120 ไมครอนดังภาพที่ 2.10

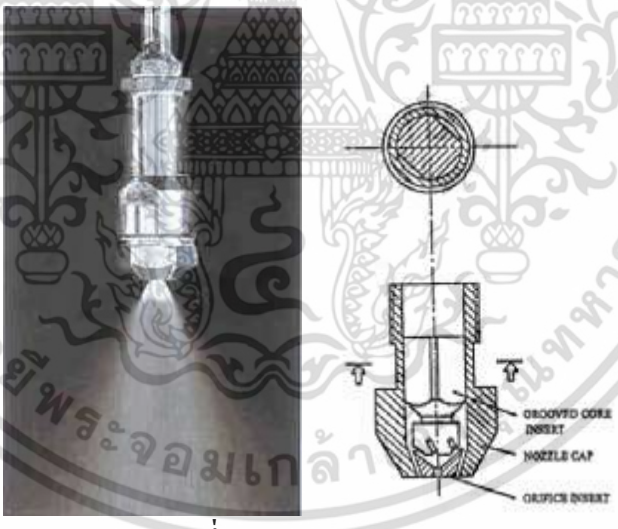
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 หัวฉีดแบบหมุน

ที่มา : Ryoso (1986)

- หัวฉีดแบบแรงดัน (Pressure Nozzles Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวจะไหลผ่านช่องของหัวฉีดภายใต้ความดันสูงทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอยได้โดยที่ไม่ต้องใช้อากาศอนุภาคที่ได้จะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 120-250 ไมครอน โดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของ Feed และความหนืดแต่จะแปรผกผันกับความดัน ดังภาพที่ 2.11

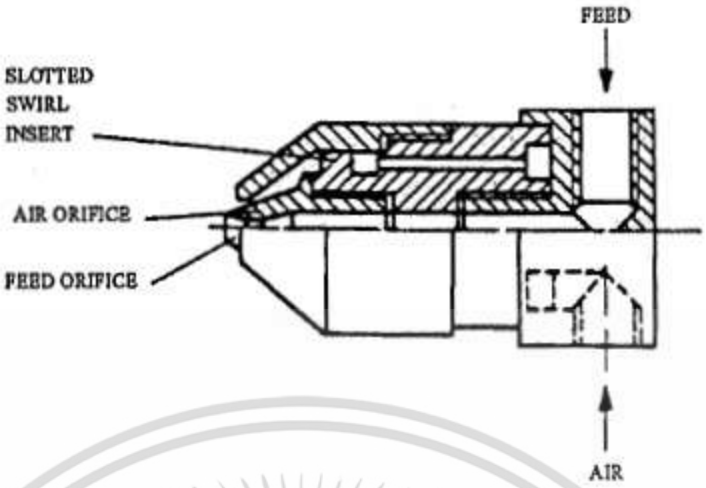


ภาพที่ 2.11 หัวฉีดแบบแรงดัน

ที่มา : Ryoso (1986)

- หัวฉีดแบบสองของไหล (Two-fluid NozzleAtomizer, Pneumatic Nozzle Atomizer) อุปกรณ์พ่นฝอยชนิดนี้ของเหลวและอากาศจะไหลผ่านหัวของหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งจะทำให้ของเหลวแตกเป็นละอองฝอยเนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายในหัวฉีดการปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยในการกระจายเป็นละอองของของเหลววิธีนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงแต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ (เอกดนัย, 2548) ดังภาพที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 หัวฉีดแบบสองของไหล

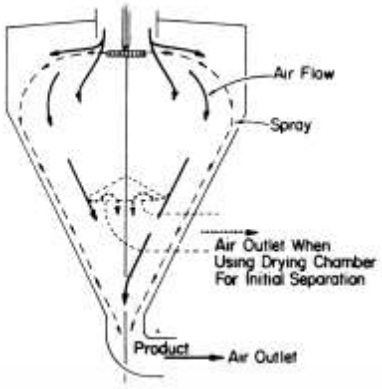
ที่มา : Ryoso (1986)

3. การสัมผัสระหว่างละอองฝอยกับอากาศร้อน

ในขั้นตอนนี้อนุภาคของอาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนเพื่อให้น้ำในอาหารเหลวรับความร้อนจากอากาศร้อนมาทำให้เกิดการระเหยน้ำออกไปการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมากถ้าทิศทางการไหลของอากาศเหมาะสมก็จะทำให้การถ่ายโอนความร้อนเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วทั้งนี้ก็ต้องขึ้นกับจุดประสงค์ของการอบแห้งลักษณะของอาหารที่ต้องการอบแห้งคุณภาพและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการสัมผัสระหว่างอนุภาคอาหารกับอากาศร้อนแบ่งได้ 3 แบบคือ

- การไหลไปในทิศทางเดียวกัน (Co-currentflow) อาหารเหลวจะถูกพ่นออกไปในทิศทางเดียวกันกับอากาศร้อนที่ไหลเข้าวิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายอาหารที่ไม่ทนต่อความร้อนเนื่องจากมีการระเหยของน้ำเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นมากอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศร้อนขาออกผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำดังภาพที่ 2.13

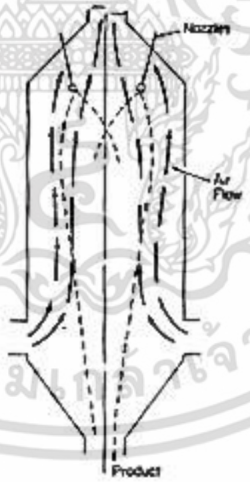
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 การไหลไปในทิศทางเดียวกัน

ที่มา : Ryoso (1986)

- การไหลสวนทางกัน (Counter-current flow)อาหารเหลวที่ถูกพ่นและอากาศร้อนไหลในทิศทางตรงกันข้ามเริ่มจากอนุภาคของอาหารที่มีอุณหภูมิต่ำเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งเท่ากับอุณหภูมิของอากาศร้อนลักษณะนี้จะมีการถ่ายโอนความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพเหมาะกับอาหารที่ทนต่อความร้อนสูงและต้องการความร้อนมาก ดังภาพที่ 2.14

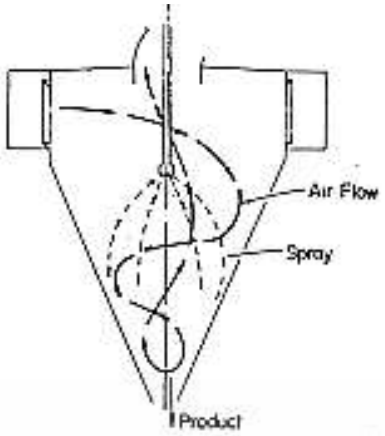


ภาพที่ 2.14 การไหลสวนทางกัน

ที่มา : Ryoso (1986)

- การไหลแบบผสมกัน (Mixed-flow) สารละลายและอากาศร้อนจะไหลไปในทางเดียวกันและสวนทางกันพร้อมๆกันดังภาพที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 การไหลแบบผสมกัน

ที่มา : Ryoso (1986)

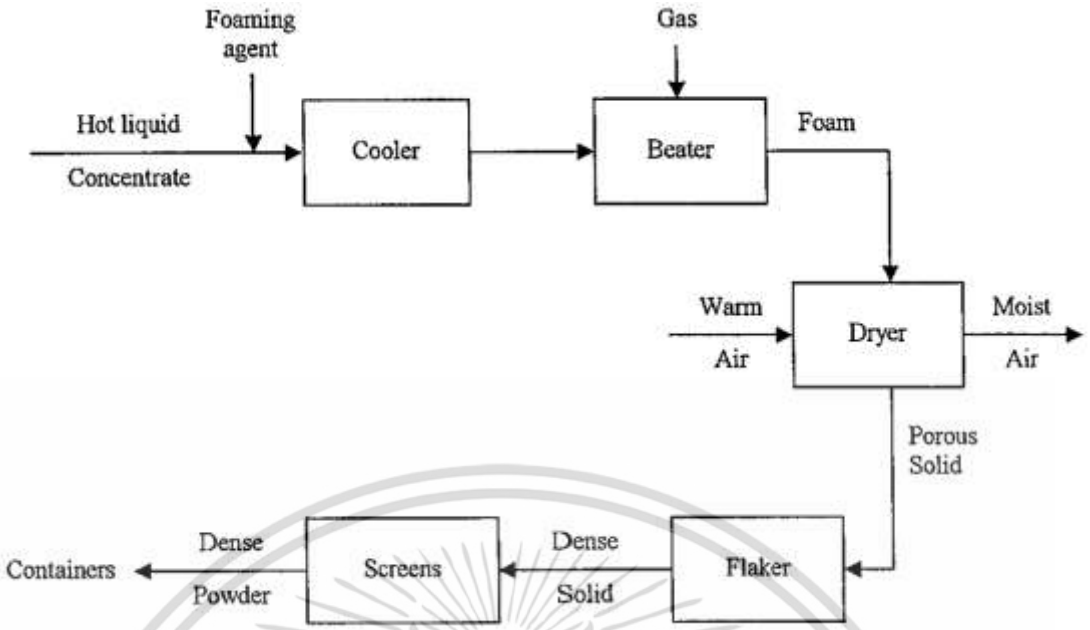
4. การระเหยของละอองฝอย

การระเหยน้ำของละอองฝอย ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยการถ่ายเทความร้อนและมวลพร้อมกัน ความร้อนส่งผ่านโดยการนำและการพาจากอากาศร้อนไปยังละอองของเหลว ไอน้ำที่ได้รับความร้อนจะระเหยน้ำและถูกส่งออกไปโดยการแพร่และการพาจากผิวหยดของเหลวไปยังความร้อน อัตราการระเหยนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ ความชื้น คุณสมบัติการส่งถ่ายของอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลางของละอองฝอยและความเร็วสัมพัทธ์ของลม (รุ่งนภา, 2535)

2.5.3 การทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat drying)

กระบวนการทำแห้งแบบโฟมเริ่มจากการนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น เพื่อลดปริมาณน้ำส่วนหนึ่งและช่วยให้โฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัวยิ่งขึ้น ความเข้มข้นของอาหารควรอยู่ในระดับใดขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเหลว เช่น นม และไข่ สามารถนำมาทำให้เกิดโฟมได้ทันที เนื่องจากมีส่วนผสมทำให้เกิดโฟม สำหรับอาหารบางชนิดที่ไม่สามารถตีให้เกิดโฟมได้ แต่โฟมที่เกิดขึ้นไม่คงตัวและยุบขณะอบแห้ง ควรเติมสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) เพื่อวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือทำให้เกิดโฟมและทำให้โฟมมีความแข็งแรง อาหารที่ผ่านการทำให้เกิดโฟมแล้วจะถูกนำมาแผ่กระจายลงบนถาดและอบแห้ง โดยใช้ลมร้อน (Brown *et al*., 1973) รายละเอียดดังภาพที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 แผนภูมิการทำแห้งแบบโฟม

ที่มา : Brown *et al.*, (1973)

สารที่ก่อให้เกิดโฟมหมายถึง สารที่มี surface active ต่ำ ใช้สำหรับเติมลงไปในอาหารเหลวเพื่อช่วยให้เกิดโฟมเมื่อนำไปตีในเครื่องตี สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เลือกใช้สำหรับอาหารควรมีคุณสมบัติดังนี้ (Ponting *et al*., 1973)

1. ต้องไม่มีรสชาติและไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

2. สามารถทำให้เกิดโฟมได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณที่ต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizers) ใช้สำหรับเติมในอาหารเหลวที่มีของแข็งที่ไม่ละลายอยู่ปริมาณที่น้อยหรือมีความหนืดต่ำ เพื่อให้อาหารมีความหนืดเพิ่มขึ้นและตีให้เป็นโฟมที่ไม่ยุบตัวได้ง่าย

2.5.1.3 สารเพิ่มความคงตัวของโฟม (foam stabilizers) ที่ใช้ในการทำแห้งแบบโฟม Hart *et al.* (1963) ในช่วงแรกมีการพัฒนากระบวนการอบแห้งสารเพิ่มความคงตัวที่นิยมใช้มาก คือ glycerylmonostearate (GMS) เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ มีวิธีการเตรียมก่อนนำมาใช้ โดยการเตรียม GMS ลงในน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนัก ผสม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 140-150 องศาฟาเรนไฮต์ ในการใช้งานมีการใช้ GMS เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในอาหารเหลวหลายชนิด ได้แก่ แอปปริคอท กล้วยแช่เข็ง น้ำเลมอนเข้มข้น กากน้ำตาล น้ำตาลซูโคสผสมเจลาตินและน้ำมะเขือเทศเข้มขึ้น เป็นต้น

สารเพิ่มความคงตัวที่นิยมใช้รองลงมา คือ solubilized soya protein เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ วิธีการเตรียมก่อนนำมาใช้ คือ ละลาย solubilized soya protein ในน้ำให้มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในน้ำอุ่นขาว น้ำ เกรทฟรุต น้ำส้ม น้ำสับประรด นมถั่วเหลือง น้ำตาลซูโคส และน้ำตาลซูโคสผสมเพกติน เป็นต้น

นอกจากนั้น Hart *et al*. (1963) ได้รายงานการใช้ sucrose monopalmite, sucrose monolaurate, eggalbumin, sorbitanmonostearate, polyoxyetheleniesorbitanmonostearate, methyl cellulose, guar gum และแป้งมันสำปะหลัง เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟมในการผลิตอาหารผงหลายชนิด

2.5.3.2 กระบวนการทำให้เกิดโฟม

การทำให้เกิดโฟมเป็นขั้นตอนแรกของการทำแห้งแบบโฟมเป็นระบบของสารแขวนลอยอย่างสมบูรณ์ของโฟมแก๊สในของเหลวแตกต่างจากโฟมของน้ำสบู่ซึ่งมีลักษณะเบากว่ามาก ลักษณะโฟมที่พึงประสงค์ในการอบแห้งแบบโฟมจะต้องมีความคงตัวดีในระหว่างการอบแห้งเพื่อให้โฟมยังคงลักษณะเป็นโฟมและแตกหักออกเป็นผงได้ง่าย อย่างไรก็ตามโฟมที่คงตัวในบรรยากาศปกติบางครั้งก็ไม่เหมาะสำหรับการอบแห้ง (Hart *et al*., 1963)

การก่อให้เกิดโฟมอย่างต่อเนื่องเกิดขึ้นได้โดยการเติมสารให้คงตัว การเติมอากาศด้วยสัดส่วนที่ถูกต้อง การผสมของผสม 2 สถานะด้วยแรงเฉือนที่สูง และการทำให้โฟมเย็นลงเพื่อลดความร้อนที่เกิดจากการผสม ความหนาแน่นที่ถูกต้องของโฟม คือ ความหนาแน่นที่สูงที่สุดที่ทำให้เกิดโฟมคงตัว โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 0.4-0.6 กรัมต่อมิลลิลิตร ประกอบด้วยอากาศทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ในของเหลว โฟมที่เบาประกอบด้วยช่องว่างของแก๊สที่ใหญ่กว่าโดยมีผนังของเหลวที่เกือบจะแบนราบกั้นอยู่นั้นไม่เหมาะสม การเติมอากาศอากาศเข้าไปในโฟมทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเท่ากับการใช้แก๊สเฉื่อย (Hart *et al*., 1963)

2.5.3.3 กรรมวิธีการทำแห้งแบบโฟม

ในการอบแห้งแบบสายพาน โฟมจะถูกเกลี่ยลงบนสายพานเหล็กปลอดสนิม หรือเทฟล่อนเป็นชิ้นบางๆ หรือรีดเป็นรูปทรงกระบอก มีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และถูกลำเลียงผ่านเครื่องอบแห้ง เวลาและอุณภูมิการอบแห้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด อัตราการอบแห้งแปรผันตามความเร็วลม ขณะที่โฟมยังเปียกอยู่ แต่ขณะที่โฟมเกือบแห้ง อัตราการอบแห้งจะแปรผันตามความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ดังนั้นการอบแห้งจึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกใช้ความเร็วลม 300 ฟุตต่อนาที ที่อุณหภูมิ 220 องศาฟาเรนไฮต์ ทิศทางการไหลแบบไหลตามกัน ขั้นที่ 2 ใช้ความร้อน 50 ฟุตต่อนาที ที่อุณหภูมิ 135 องศาฟาเรนไฮต์ ทิศทางการไหลแบบไหลสวนทางกันกับผลิตภัณฑ์ สำหรับน้ำผลไม้เข้มข้นส่วนมากใช้เวลาประมาณ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาฟาเรนไฮต์ (71.1 องศาเซลเซียส) เพื่อให้มีความชื้นเหลืออยู่ร้อลละ 2 เมื่อโฟมมีความหนา 1/8 นิ้ว พบว่าความเร็วลมและความชื้นไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบ ดังนั้นข้อจำกัดของกระบวนการอบแห้ง คือ การถ่ายเทน้ำในผลิตภัณฑ์ออกมาที่ผิวหน้าซึ่งเป็นน้ำที่ระเหยออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิการอบแห้งอาจถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการทำแห้งของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เช่น มะเขือเทศเข้มข้น 30องศาบริกซ์ ที่ใช้โมโนกลีเซอไรด์ร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนักแห้ง เป็นสารทำให้โฟมคงตัว ทำการตีให้เป็นโฟมจนมีความหนาแน่นประมาณ 0.5 กรัมต่อมิลลิลิตร นำมาหยอดให้มีความหนา 1/8 นิ้ว แล้วนำไปอบแห้งโดย 9 นาทีแรก อบที่อุณหภูมิ 180 องศาฟาเรนไฮต์ (82.2 องศาเซลเซียส) และ 3 นาทีสุดท้าย อบที่อุณหภูมิ 120 องศาฟาเรนไฮต์ (48.8 องศาเซลเซียส) เวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมดประมาณ 12 นาที ปริมาณความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 2.5 ใช้เครื่องอบแห้งแบบสายพานเหล็กปลอดสนิมที่ได้รับความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 212 องศาฟาเรนไฮต์ (100 องศาเซลเซียส) ซึ่งกลั่นตัวอยู่ที่ผิวด้านล่างใต้สะพานในขณะที่สายพานเคลื่อนที่ (Ponting *et al.*, 1973)

2.6 ผลของการอบแห้งที่มีต่ออาหารอบแห้ง

2.6.1 ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณค่าอาหาร

การอบแห้งจะระเหยไล่ความชื้นหรือน้ำออกจากอาหารและเพิ่มความเข้มข้นขององค์ประกอบของอาหารเช่นแป้งไขมันโปรตีนการถนอมอาหารโดยวิธีการอบแห้งจะทำให้คุณภาพของอาหารลดลงโดยเฉพาะวิตามินที่ละลายน้ำจะสูญเสียไปกับน้ำและถ้ามีการลวกหรือแช่สารเคมีก่อนการอบแห้งเพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์วิตามินก็จะลดลงอีกโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบแห้งโดยการตากแดดจะส่งผลให้วิตามินลดลงไปมากกว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องมือเนื่องจากการอบแห้งโดยการตากแดดไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆระหว่างกระบวนการทำแห้งเช่นความชื้นอากาศแสงแดดและอุณหภูมิ (วิไล, 2545)

2.6.2 ผลของการอบแห้งที่มีต่อเอนไซม์

เอนไซม์จะหยุดการทำงานเมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาทีการลวกน้ำร้อนหรือใช้สารเคมีจะช่วยหยุดยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ได้ความชื้นของอาหารมีผลต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ด้วยกล่าวคือถ้าความชื้นในอาหารลดลงปฏิกิริยาของเอนไซม์ก็จะลดลงด้วยแต่อัตราเร็วของปฏิกิริยาของเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเอนไซม์ (วิไล, 2545)

2.6.3 ของการอบแห้งที่มีต่อรงควัตถุในอาหาร

เมื่ออบแห้งสีของอาหารจะเปลี่ยนไปโดยสีแคโรทีนอยด์และแอนโทไซยานินจะซีดจางลงถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานหรือใช้สารเคมีบางชนิดในการอบแห้งเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์จะทำให้อาหารสีจางลงการลวกน้ำร้อนหรือแช่ในสารเคมีจะไม่ทำให้สีผักและผลไม้ซีดจางลงหรือเป็นสีน้ำตาลแต่จะทำให้อาหารแห้งกระด้างขึ้นการอบแห้งยังทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard Reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของแอมโมเนียกรดอะมิโนหรือโปรตีนเป็น carbonyl-amine reaction ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นและทำให้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป (วิไล, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ผลของการอบแห้งต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแข็งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพลักษณะและการจัดการเบื้องต้นเช่นการเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำลวกชนิดและลักษณะการลดขนาดและการปอกเปลือกล้วนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ที่นำมาผ่านการลวกอาจเกิดการสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสได้เนื่องจากการเกิดเจลของแป้งการตกผลึกของเซลลูโลสการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้งส่วนต่างๆของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายในปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนรูปร่างเซลล์ที่ค่อนข้างแข็งทำให้อาหารมีลักษณะเหี่ยวย่นอาหารจะดูดน้ำกลับอีกครั้งอย่างช้าๆแต่จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิมอุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร

โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่าโดยตัวทำละลายจะเคลื่อนที่จากภายในของอาหารไปที่ผิวน้ำจะถูกกำจัดออกระหว่างการทำแห้งกลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวทำละลายและสภาวะการทำแห้งของอาหารแต่ละชนิดการระเหยน้ำทำให้ตัวทำละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้นโดยการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้อาหารโดยเฉพาะผลไม้ปลาและเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวอาหารเกิดลักษณะแห้งแข็งบริเวณผิวหน้า (case hardening) ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะลดอัตราการทำแห้งการควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นภายในและผิวของอาหารจะช่วยลดลักษณะดังกล่าวได้ (วิไล, 2545)

2.6.5 ผลของการอบแห้งต่อกลิ่นและรส

ความร้อนทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไปโดยปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหารความดันไอและความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหยการสูญเสียสารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดในช่วงแรกของการอบแห้งการควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุดโดยเฉพาะอาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูงเช่นสมุนไพรและเครื่องเทศจะใช้อุณหภูมิในการกำจัดน้ำต่ำสอดคล้องกับ Sefidkon*et al.* (2006) ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยพบว่าการอบแห้งแต่ละวิธีมีผลให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลงแตกต่างกันสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่นอื่นๆได้แก่ปฏิกิริยาออกซิเดชันรงควัตถุวิตามินและไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษา (วิไล, 2545)

2.6.6 ผลของการอบแห้งต่อการดูดกลืนน้ำ

การดูดกลืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้งการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายและการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ความร้อนจะลดระดับการดูดกลืนน้ำของแป้งและความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนจับตัวกันและลดความสามารถในการอุ้มน้ำอัตราเร็วและระดับของการดูดกลืนน้ำอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้โดยอาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่าและดูดกลืนน้ำได้เร็ว (วิไล, 2545)

2.6.7 ผลของการอบแห้งต่อจุลินทรีย์

โดยทั่วไปแล้วการทำแห้งไม่มีผลต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์แม้ว่าจุลินทรีย์บางชนิดจะตายระหว่างการทำอาหารการเสียของอาหารแห้งมักมีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญเนื่องจากแบคทีเรียต้องการปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์หรือ A_Wมากกว่า 0.90 ดังนั้นแบคทีเรียจึงไม่มีบทบาทในการเสียของอาหารแห้งยีสต์และราเท่านั้นที่มีบทบาทสำคัญต่อการเสียของอาหารแห้งอาหารแห้งที่มี A_W 0.80-0.85 จะเสียภายใน 1-2 อาทิตย์โดยมีราเป็นสาเหตุถ้าอาหารมี A_Wต่ำกว่า 0.75 การเสียจะเกิดช้าและมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดที่ทำลายได้ถ้าอาหารมี A_W 0.70 การเสียจะเกิดช้ามากและหากอาหารมี A_W 0.65 การเสียแทบจะไม่เกิดขึ้นเลยและสามารถเก็บอาหารได้มากกว่า 2 ปีดังนั้นการทำแห้งอาหารจนมี A_Wอยู่ระหว่าง 0.65-0.70 จะสามารถเก็บอาหารแห้งได้เป็นเวลานาน (อรัญ, 2530)

2.7 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids)

ไฮโดรคอลลอยด์ คือ โพลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) ที่ได้จากพืช สัตว์ จุลินทรีย์ รวมถึงโพลิเมอร์ดัดแปรจากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ โดยทั่วไปจะเป็นโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี่ โพลิเมอร์เหล่านี้จะแสดงหน้าที่ที่สำคัญในอาหาร เช่น เป็นสารให้ความหนืด ทำให้เกิดเจล เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) และเป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว เป็นต้น (นิธิยา, 2544)

ชนิดของไฮโดรคอลลอยด์สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มตามแหล่งที่มา ได้แก่

1) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้มาจากธรรมชาติ (Natural Hydrocolloids) ซึ่งได้จากส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ เมล็ด ยาง เช่น โลคัสบีนกัม (Locust Bean Gum) กัมอาราบิก (Gum Arabic) ราก ลำต้น เช่น แป้ง หรือได้จากสาหร่ายทะเล เช่น คาร์ราจีแนน (Carrageenan) หรือได้มาจากสัตว์ เช่น ไคติน (Chitin) หรือจากกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แซนแทนกัม (Xanthan Gum)

2) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (Modified Natural Hydrocolloids) ได้แก่อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น Carboxy Methyl Cellulose (CMC)

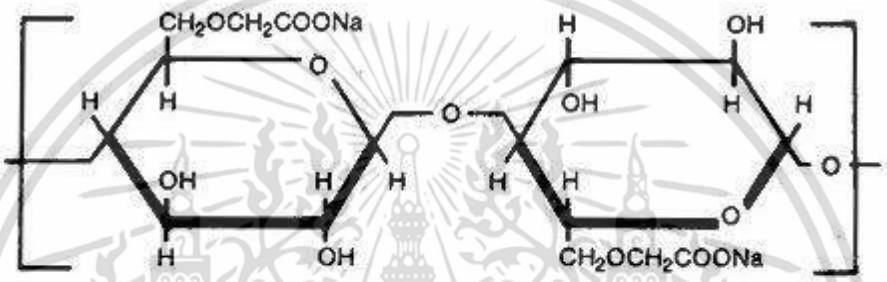
3) ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (Synthetic Hydrocolloids) เช่น โพลีเอธิลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (Polyethylene Oxide Polymers)

2.7.1 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (CarboxyMethylCellulose, CMC)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส เป็นไฮโดรคอลลอยด์ คือพอลิเมอร์ ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ซึ่งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการแปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิลและหมู่คาร์บอกซิเมทิล (ดุษฎีและน้องนุช, 2555) ซีเอ็มซีถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตราย ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม สามารถละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะ และเป็นสารคงสภาพ สำหรับการใช้ประโยชน์คาร์บอกซิเมธิลเซลลูโลสในอุตสาหกรรมอาหาร จะใช้เป็นสารให้ความหนืดในไอศกรีม ใช้เป็นสารเคลือบผิวแคปซูลยา หรือเป็นสารก่อให้เกิดการเป็นเจล ทางด้านเภสัชกรรม เป็นต้น (สุนทร, 2555; และกฤษณา, 2547)



ภาพที่2.17 ลักษณะโครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ที่มา: นิธิยา และพิมพ์เพ็ญ (2552)

2.7.2 ไฮดรอกซีโพรพิลเมธทิลเซลลูโลส (Hydroxy Propyl Methyl Cellulose, HPMC)

เป็นเอสเทอร์ของเซลลูโลส ลักษณะเป็นผงหรือเป็นเม็ดเล็กๆ สีขาวสามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นสารยึดเกาะ (binders) สารช่วยให้เกิดการแขวนลอย (suspension agent) สารช่วยให้อิมัลชั่นคงตัว (emulsifier colloid) มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีสมบัติเป็นเจลซึ่งเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ สามารถทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว (surfactant) ทำให้เกิดสภาพฟิล์มขึ้น (film forming) ในอาหารที่มีอุณหภูมิสูงและต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวในอาหาร อาหาร (ชุติมาและคณะ, 2553)

2.7.3 มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)

เป็นสารเติมเต็มชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีราคาไม่แพง ความสามารถในการละลายสูง มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งเริ่มต้นในตัวอย่างอาหาร ซึ่งช่วยป้องกันหรือช่วยลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสต่างๆของอาหารในระหว่างกระบวนการทำแห้ง ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผงมีการดูดซึมความชื้นต่ำและมี free flowing property ในระหว่างการเก็บรักษาและช่วยป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาoxidation ซึ่งมีสาเหตุมาจากความร้อน แสง และความชื้น (Kuntz , 1997; Sara and Gary, 1988)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุติมา และคณะ (2553) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตและประเมินคุณภาพของผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ (*Cymbopogoncitratus*) ที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม การทำแห้งแบบโฟมใช้มอลโทเด็กซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 25 (โดยน้ำหนัก) และสารที่ก่อให้เกิดโฟม3 ชนิด คือเมโทเซล เมโทเซลร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (1:1) และเมโทเซลร่วมกับซอยโปรตีนไอโซเลท (1:1) ปริมาณร้อยละ50 (โดยน้ำหนัก) ผสมลงในส่วนสกัดจากใบตะไคร้ความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟม3 ระดับ คือร้อยละ0.5, ร้อยละ 1.0 และร้อยละ1.5 (โดยน้ำหนัก) ตีให้เป็นโฟม และอบแห้งที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 60 และ 70 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที พบว่าการใช้เมโทเซลร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ1.0 และอุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ที่ได้มีคุณภาพดังนี้ ความชื้นร้อยละ4.50 ปริมาณน้ำอิสระ 0.49 ค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 71.41, -1.82 และ 20.89 ตามลำดับ จุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 26.6 cfu/g ยีสต์และราน้อยกว่า 10 cfu/g ไม่พบ *E. coli*และโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2 MPN/g

ธวัชชัย (2554) ศึกษาผลของสารก่อโฟมที่มีต่อสมบัติของโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมทำการศึกษาโดยแปรผันชนิดและปริมาณสารก่อโฟมคือmethocel, glycerylmonostearate (GMS) และmethocelร่วมกับ GMS (อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) ในปริมาณร้อยละ 0.5, ร้อยละ 1.0 และร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักพบว่าโฟมของโจ๊กข้าวกล้องงอกที่ใช้methocel หรือ GMS หรือmethocelร่วมกับ GMS ร้อยละ 1.0, ร้อยละ 0.5และร้อยละ 1.0 ตามลำดับมีค่าความหนาแน่นต่ำความคงตัวและ overrun สูงโจ๊กข้าวกล้องงอกที่ใช้ GMS ร้อยละ 0.5 มีสีเหลืองอ่อนมีระยะเวลาการคืนตัวสั้นและได้รับคะแนนความชอบด้านสีลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงที่สุดนอกจากนี้ยังประกอบด้วย GABA 60.70 ± 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

พรรณจิรา และคณะ (2545) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผง ได้แก่น้ำส้ม น้ำแครอท และน้ำมะนาวนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าระดับ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 13, 16 และ 19โดยน้ำหนัก พบว่าที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 110 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก จะให้ผลิตภัณฑ์ผงมีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสดีที่สุด

เศรษฐการ (2554) ได้ศึกษาวิธีการผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง เมื่อนำน้ำตำลึงไปทำแห้งแบบเยือกแข็งโดยการแปรปริมาณมอลโตเด็กทรินที่ใส่เป็น 3 ระดับคือร้อยละ4, ร้อยละ 6 และร้อยละ 8 ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณมอลโตเด็กทรินร้อยละ 8 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดและแตกต่างจากที่ 3 ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) จากนั้นได้แปรปริมาณน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลฟรุกโตสร้อยละ 3 และร้อยละ 5ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใส่น้ำตาล ฟรุกโตสที่ระดับร้อยละ 5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดแตกต่างจากระดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) อายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 1,133 เรตินอลต่อ 100 กรัม ไม่แตกต่างจากตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และรา พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 168/2546)

สมฤดี (2555) ศึกษากระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผงตัวแปรในการศึกษาคือปริมาณเอนไซม์เพกติเนส (Pectinex Ultra SP-L) ร้อยละ 0.06, 0.08 และ 0.1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักระยะเวลาในการบ่ม 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาทีอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียสและความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน (DE10) ร้อยละ 34, 36 และ 38 ผลการวิจัยพบว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไซรัปขนุนชนิดผงณภาวะที่ศึกษาคือการใช้เอนไซม์เพกติเนสความเข้มข้นร้อยละ 0.06 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักบ่มนาน 30 นาทีที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีการกวนผสมด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาทีและนำไซรัปขนุนที่ได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียสโดยใช้ความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตริน (DE10) ร้อยละ 38 ผลิตภัณฑ์ไซรัปขนุนผงที่ได้มีสมบัติในการละลายดีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังจากละลายไซรัปขนุนผงโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อไซรัปขนุนผงเท่ากับ 1:0.65 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักพบว่ามีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางมีสีเหลืองแบบสีของน้ำขนุนและมีกลิ่นของน้ำตาลไหม้เล็กน้อย

สโรบล และ ชัยรัตน์ (2554) ศึกษาน้ำสับปะรดมีส่วนประกอบของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ซึ่งยากต่อการอบแห้งงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งน้ำสับปะรดด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยและศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (DE 10) ซึ่งใช้เป็นสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของสับปะรดผงและน้ำสับปะรดคืนรูปที่ความเข้มข้น 12.8°บริกซ์ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลแปรอุณหภูมิลมร้อนที่ 130, 150 และ 170 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 37, 40 และ 43 ของน้ำหนักแห้งทำการทดลอง 2 ซ้ำจากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.04-3.64 มาตรฐานแห้งและความสามารถในละลายมากกว่าร้อยละ 90 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนทำให้ได้ร้อยละผลผลิตลดลงและอุณหภูมิที่สูงเกินไป (170°ซ) ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ดังนั้นหากพิจารณาร้อยละผลผลิตและปริมาณของสารฟีนอลิกเป็นเกณฑ์สภาวะอบแห้งที่เหมาะสมคืออุณหภูมิลมร้อนควรอยู่ในช่วง 130-150 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 37-40 มาตรฐานแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรุโณทัย (2556) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งดีหมึกผงการยอมรับผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยใช้ดีหมึกจากหมึกกระดองลายเสือ*(Sepia pharaonis)* เป็นวัตถุดิบในการทำแห้งด้วยวิธีการอบลมร้อนที่สภาวะต่างกันคืออุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียสและเวลา 5, 7 และ 9 ชั่วโมงทดสอบค่าวอเตอร์แอคทิวิตีความชื้นความสามารถในการละลายความสามารถในการดูดซับน้ำอัตราการคืนรูปค่าความสว่าง (L*) และปริมาณผลผลิตพบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อปัจจัยคุณภาพด้านต่างๆของดีหมึกผงมากกว่าระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งดีหมึกด้วยวิธีการอบลมร้อนคือการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงทำนายผลผลิตภัณฑ์ดีหมึกผงที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี 0.08 ความชื้นร้อยละ 7.87 ความสามารถในการละลายร้อยละ8.45 ความสามารถในการดูดซับน้ำ 2.7 กรัม/กรัมอัตราส่วนการคืนรูป 2.78 ค่าความสว่าง (L*) 37.3 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 39.26 ทดสอบการยอมรับการใช้งานดีหมึกผงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารผู้ทดสอบทุกคนให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ดีหมึกผงและ ดีหมึกผงในบรรจุภัณฑ์ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ห้องได้ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์โดยไม่มีการเจริญของเชื้อยีสต์และราและมีแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารปรุงรส (มผช.494/2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ดีหมึกที่ใช้ในการทดลองคือ ดีหมึกจากหมึกกระดองลายเสือ (*Sepia pharaonis*) ห้องเย็นตลาดบางรัก กรุงเทพมหานคร เตรียมโดยการนำถุงดีหมึก (ink sac) บรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 20 กิโลกรัม รัดปากถุงให้สนิท บรรจุลงกล่องโฟม ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียสด้วยน้ำแข็งแห้ง ขณะขนส่งมาเก็บรักษา ณ ห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร และนำเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

3.1.2 อโรมาต	คนอร์	ไทย
3.1.3 ปาปิก้า	เอวิออน	ไทย
3.1.4 หอมใหญ่ผง	ยูพีสไปซ์	ไทย
3.1.6 วิปครีมผง	UFM	ไทย
3.1.7 เกลือ	ปรุงทิพย์	ไทย
3.1.8 วิปครีม	Anchor	ไทย
3.1.9 นมจืด	เมจิ	ไทย
3.1.10 หอมใหญ่	วิลล่ามาเก็ต	ไทย
3.1.11 พริกเหลือง	วิลล่ามาเก็ต	ไทย

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์

3.2.1 ตู้แช่แข็ง (Ari Blast Freezer)	BCF-50-RE	ไทย
3.2.2 เครื่องแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer)	CoolSafe	ไทย
3.2.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)	SDE-5 EURO	ไทย
3.2.4 เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer)	Progress	ไทย
3.2.5 ตู้อบลมร้อน	Memmert	เยอรมัน
3.2.6 เครื่องวัดA_w	AQUALABseries 4 TE	สหรัฐอเมริกา
3.2.7 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น	Mettler Toledo รุ่นHR73	สหรัฐอเมริกา
3.2.8 เครื่องวัดค่าสี	Minolta CR 400	ญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 เครื่อง Centrifuge	Hettich Universal 16	เยอรมัน
3.2.10 เครื่องบดละเอียด	Pin mill ZM 200	ไทย
3.2.11 เครื่องบดอาหาร (Blender)	Shanliang BL-021	จีน
3.2.12 เครื่องปั่นเบเกอรี่	Philips Handmixer	ไทย
3.2.13 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	DENVER SI-234	เยอรมัน
3.2.14 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	Pine Brook ARC120	สหราชอาณาจักร
3.2.15 Hot Plate Stirrer	Cimarec 2	สหรัฐอเมริกา

3.2.16 นาฬิกาจับเวลา

3.2.17 เครื่องแก้วสำหรับงานวิเคราะห์

3.2.18 เครื่องครัว ได้แก่ หม้อ กระทะ กระซอน ฯลฯ

3.2.19 ถาดอะลูมิเนียม

3.2.20 อลูมิเนียมฟอยล์

3.2.21 โถดูดความชื้น

3.2.22 ซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต

3.3 สารเคมี

3.3.1 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC)	เบรนน์แท็ก	ไทย
3.3.2 ไฮดรอกซีโพรพิลเมธทิลเซลลูโลส (HPMC)	เบรนน์แท็ก	ไทย
3.3.3 มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)	เบรนน์แท็ก	ไทย

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมดีหมึก

นำดีหมึกจากหมึกกระดองลายเสือ (*Sepia pharaonis*) ทำละลายที่อุณหภูมิ ≤ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ช.ม.จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบเบื้องต้นโดยดมกลิ่นไม่ให้มีกลิ่นเน่าเหม็นไม่เกิดเป็นแก๊ส จากนั้นใช้มีดกรีดถุงดีหมึก (ink sac) บีบเอาแต่ส่วนน้ำดีหมึกมาใช้และระวังไม่ให้มีส่วนของเครื่องในปะปนมา กรองเศษชิ้นส่วนอื่นๆออกด้วยตระแกรง (ภาพดังแสดงในภาคผนวก จ)

3.4.2 ศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งดีหมึกที่มีต่อคุณภาพของดีหมึกผง

นำดีหมึกที่ได้จากข้อ 3.1.1 มาศึกษากระบวนการทำแห้งด้วยวิธีต่างกันดังนี้

3.4.2.1 การทำแห้งแบบโฟม (Foam mat drying)

นำดีหมึก 750 กรัม ทำให้เกิดโฟมโดยใช้สารไฮดรอกซีโพรพิลเมธทิลเซลลูโลส 500 กรัม ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 500 กรัม (อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) ความเข้มข้นร้อยละ 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมอลโทเด็กซ์ทริน ความเข้มข้นร้อยละ 25 จำนวน 250 กรัม ตีผสมให้ขึ้นโฟมด้วยเครื่องปั่นเบเกอรี่ใช้เวลาในการปั่น 10 นาที แล้วนำเกลี่ยใส่ถาดอลูมิเนียมขนาด 12x17 นิ้ว ความหนา 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที นำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) ขนาดอนุภาค 0.25 มิลลิเมตร (ดัดแปลงจาก ชุติมา และคณะ 2553)

3.4.2.2 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

นำดีหมึก 2,000 กรัม ใส่ถาดอลูมิเนียมขนาด 8x12 นิ้ว เกลี่ยให้ได้ความหนา 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปแช่แข็งด้วยตู้แช่แข็ง Air Blast Freezer ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนาน 40 ชั่วโมง โดยตั้งโปรแกรมเครื่อง Freeze dryer ชั่วโมงที่ 1 อุณหภูมิ -5 ชั่วโมงที่ 2-4 อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ชั่วโมงที่ 5-6 อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ชั่วโมงที่ 7-8 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชั่วโมงที่ 9-40 อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) ขนาดอนุภาค 0.25 มิลลิเมตร

3.4.2.3 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

นำดีหมึก 1,500 กรัม ผสมกับมอลโทเด็กซ์ทริน (ร้อยละ 25) 500 กรัม และนำมากรองด้วยตะแกรงขนาด 60 มิลลิเมตร แล้วนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิขาเข้า 200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออก 100 องศาเซลเซียส อัตราปั๊มป้อนของเหลวเข้าถังอบแห้ง 13.5 รอบต่อนาที (ดัดแปลงจาก พรรณจิรา และคณะ 2545)

นำดีหมึกผงที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์โครงสร้างของดีหมึกผงจากที่ทำแห้งทั้ง 3 วิธี โดยใช้ กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)(ภาคผนวก ก6.)

2. ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ด้วยเครื่องวัด A_w (AQUALAB series4TE)

3. ค่าความชื้น (AOAC, 2000)

4. ค่าการละลายน้ำ (Anderson et al. 1969)

5. ค่าการดูดซึมน้ำ (Anderson et al. 1969)

6. อัตราส่วนการคืนรูป (Subadra et al. 1997)

7. ค่าสีความสว่าง (L^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR-4000)

8. ร้อยละของผลผลิตที่ได้ (percentage yield)

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ทางแตกต่างทางสถิติด้านคุณภาพต่างๆของดีหมึกผงทั้ง 3 วิธี โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เพื่อศึกษาคุณภาพของดีหมึกผงเมื่อใช้กระบวนการทำแห้งดีหมึกผงที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ศึกษาขั้นตอนการทำซอสดีหมึกพร้อมปรุง

3.4.3.1 สูตรซอสดีหมึกพื้นฐาน

ซอสดีหมึกที่ใช้ในการทดลองได้จากโครงการภัตตาคารจำลอง ในวิชาการพัฒนาทักษะและการบริการอาหาร โดยเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากลูกค้าจึงเลือกสูตรดังกล่าวมาใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงโดยมีส่วนผสมของซอสแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของซอสดีหมึกสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
ดีหมึก (original)	27
อโรมาต	2
หอมใหญ่สับ	8
พริกเหลืองสับ	4
นมจืด	37
วิปครีม	21
เกลือ	1

หมายเหตุ : อโรมาตเป็นผงที่ใช้ทำอาหารฝรั่งมีส่วนประกอบของเกลือแป้งข้าวโพดและแลคโตส

ที่มา : ดัดแปลงจาก อรุโณทัย (2557)

โดยมีวิธีการทำซอสดีหมึกดังนี้

ตั้งกระทะให้ร้อนใส่น้ำมัน หอมใหญ่สับ และพริกเหลืองสับผัดให้มีกลิ่นหอมใช้ไฟกลาง จากนั้นใส่ดีหมึก ผัดให้เข้ากันเติมนมจืดและวิปครีม ปรุงรสด้วยอโรมาต และเกลือพอเดือดปิดไฟ คนให้เข้ากัน และนำมาราดกับเส้นสปาเก็ตตี้ที่ต้มสุกแล้ว

3.4.3.2 การปรับส่วนผสมซอสดีหมึกให้เป็นส่วนผสมแห้ง

หาความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดจากซอสดีหมึกสูตรพื้นฐานตามวิธีของ AOAC (2000) คำนวณร้อยละของส่วนผสมซอสดีหมึกโดยน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข) จะได้ปริมาณของส่วนผสมแห้งในซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง ปรับปริมาณส่วนผสมต่างๆในซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงใช้หอมใหญ่ผง และปาปริก้าผง ทดแทน หอมใหญ่สับ และพริกเหลืองสับ ตามลำดับ จะได้ซอสดีหมึกพร้อมปรุง

จากนั้นนำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงที่ได้มาทดสอบความชอบโดยรวมแบบเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ โดยนำสูตรซอสดีหมึกพื้นฐานกับซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 ท่าน ทดสอบเพื่อเลือกสูตรซอสที่ชอบ จากนั้นนำค่าที่ได้วิเคราะห์ผลตามตารางสำเร็จรูปทางสถิติ ของ paired comparison (ตารางภาคผนวก ค 1) เพื่อเปรียบเทียบความชอบโดยรวมของซอสดีหมึกพื้นฐานกับซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การศึกษาการยอมรับการใช้งานของซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

การทดสอบการใช้งานซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงในรูปแบบ Home Use Test นำซอสดีหมึกผงสำเร็จรูปบรรจุซอสหมึกผงสำเร็จรูปที่ผลิตได้ปริมาณ 15 กรัม ในบรรจุภัณฑ์ซองอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตปิดสนิท นำให้เชฟผู้เชียวชาญด้านอาหาร 20 ท่านเพื่อทดสอบในการประกอบอาหาร โดยแนะนำให้ละลายซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงในน้ำ 80 มิลลิลิตร ต่อเส้นสปาเก็ตตี้ต้มสุก 120 กรัม และตอบคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และการยอมรับการใช้งานโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ เพื่อประเมินผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ และความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด โดยใช้แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ค 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของสภาวะการทำแห้ง

จากการศึกษากระบวนการทำแห้งด้วยวิธีพ่นฝอย, แช่เยือกแข็ง และ วิธีการทำแห้งแบบโฟม ที่มีผลต่อคุณภาพดีหมึกผงที่ผลิตได้ ซึ่งมีผลต่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ความชื้น การละลาย การดูดซึมน้ำ อัตราส่วนการคืนรูป ค่าสีความสว่าง (L*) และปริมาณผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 คือดีหมึกผงทั้ง 3 กระบวนการที่ทำการถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิตอล โดยภาพ A คือ การทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอย (Spray drying) ซึ่งทำแห้งด้วยเครื่องพ่นฝอย (Spray dryer) ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิขาเข้า 200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออก 100 องศาเซลเซียส ภาพ B คือการทำแห้งดีหมึกผงแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) ด้วยเครื่องแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer) นาน 40 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) และภาพ C การทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟม (Foam-mat drying) โดยนำดีหมึกตีให้ขึ้นโฟมด้วยเครื่องปั่นเบเกอรี่นำไปอบต่อด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) จากการทำแห้งทั้ง 3 กระบวนการจะได้ดีหมึกผงที่ลักษณะเป็นอนุภาคที่ละเอียดพร้อมนำมาทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1ผลของกระบวนการทำแห้งที่ดีต่อคุณภาพของดีหมีกผง

กระบวนการทำแห้ง	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (A_w)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าการละลาย (ร้อยละ)	ค่าการดูดซึมน้ำ (กรัม/กรัม)	อัตราส่วนการคืนรูป	ค่าสี (ความสว่าง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
แบบแช่เยือกแข็ง	0.09 ± 0.01^{a}	7.97 ± 0.06^{b}	7.56 ± 1.04^{a}	2.72 ± 0.06^{c}	2.88 ± 0.10^{c}	25.38 ± 0.10^{a}	38.56 ± 0.27^{c}
แบบโฟมแมท	0.22 ± 0.01^{c}	10.13 ± 0.79^{c}	13.20 ± 0.99^{b}	2.42 ± 0.14^{b}	2.47 ± 0.10^{b}	25.91 ± 0.08^{b}	17.41 ± 2.3^{a}
แบบพ่นฝอย	0.20 ± 0.01^{b}	6.36 ± 0.08^{a}	51.84 ± 0.46^{c}	1.33 ± 0.04^{a}	1.33 ± 0.04^{a}	25.38 ± 0.11^{a}	21.67 ± 2.36^{b}

หมายเหตุ: ^{a,b,c} อักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

(A) (B) (C)

ภาพที่ 4.1 ดีหมึกผงจากกระบวนการทำแห้งที่ต่างกัน ภาพ A คือการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) , ภาพ B คือการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) และ ภาพ C การทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat drying)

เมื่อนำดีหมึกผงที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 3วิธีมาวิเคราะห์โครงสร้าง ได้ผลดังภาพที่ 4.2พบว่าการทำแห้งทั้ง 3วิธี มีความแตกต่างกันจากการส่องด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) โดยการทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอย มีลักษณะอนุภาคที่เป็นกลมสม่ำเสมอดังภาพที่ 4.2 (A) สอดคล้องกับการทดลองของ พรรณจิรา และคณะ (2545) ได้ทดลองทำแห้งน้ำผลไม้รวมแบบพ่นฝอย ผลจากการส่องด้วยกล้อง SEM มีลักษณะอนุภาคกลมสม่ำเสมอทำให้ความสามารถในการละลายได้ดีกว่าการทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟมและการทำแห้งดีหมึกแบบแช่เยือกแข็ง ส่วนโครงสร้างการทำแห้งดีหมึกผงแบบแช่เยือกแข็ง พบว่ามีอนุภาคไม่สมมาตรและเป็นเหลี่ยม มุม ผิวรอบๆคล้ายเกล็ดน้ำแข็งเกาะดังภาพที่ 4.2 (B) และโครงสร้างการทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟม พบว่ามีลักษณะไม่สมมาตรมีทั้งลักษณะเป็นเหลี่ยม มุม และทรงแท่ง ดังภาพที่ 4.2 (C)

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ของดีหมึกผงจากการทำแห้ง 3 วิธีมีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยการทำแห้งดีหมึกผงด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.09±0.01 ส่วนการทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอย และ ทำแห้งแบบโฟมมีค่าเท่ากับ 0.20±0.01และ 0.22±0.01 ตามลำดับ ซึ่งการทำแห้งดีหมึกผงทั้ง 3 วิธีเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผงปรุงรส (มผช 494/2547) คือค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต้องไม่เกิน 0.65 ซึ่งค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สามารถยืดอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่าความชื้น (Moisture) พบว่าการทำแห้งดีหมึกผงทั้ง 3 วิธี มีผลทำให้ค่าความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)ความชื้นของดีหมึกผงต่ำที่สุด คือ วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ ร้อยละ 6.36±0.08 ส่วนการทำแห้งดีหมึกผงแบบ แช่เยือกแข็งและ การทำแห้งแบบโฟมมีค่าเท่ากับร้อยละ 7.97±0.06 และร้อยละ10.13±0.79 ตามลำดับทั้ง3 กระบวนการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผงปรุงรส (มผช 494/2547) คือค่าความชื้น ไม่เกินร้อยละ 13 โดยการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาการอบต่างกันจะส่งผลให้ค่าความชื้นต่างกันเนื่องจากการระเหยน้ำออกจากอาหารหรืออัตราการอบแห้งจะขึ้นกับระดับความร้อนของอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งยิ่งใช้อุณหภูมิสูงน้ำจะระเหยออกไปได้เร็วขึ้นหรือมีอัตราการอบแห้งสูงขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งน้อยลง (สมบัติ, 2526)

ค่าการละลาย (Water Solubility Index)พบว่าการทำแห้งดีหมึกผงทั้ง 3 วิธี มีผลทำให้ค่าการละลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) การทำแห้งดีหมึกผงด้วยวิธีพ่นฝอยมีค่าสูงสุดคือ 51.84±0.46 ส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและ การทำแห้งแบบโฟมมีค่าเท่ากับ 7.56±1.04 และ13.2±0.99 ตามลำดับการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงจะมีความชื้นน้อยกว่า ทำให้มีค่าการละลายที่ดีกว่า (สุกัญญา และคณะ 2544) พบว่าปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์กับค่าการละลายคือมะขามผงที่มีปริมาณความชื้นต่ำจะมีค่าการละลายที่ดี

การดูดซึมน้ำ (Water Absorption Index) เนื่องจากการทำแห้งดีหมึกผง 3 วิธี มีผลทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)การทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอยมีค่าต่ำที่สุดคือ 1.33±0.04เนื่องจากเมื่อส่องด้วยกล้อง SEM อนุภาคดีหมึกผงโครงสร้างมีลักษณะกลมและเอียดมากกว่าทำให้มีช่องว่างในอนุภาคดีหมึกผงมีน้อยกว่าการทำแห้งแบบอื่นทำให้การดูดซึมน้ำมีค่าต่ำที่สุดส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและ การทำแห้งแบบโฟมมีค่าเท่ากับ 2.72±0.06 และ 2.42±0.14 ตามลำดับ

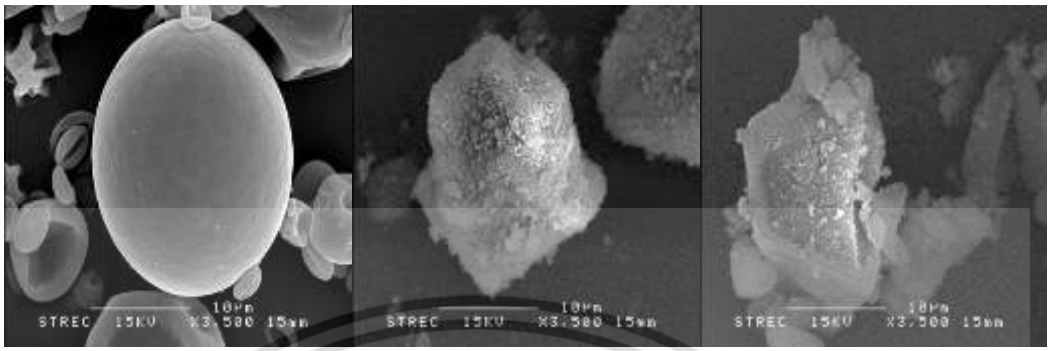
อัตราส่วนการคืนรูป (Rehydration Ratio) พบว่าการทำแห้งดีหมึกผงทั้ง 3 วิธี มีผลทำให้อัตราส่วนการคืนรูปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) การทำแห้งแบบพ่นฝอยมีค่าต่ำที่สุดคือ 1.33±0.04ส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบโฟมมีค่าเท่ากับ 2.88±0.10 และ 2.47±0.10 ตามลำดับซึ่งกระบวนการทำแห้งทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ (adsorption isotherm) แตกต่างจากค่าการละลายน้ำ (desorption isotherm) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการอุ้มน้ำ (water-binding capacity) (รังสินี , 2553) ดั้งนั้นกระบวนการทำแห้งที่ต่างกันส่งผลให้การละลายน้ำ และการคืนรูปแตกต่างกันด้วย

ค่าความสว่าง (L*) ของดีหมึกผงที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p\leq0.05$) คือ 25.38±0.10 และ 25.38±0.11 ตามลำดับแต่การทำแห้งแบบโฟมทำให้มีค่าความสว่างเท่ากับ 25.91±0.08 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการพ่นฝอย

ปริมาณผลผลิต (Yield) การทำแห้งดีหมึกผงทั้ง 3 วิธีพบว่ามีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังนี้การทำแห้งดีหมึกผงแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าสูงสุดคือ ร้อยละ 38.56±0.27 รองลงมาคือ การทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอยร้อยละ 21.67±2.36 และการทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟมร้อยละ 17.41±2.33 ตามลำดับ เนื่องจากวิธีการทำแห้ง เป็นวิธีการทำแห้งที่ดึงน้ำออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอาหารและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งใช้อุณหภูมิต่ำจึงทำให้สามารถดึงน้ำออกได้น้อยกว่าอีก 2 วิธี ทำให้ปริมาณความชื้นสูงส่งผลให้มีค่าปริมาณผลผลิตมีค่ามากที่สุด



(A) (B) (C)

ภาพที่ 4.2 อนุภาคดีหมึกผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) (A), การทำแห้งดีหมึกผงแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) (B) และการทำแห้งดีหมึกผงแบบโฟม (Foam-mat drying) (C) ถ่ายโดยกล้อง SEM กำลังขยาย 3,500 เท่า

หมายเหตุ : รูปภาพ (B) และ (C) ผ่านการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill) เพื่อง่ายต่อการนำไปทดสอบทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

จากการศึกษากระบวนการทำแห้งทั้ง 3 วิธีพบว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะสามารถละลายน้ำสูง มีความชื้นต่ำ และการคืนรูปต่ำ ซึ่งสะดวกต่อการใช้ปรุงอาหารสำหรับธุรกิจการจัดและบริการอาหาร

4.2 ศึกษาขั้นตอนการทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

นำสูตรซอสดีหมึกพื้นฐานที่ได้จากโครงการภัตตาคารจำลอง ในวิชาการพัฒนาทักษะและการบริการอาหารแสดงในตารางที่ 3.1 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความชื้นในส่วนผสมทั้งหมดตามวิธีของ AOAC (2000) ได้ผลดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความชื้นของส่วนผสมต่างๆในซอสดีหมึกสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
นมจืด	72.88
วิปครีม	42.67
หอมใหญ่สับ	77.34
พริกเหลืองสับ	72.04
เกลือ	1.00
อโรมาต	1.30
ดีหมึก	64.35

สูตรซอสดีหมึกพื้นฐานเมื่อคำนวณส่วนผสมเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข3) ได้สูตรซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงที่มีการปรับส่วนผสมต่างๆจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารอิตาเลียนได้ทดสอบพบว่ารสชาติยังขาดความมันจึงทดลองปรับเปลี่ยนส่วนผสมในส่วนของนมผงโดยใช้วิปครีมผงเป็นส่วนผสมแทนนมผงในตัวซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงเพื่อเพิ่มความเข้มข้นให้กับซอสเนื่องจากวิปครีมผงมีส่วนของไขมันเต็มจึงทำให้ความมันในตัวซอสเพิ่มขึ้นโดยเมื่อปรับส่วนผสมใหม่ได้ผล ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สูตรซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ส่วนผสม	ปริมาณ(ร้อยละ)
วิปครีมผง	58.70
หอมใหญ่ผง	4.82
ปาปริก้าผง	2.95
เกลือ	2.66
อโรมาต	5.27
ดีหมึกผง	25.60
<u>ส่วนผสมก่อนปรุง</u>	
ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง	37.58
น้ำ	62.42

หมายเหตุ : ใช้ปาปริก้าเป็นผงทดแทนพริกเหลืองสับ และใช้หอมใหญ่ผงทดแทนหอมใหญ่สับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความชอบโดยรวมระหว่างสูตรซอสดีหมึกสูตรพื้นฐานกับซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง ด้วยวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบโดยรวม (Paired Comparison Test for Preference) ตามวิธีของ เอกสารการสอนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ชมพูนุท, 2557) ด้วยการสอบถามความชอบของผู้ชิมจำนวน 30 ท่าน แบบสอบถามแสดงดัง (ภาคผนวก ค 2) ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	จำนวนผู้ชิมที่ชอบผลิตภัณฑ์ (คน)
ซอสดีหมึกสูตรพื้นฐาน	8
ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง	22

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผู้ชิมจำนวน 22 คน ชอบซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง และมีผู้ชิม 8 คน ชอบซอสดีหมึกมาตรฐาน จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางภาคผนวก ค 1 จากตารางภาคผนวก ค 1 จำนวนผู้ประเมินที่ชอบ 22 คนจากจำนวนผู้ประเมินทั้งหมด 30 คน จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้ชิมมีความชอบซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงมากกว่าซอสดีหมึกสูตรมาตรฐานที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อาจเกิดจากซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงทำให้สปาเกตตี้ซอสหมึกดำที่ได้มีกลิ่นรสชาติ ที่เข้มข้นพร้อมกับมีหน้าตาอาหารที่น่าชวนรับประทานอีกด้วย

4.3 ผลการศึกษาการยอมรับ และความชอบต่อซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

จากผลการทดสอบการยอมรับและความชอบต่อซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงดังแสดงในตาราง 4.5 โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารจำนวน 20 ท่านทำการทดสอบด้วยวิธี Home Use Test โดยบรรจุซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงปริมาณ 15 กรัมในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตปิดสนิท แล้วนำซอสไปทดลองใช้ทำสปาเก็ตตี้ ด้วยการใช้ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง 1 ซอง ต่อเส้นสปาเก็ตตี้ต้มสุก 120 กรัม พร้อมตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ (แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ค 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5คะแนนความชอบ และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหลังทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจัย/ คุณลักษณะ	ระดับความชอบในผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง									
	ชอบมากที่สุด	ชอบมาก	ชอบปานกลาง	ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ไม่ชอบเล็กน้อย	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบมากที่สุด	คะแนนความชอบเฉลี่ย (คะแนน)
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ	
ความสะดวก	25	55	10	10	-	-	-	-	-	8.05±0.89
สี	40	35	10	-	15	-	-	-	-	7.85±1.39
กลิ่น	15	30	20	20	15	-	-	-	-	7.60±1.23
รสชาติ	-	25	45	10	10	5	5	-	-	6.60±1.39
เนื้อสัมผัส	-	10	45	15	20	-	-	-	10	5.95±1.93
ความชอบ/การยอมรับโดยรวม	5	35	35	15	5	5	-	-	-	7.05±1.19

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 20 ท่าน

จากตารางที่ 4.5 พบว่าหลังจากผู้ทดสอบได้ทดลองผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงในการประกอบอาหารแบบ Home Use Test ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความชอบด้านความสะดวก มีระดับความชอบมาก (ร้อยละ 55) ด้านสีมีระดับความชอบมากที่สุด (ร้อยละ 40) กลิ่นอยู่ในระดับความชอบมาก (ร้อยละ 30) ด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสในระดับชอบปานกลาง (ร้อยละ 45) และความชอบโดยรวมของซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงของผู้บริโภคส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบปานกลางและชอบมาก (ร้อยละ 35)

จากข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแบบสอบถามจากการนำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงไปประกอบอาหารพบว่าเหมาะแก่การใช้งานเนื่องจากเป็นซอสสำเร็จรูปมีความสะดวกในการใช้งานต่อยุคสมัยนี้และมีบางข้อเสนอแนะให้ข้อคิดเห็นว่าซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงขาดกลิ่นรสของเครื่องเทศ จำพวกกระเทียม และกลิ่นสมุนไพร อีกทั้งเนื้อสัมผัสไม่เนียนเข้ากับวัตถุดิบอื่น

ผลความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหลังใช้ผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหลังทดลองใช้

ความคิดเห็น	ผลการสำรวจ	(ร้อยละ)
การยอมรับผลิตภัณฑ์หลังทดลองใช้	ยอมรับ	90
	ไม่ยอมรับ	10
ราคาซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงที่เหมาะและ	ต่ำกว่า 80 บาท	60
สนใจเลือกซื้อ ต่อ 1 หน่วย บรรจุภัณฑ์ (15กรัม)	80 บาท	30
	100 บาท	10
	120 บาท	-
ถ้าผลิตภัณฑ์ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงวาง	ไม่ซื้อ	15
จำหน่ายท่านสนใจซื้อหรือไม่	ซื้อแน่นอน	85

หมายเหตุ: จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 20 ท่าน

จากการสอบถามความคิดเห็นหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่การยอมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 90) ราคาซอสดีหมึกผงที่เหมาะสม คือ ต่ำกว่า 80 บาท (ร้อยละ 60) และถ้าผลิตซอสดีหมึกผงพร้องปรุงวางจำหน่ายผู้ทดสอบส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85) ซื้อไปประกอบอาหาร เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในทางการค้าที่จะผลิตซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงจัดจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1.การทำแห้งดีหมึกผงแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมดีหมึกผงสำหรับผลิตเป็นซอสดีหมึกพร้อมปรุง โดยสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสม คือใช้อุณหภูมิขาเข้า 200 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออก 100 องศาเซลเซียสพบว่าค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับ 0.20 ความชื้นร้อยละ 6.36 ความสามารถในการละลายร้อยละ 51.84 จัดอยู่ในระดับที่สูงความสามารถในการดูดซับน้ำ 1.33 กรัม/กรัม อัตราส่วนการคืนรูปเท่ากับ 1.33 ค่าความสว่าง (L*) 25.38 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 21.67 และโครงสร้างของดีหมึกผงที่ได้มีลักษณะกลมสม่ำเสมอส่งผลให้ความสามารถในการละลายได้ดี ซึ่งค่าการละลายเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกเพื่อนำไปใช้ทำซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

2. สูตรซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงที่ประกอบด้วย ดีหมึกผงร้อยละ 25.60 อโรมาตร้อยละ 5.27 หอมใหญ่ผงร้อยละ 4.82 ปาปริก้าร้อยละ 2.95 วิปครีมผงร้อยละ 58.70 และเกลือร้อยละ 2.66 และผู้ชิมมีความชอบโดยรวมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงมากกว่าซอสดีหมึกพื้นฐาน

3. เมื่อทำการทดสอบการยอมรับแบบ Home Use Test จากเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารส่วนใหญ่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ร่วมทำการทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางและชอบมาก และผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความต้องการซื้อซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงหากมีการจัดจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาพัฒนาเพิ่มสูตรซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงให้มีความหลากหลายต่อรสชาติของซอสดีหมึกเพื่อความสะดวกในการเลือกซื้อของผู้บริโภคและศึกษาการนำดีหมึกไปใช้ในประโยชน์ในด้านการประยุกต์ใช้สำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียบางชนิดเพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และหรือศึกษาคุณสมบัติในการต้านมะเร็งจะทำให้ประชาชนมีทางเลือกในการรักษาโรคมะเร็งในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมประมง. 2557. หมึกลายเสือ หมึกกระดองลาย. เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/ (17 กรกฎาคม 2558).

กฤษณา ศิรเลิศมุกุล. 2547. “เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน.”[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: www.material.chula.ac.th/RADIO47/September/radio9-4.htm. (สืบค้น 9สิงหาคม 2558.)

กองประมงต่างประเทศ. 2547. การค้าประมงระหว่างประเทศ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/foreign/images/pdf/v09457.pdf (17 กรกฎาคม 2548).

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536. “กระบวนการแปรรูปอาหาร”. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร.พิมพ์ครั้งที่1. บริษัท เอส. พี. เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

เจิดจินดา โชติยะปุตตะ. 2536. ชีววิทยาของปลาหมึก.เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

ชุติมา อนุเทศ วิไลสนธิเพิ่มพูน ธีรพรกงบังเกิด และ พันธ์ณรงค์จันทร์แสงศรี. 2553. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ด้วยการทำแห้งแบบโฟม-แมท. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 20 (3).

ดุษฎี อุดภาพ และน้องนุช เจริญกุล. 2555. “ สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม.” เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรท.สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/. (สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2558).

ทิพย์สุคนธ์ อังกาพย์ และ ธนกร โรจนกร. 2557. ผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกบางส่วนโดยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหารคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. 2554. ผลของสารก่อโฟมที่มีต่อสมบัติของโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตด้วยวิธีโฟม. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 17 (1): 1-12.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2558.“carboxy methyl cellulose cmc.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/vocab/word/1439/CMC (สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2558).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล. 2547. เทคโนโลยีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. วารสารสมาคมเครื่องทำความเย็นไทย. 11 :20-22.

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และ สุเทพ อภินันท์จารุพงศ์. 2545. กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไมโครเวฟสุญญากาศ. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 25 (3):257-277.

มาลา สุพงษ์พันธุ์. 2538. ทรัพยากรปลาหมึกในอ่าวไทย. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 17, สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง.

รังสินี โสธรวิทย์. 2553. เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา วายุภาพ. 2535. การผลิตกล้วยหอมผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารอาหาร. 29 (112) : 30-32.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

เศรษฐการ นุชนิยม. 2554. การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.19 (2) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2526. หลักการทำแห้ง. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมฤดี ไทพาณิชย์. 2554. กระบวนการแปรรูปด้วยเอนไซม์และการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของไซรัปขนุนชนิดผง. วารสารเทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยสยาม. 7 (1): 31-39.

สโรบล สโรชวิกสิต และ ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2554. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนามจธ. 34 (3) : 203-215.

สายันต์ รวดเร็ว. 2554. เรื่องลับๆ ของหมึก (The secret of squid ink). หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.เข้าถึงได้จาก http://www.foodsafetymobile.org/category/F2609408.pdf (17 กรกฎาคม 2558).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช168/2546). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสอาหาร (494/2557). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติปลาหมึก (มกอช.7005/2548). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุกัญญา ธนพัฒนากุล, พันธิพา ศิริเธนศ และสุชาดา ม่วงไหม. 2544. การผลิตมะขามผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟ-สุญญากาศและเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตภาควิชาจุลชีววิทยาคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2540. กระบวนการทำแห้งอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทร ตรีนันทวัน. 2555. “ฟิล์มเคลือบผิวผลไม้จากเยื่อฟางข้าว CMC”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://edtech.ipst.ac.th/index.php.(สืบค้น 9 สิงหาคม 2558)

อรัญ หันพงศ์กิตติกุล. 2530. จุลชีววิทยาอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรุโณทัย โอวัฒนา. 2557. “การผลิตดีหมึกผงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหาร”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหารบัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อรุโณทัย โอวัฒนา. 2557. “สูตรซอสครีมดีหมึกดำ” ร้าน Aru-Aru Catering.ซอยสวนหลวงหมู่บ้านปัญญา (สัมภาษณ์เมื่อ 5 กันยายน 2557)

เอกดนัย วงศ์ธนบัตร. 2548. การแปรรูปน้ำกะทิอบแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer, and Griffin, E. L. Jr. 1969. Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking. Cereal Science. 14: 4-12.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC international. 17th ed. The Association ofOfficial Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.

Brown, A. H., Van Ardel, W. B., and Morgan, A. I. Jr., 1973. Air drying and drum drying. In Food Dehydration, 2nd ed. Van Arsdel, Wallace B., copley, Michael J., Morgan, Arthur I., Jr., Volume 1 : Drying method and Phenomena, pp. 145- 150. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Firth, F.E. 1969.The Encyclopedia of Marine Resources. VanNostrand Reinhold Company,NewYork.

Hart, M. R., Graham, M. R., Williams, G. S., and Morgan, A. I. Jr., 1963. Foams for foam-mat drying. Food Technology 17 (10) : 90-92.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kuntz, L., and Making, A. 1997. The most of maltodextrin food product design. vol. 7 (5) : pp. 89-90, 94, 96, 101-102, 104.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1999. SensoryEvaluation Techniques. 3rd Ed. USA: CRC PressLLC.

Nesis, K.N.,1987. Cephalopods of the World. T.F.H. Publication, New York.

Ponting, J. D., Stanley, W. L., and Copley, M. J. 1973. Fruit and vegetable juices. In Food Dehydration, 2nd ed. Van Arsdel, Wallace B., copley, Michael J., Morgan, Arthur I., Jr., Volume 2 : Practices and Application, pp. 215-218. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

Ryoso, T., 1986. อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. แปลโดยวิวัฒน์ ตัณฑพาณิชกุล. พิมพ์ครั้งที่ 3. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Piattelli, M. and Nicolas, R. A. 1961. The Structure of Melanin and Melanogenesis I. Tetrahedron. 15(3) : 66-75.

Sara, J.R. and Gary. 1988. Flavor encapsulation, american chemical society symposia series, maple press, New York, 202 p.

Sefidkon, F., Abbasi, K., and Bakhshi, G.B. 2006. Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Saturejahortensis*. Food Chemistry ; 99: 19-23.

Subrada, S., J. Monica and Dhabhai D. 1997. Retention and Storage Stability of Beta-carotene in Dehydrated Drumstick Leaves (*Moringa oleifera*). International Journal of Food Sciences and Nutrition. University of Baroda, India. 48 : 373-379.

Yukio, O.1980. Utilazation of Squid, pp.90-91. Koseishakoseikyaku Company, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1. อบกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีชั่งน้ำหนัก (W1) โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งที่ความละเอียด 4 ตำแหน่ง

2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัมใส่กระป๋องหาความชื้นที่อบและชั่งน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้ว (W2)

3. นำกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาโดยเปิดฝาออกขณะอบไปอบที่ตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105±2 องศาเซลเซียสนาน 4 ชั่วโมง

4.นำกระป๋องหาความชื้นออกจากตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าโดยปิดฝาทันทีและทำให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5. นำไปอบต่อและนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ (W3)

6. คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละโดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(W2 - W3)}{(W2 - W1)} \times 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น (กรัม)

W2 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W3 = น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

ก2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity ,a_w)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัด a_w (AQUALAB series 4TE)

2. ตลับและฝาพลาสติกสำหรับเครื่องวัด a_w

3. ชุดทำความสะอาด

การเตรียมตัวอย่าง

1. ใส่ตัวอย่างในตลับประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่งของตลับเกลี่ยตัวอย่างให้คลอบคลุมทั่วตลับเพื่อประสิทธิภาพในการวัด

2. ตรวจสอบให้แน่ชัดว่าที่ขอบริมและด้านนอกของตลับวัดสะอาดห้ามมีตัวอย่างติดบริเวณตลับวัด a_w

3. ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิใกล้เคียงหรือต่างกันไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิ chamber เครื่องวัด a_w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดเครื่อง

1. เปิดเครื่อง a_wทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง

2. นำตลับวัด a_wใส่ลงในเครื่องระวังไม่ให้ให้ตัวอย่างหกหล่น

3. ดันคันโยกไปในตำแหน่ง Open/Load ไปยังตำแหน่ง Read เครื่องจะเริ่มวัดค่า a_w

4. เมื่อเครื่องวัดเสร็จ (ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที) จะมีสัญญาณเตือนให้อ่านค่า a_wและอุณหภูมิที่หน้าจอ

5. เปลี่ยนคันโยกจากตำแหน่ง Read ไปยังตำแหน่ง Open/Load เพื่อนำตลับออก

ก3. ความสามารถในการดูดซึมและการละลายน้ำ (Water Absorption and Solubility Index) (Anderson et al., 1969)

ชั่งดีหมึกผง 2.5 กรัมลงในหลอด centrifuge ที่ชั่งน้ำหนักแล้ว

↓

เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรเขย่า (200 รอบ / นาที) เป็นเวลา 30 นาที

↓

นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาทีนาน 10 นาที

↓

น้ำส่วนใสแยกออกมา — ส่วนเนื้อดีหมึกผง

↓ — ↓

นำไประเหยจนแห้ง — ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความสามารถในการดูดซึมน้ำ

↓

อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่

↓

ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความสามารถในการละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Index, WAI, กรัม/กรัม) = น้ำหนักดีหมึกผงหลังหมุนเหวี่ยง / น้ำหนักดีหมึกผงแห้งเริ่มต้น

ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility Index, WSI, %) = น้ำหนักส่วนใสหลังอบแห้ง x 100 / น้ำหนักดีหมึกผงแห้งเริ่มต้น

ก4. อัตราส่วนการคืนรูป (Rehydration Ratio) (ดัดแปลงจากวิธีSubadra*et al*., 1997)

ชั่งน้ำหนักดีหมึกผง 2.5 กรัมใส่ในน้ำ 100 มิลลิลิตรปิดปิกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

↓

ต้มจนน้ำเดือดแล้วจับเวลาต่อนาน 5 นาที

↓

นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาทีนาน 10 นาที

↓

เทน้ำส่วนที่แยกออกมาทิ้ง

↓

เก็บตะกอนส่วนที่เหลือทั้งหมด

↓

ชั่งน้ำหนักดีหมึกผงที่คืนคืนรูป

การคำนวณ

อัตราส่วนการคืนรูป = น้ำหนักดีหมึกผงที่คืนรูป / น้ำหนักดีหมึกผงแห้งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก5. การวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L*)

การวัดค่าสีระบบ Hunter Lab

การวัดสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter Lab) ทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minoltacolorimeter (CR-400) (Minolta co.,Ltd, Osaka, Japan) วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์โดยวัดสี L* เป็นค่าความสว่าง (lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (redness/greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness)

เมื่อ L* คือค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 (ค่า L* มากแสดงความสว่างมาก, ค่า L* น้อยแสดงความสว่างน้อยหรือมีสีคล้ำ)

ก่อนทำการวัดค่าสีทุกครั้งต้องทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Standard Calibration Plate ตั้งค่า illuminant เท่ากับ C ทำการวัดสีตัวอย่างผงดีหมึก 15 กรัมใส่ลงในถุงพลาสติกให้กระจายตัวเท่าๆกันใช้หัววัดสีวางทาบลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่าแสดงผลการวัดในระบบ CIELAB (L*, a*, b*) ทำการวัด 10 ซ้ำจดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ก6. การวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)

หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (condenser lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ(secondary electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอกนิกส์จากนั้นถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป และสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้ทันที

ในการทดลองจะนำตัวอย่างดีหมึกผงจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบโฟม ที่ได้มาติดบน stud ด้วยเทปกาว 2 หน้า นำไปเคลือบทองและนำเข้ากล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) เพื่อบันทึกภาพดีหมึกทั้ง 3 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การคำนวณส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง และภาพซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 1

การคำนวณส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

คิดสัดส่วนของของแข็งและความชื้นในส่วนผสม 100 กรัม

วิปครีม 58 กรัม เป็นสัดส่วนของความชื้น = $\frac{42.67 \times 58}{100}$ = 24.75

เป็นสัดส่วนของของแข็ง = $\frac{57.33 \times 58}{100}$ = 33.25

หอมใหญ่สับ 8 กรัม เป็นสัดส่วนของความชื้น = $\frac{77.34 \times 8}{100}$ = 6.19

เป็นสัดส่วนของของแข็ง = $\frac{22.66 \times 8}{100}$ = 1.81

พริกเหลืองสับ 4 กรัม เป็นสัดส่วนของความชื้น = $\frac{72.04 \times 4}{100}$ = 2.89

เป็นสัดส่วนของของแข็ง = $\frac{27.96 \times 4}{100}$ = 1.11

อโรมาต 2 กรัม เป็นสัดส่วนของความชื้น = $\frac{1.3 \times 2}{100}$ = 0.03

เป็นสัดส่วนของของแข็ง = $\frac{98.67 \times 2}{100}$ = 1.98

ดีหมึก 27 กรัม เป็นสัดส่วนของความชื้น = $\frac{64.35 \times 27}{100}$ = 17.37

เป็นสัดส่วนของของแข็ง = $\frac{35.65 \times 27}{100}$ = 9.61

เกลือ 1 กรัม เป็นของแข็ง = 1กรัม

ตารางที่ ข.1 สรุปปริมาณของแข็งและความชื้นในส่วนผสม

ส่วนผสม	ปริมาณความชื้น (กรัม)	ปริมาณของแข็ง (กรัม)
วิปครีม	24.75	33.25
หอมใหญ่สับ	6.19	1.81
พริกเหลืองสับ	2.89	1.11
เกลือ	-	1.00
อโรมาต	0.03	1.98
ดีหมึก	17.37	9.62
รวม	51.23	48.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 1 (ต่อ)

การคำนวณส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

คำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งส่วนผสม (ของแห้ง)

$$\text{วิปครีม} = \frac{33.25 \times 100}{48.77} = 68.17$$

$$\text{หอมใหญ่} = \frac{1.81 \times 100}{48.77} = 3.71$$

$$\text{พริกเหลือง} = \frac{1.11 \times 100}{48.77} = 2.28$$

$$\text{เกลือ} = \frac{1.00 \times 100}{48.77} = 2.05$$

$$\text{อโรมาต} = \frac{1.98 \times 100}{48.77} = 4.06$$

$$\text{ดีหมึก} = \frac{9.62 \times 100}{48.77} = 19.73$$

ตารางที่ ข.2 สรุปปริมาณของแข็งในซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ส่วนผสม	ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)
วิปครีม	68.17
หอมใหญ่ผง	3.71
ปาปิก้า	2.28
เกลือ	2.05
อโรมาต	4.06
ดีหมึก	19.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 1 (ต่อ)

การคำนวณส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ตารางที่ ข.3สรุปส่วนผสมซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงจากฐานแห้ง 100 กรัม

ส่วนผสม	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ความชื้น (ร้อยละ)	น้ำหนักที่ชั่ง (กรัม)
วิปครีม	68.17	2.64	69.96
หอมใหญ่ผง	3.71	4.24	3.87
ปาปิก้า	2.28	8.08	2.46
เกลือ	2.05	-	2.05
อโรมาต	4.06	1.33	4.11
ดีหมึก	19.73	6.44	21.00
รวม			103.45

เพราะฉะนั้นสัดส่วนผสม 100 กรัม มีความชื้นเท่ากับ 103.45-100 = 3.45

ปริมาณน้ำที่ใช้เติมในซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงซอสดีหมึกผง 48.77 กรัม มีความชื้น 51.23 กรัม

ซอสครีมดีหมึก 100 กรัม มีความชื้น 48.77x100/51.23 = 95.20 กรัม

ตารางที่ ข.4องค์ประกอบของซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ส่วนผสม	ปริมาณ(ร้อยละ)
วิปครีมผง	68.17
หอมผง	3.71
ปาปิก้า	2.28
เกลือ	2.05
อโรมาต	4.06
ดีหมึกผง	19.73
<u>ส่วนผสมก่อนปรุง</u>	
ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง	48.77
น้ำ	51.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 2

ภาพซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ภาพซองซอสดีหมึกผงพร้อมปรุงด้านหน้าและด้านหลังซอง

ภาพซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข 3

วิธีปรุงสปาเก็ตตี้ดีหมึกดำโดยการใช้ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งน้ำ 80 มิลลิลิตรให้เดือด

ขั้นตอนที่ 2 ฉีกซองเทซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

ขั้นตอนที่ 3 ผัดให้มีกลิ่นหอม คนให้ผงซอสละลายและหนืดข้น

ขั้นตอนที่ 4 ใส่เส้นสปาเก็ตตี้ต้มสุก 120 กรัม

ขั้นตอนที่ 5 ผัดเส้นสปาเก็ตตี้คลุกกลับซอสให้เข้ากัน

ขั้นตอนที่ 6 ตักใส่จานพร้อมรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค 1

เอกสารแนบแนะนำแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

THIS QUESTIONNAIRE IS A PART OF THESIS RESEARCH FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD SERVICE AND CATERING TECHNOLOGY

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTUTUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

"ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับเวลาและความคิดเห็นอันมีค่าต่อการศึกษาและขอเรียนว่าข้อมูลส่วนตัวของท่านในแบบสอบถามนี้จะไม่ถูกนำไปเผยแพร่เพื่อการอื่นแต่อย่างใด"

"Thank you for your valuable time and opinions, I hereby undertake not to use, nor disclose your personal information for any reason except for this thesis study"

Pimwarun Boonmarak

Student ID : 56608036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค 2

แบบทดสอบวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบโดยรวม

ผลิตภัณฑ์ : ซอสดีหมึกผงพร้องปรุง วันที่_____

ผู้ทดสอบ_____

คำแนะนำ :กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและเขียนวงกลมล้อมรอบตัวอย่างที่ท่านชอบมากกว่า (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

A B

ข้อเสนอแนะ_____

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก ค 1 จำนวนผู้ประเมินที่ตอบถูกน้อยที่สุด (n) จากจำนวนผู้ประเมินทั้งหมด (N) ในวิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (ความแตกต่างและความชอบ) ที่ α = 0.05 และ 0.01

	α			α	
N	0.05	0.01	N	0.05	0.01
			31	22	24
2	_	_	32	23	24
3	_	_	33	23	25
4	_	_	34	24	25
5	_	_	35	24	26
6	6	_	36	25	27
7	7	_	40	27	29
8	8	8	44	29	31
9	8	9	48	32	34
10	9	10	52	34	36
11	10	11	56	36	39
12	10	11	60	39	41
13	11	12	64	41	43
14	12	13	68	43	46
15	12	13	72	45	48
16	13	14	76	48	50
17	13	15	80	50	52
18	14	15	84	52	55
19	15	16	88	54	57
20	15	17	92	56	59
21	16	17	96	59	62
22	17	18	100	61	64
23	17	19	104	63	66
24	18	19	108	65	68
25	18	20	112	67	71
26	19	20	116	70	73
27	20	21	122	73	76
28	20	22	128	76	80
29	21	22	134	79	83
30	21	23	140	83	86

ที่มา : ดัดแปลงจากMeilgaard et al., (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค 3

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูป และการยอมรับหลังจากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

ชื่อ.....เบอร์โทรติดต่อ.....

เพศ ◯ ชาย ◯ หญิง

อายุ ◯ ต่ำกว่า 30 ปี ◯ 31 – 40ปี ◯ 41 – 50ปี ◯ 51 ปีขึ้นไป

อาชีพ / ตำแหน่ง.....สถานที่ทำงาน..... .....

ประสบการณ์ในวงการอาหาร.....ปี

การศึกษา ◯ ปริญญาตรี ◯ ปริญญาโท ◯ ปริญญาเอก ◯ อื่นๆ

คำชี้แจง : หลังจากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูปในการประกอบอาหารกรุณาให้คะแนนตรงกับความรู้สึกของท่านต่อผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ (คะแนนความชอบ 9 ถึง 1 คะแนน จากมากไปหาน้อย)

9 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก 5 = เฉยๆ 2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย1 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ปัจจัย/คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูป								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ความสะดวก									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบ/การยอมรับโดยรวม									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ความคิดเห็น และแนวความคิดเห็นผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูปหลังใช้ผลิตภัณฑ์</u>

1. การยอมรับผลิตภัณฑ์หลังทดลองใช้ ◯ ยอมรับ ◯ ไม่ยอมรับ

2. ราคาซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูปที่เหมาะสมและสนใจจะเลือกซื้อ ต่อ 1 หน่วยบรรจุภัณฑ์ (15 กรัม)

◯ ต่ำกว่า 80 บาท ◯ 80 บาท ◯ 100 บาท ◯ 120 บาท

3. ถ้าผลิตภัณฑ์ซอสครีมดีหมึกผงสำเร็จรูป วางจำหน่าย ท่านสนใจซื้อใช้หรือไม่

◯ ไม่ซื้อ (โปรดระบุสาเหตุ)

◯ ซื้อแน่นอน (โปรดระบุสาเหตุ)

4. ข้อแนะนำอื่นๆ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายชื่อเชฟ และผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร
ที่ทำการทดสอบการใช้ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง
แบบ Home Use Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อเชฟและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ทำการทดสอบการใช้ซอยดีหมึกผง พร้อมปรุงแบบ Home Use Test

	ชื่อ		ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
คุณ	กัญญา	เทพทวีพิทักษ์	พนักงานบริษัท ฝ่ายกองบรรณาธิการอาหาร	Amarin Printing & Publishing
คุณ	จินตนา	มาศปกรณ์	เจ้าของธุรกิจอาหาร	Mini MettealthyCalce
คุณ	จุฑาทิพย์	กล่อมภิรมย์	เจ้าของร้าน Past House	ลาดกระบัง 52
คุณ	จุฬาพรรณ	ยาธงไชย	เจ้าของกิจการ	ร้านแอลลีคอฟฟี่ จังหวัดอุดร
คุณ	ชลลดา	สถิรศิลปิน	เจ้าธุรกิจร้านอาหาร	มีนบุรี
คุณ	ธีรพัทธ์	ชมชื่นจิตต์สิน	Chef freelance	-
คุณ	นัฐนันท์	ธวีรัตนชนนท์	อาจารย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ
คุณ	นริศรา	อู่ไทย	อาจารย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ
คุณ	นฤมล	เป็นซื่อ	อาจารย์พิเศษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
คุณ	เป็นเอก	ทรัพย์สิน	รองบรรณาธิการฝ่ายอาหาร	AAmarin Printing & Publishing
คุณ	ปรัชญา	ชอบงาม	เชฟโอลิมปิกทางด้านอาหาร ปี 2012	Thailand Culinary Acacemy
คุณ	เพ็ญรำไพ	ทรัพย์สิน	เจ้าของธุรกิจอาหาร	ซ.อาทรอุปถัมภ์ กรุงเทพฯ
คุณ	วิษณุ	เที่ยงธรรม	Commis	Sea - Pearl - Villes - Resort
คุณ	สุกัญญา	เทพวิไล	กรรมการผู้จัด	บริษัทเฉินอี้เจินชาไข่มุก
คุณ	สุพัฒน์	ทนุโวหาร	Chef	Seven spoons
คุณ	สมเกียติ	ไพโรจนมหกิจ	Chef	Seven spoons
คุณ	อุดมพร	แซ่ซื่อ	ผู้จัดการฝ่าย Food Innovation	บริษัท ซีพีเอฟ เทรดดิ้ง จำกัด
คุณ	อุทุมพร	บูรณะพงศ์พันธ์	อาจารย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง
คุณ	อรุโณทัย	โอวัฒนา	เจ้าของธุรกิจอาหาร	Aru - Aru – Catering
คุณ	อลิตา	เพ็งจันทร์	เจ้าของธุรกิจอาหาร	ร้านเรือศิล บางแสน

หมายเหตุ : รายชื่อเรียงตามตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ภาพการเตรียมดีหมึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะถุงดีหมึกที่ทำการละลาย

ดีหมึกที่ได้จากการบีบออกจากถุงหมึก

นำดีหมึกกรองผ่านตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ภาพตัวอย่างอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สปาเก็ตตี้ซอสดีหมึกผงพร้อมปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ภาพกระบวนการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช 1

การทำแห้งแบบโฟม (Foam mat drying)

ขั้นตอนที่ 1 นำดีหมึกผสมกับสารไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) ร่วมกับสารคาร์บอกซีเมมิลเซลลูโลส (CMC) และสารมอลโทเด็กซ์ทริน

ขั้นตอนที่ 2 ปั้นผสมดีหมึกกับสารด้วยเครื่องปั่นเบเกอรี่ให้ขึ้นฟูนาน 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช 1 (ต่อ)

การทำแห้งแบบโฟม (Foam mat drying)

ขั้นตอนที่ 3 นำเกลี่ยใส่ถาดลูมิเนียม

ขั้นตอนที่ 4 นำเข้าอบด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray dryer) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 270 นาที และนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช 2

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

ขั้นตอนที่ 1 นำดีหมึกเกลี่ยใส่ถาดอลูมิเนียม

ขั้นตอนที่ 2 นำดีหมึกที่เกลี่ยใส่ถาดอลูมิเนียมแช่แข็งด้วยตู้แช่แข็ง (Air Blast Freeze) อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช 2 (ต่อ)

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

ขั้นตอนที่ 3 นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนาน 40 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 นำดีหมึกที่มาบดด้วยเครื่องบดละเอียด (Pin mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช 3

การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

ขั้นตอนที่ 1 นำดีหมึกผสมกับสารมอลโทเด็กซ์ทรินและนำมากรองด้วยตะแกรง

ขั้นตอนที่ 2 นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวพิมพ์วลัญช์ บุญมารักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	30 ธันวาคม พ.ศ. 2532 ที่นนทบุรี
ที่อยู่	126/993 หมู่ 5 ต.ปากเกร็ด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์การประมง และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา พ.ศ.2556
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2555 พนักงานฝ่ายขายเคมีภัณฑ์สัตว์น้ำ บริษัทซิตโต้ (ประเทศไทย) จำกัด และพนักงานตรวจสอบคุณภาพ บริษัทคอสมาพรอฟจำกัด
การนำเสนอผลงาน	ผลของกระบวนการทำแห้งที่มีต่อคุณภาพดีหมึกผง การประชุมทางวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 เรื่อง “การศึกษาเชิงสร้างสรรค์ ทุนปัญญาสู่อาเซียน” ในวันที่ 16-17 กรกฎาคม 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้