

การกักเก็บสารละลายของสารสกัดเคียวโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย



นางสาวศิลาวรรณ อัจกุลพร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MICROENCAPSULATION OF EXTRACTED ISADA KRILL(EUPHASIA PACIFICA) BY SPRAY
DRYING

Miss Sillawan Aschakulporn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกักเก็บสารละลายของสารสกัดเคียวโดยการอบแห้ง
	แบบพ่นฝอย
โดย	นางสาวศิววรรณ อัฐกุลพร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ สุทธิธารวัช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติสุขุภกร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ สุทธิธารวัช)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชลิดา คล้ายโสม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ตำนานวิชกุล)

ศीलวรรณ อชกุลพร : การกักเก็บสารละลายของสารสกัดเคยโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย (MICROENCAPSULATION OF EXTRACTED ISADA KRILL(EUPHASIA PACIFICA) BY SPRAY DRYING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อภิรักษ์ สุทธิธารวัช, 87 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารสกัดกลิ่นรสเคยให้มีความคงตัวโดยใช้เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140-200 องศาเซลเซียส โดยใช้สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ตรินชนิด DE19 และ DE25 และแอลฟาไซโคลเดกซ์ตริน ผลการศึกษาพบว่า การใช้แอลฟาไซโคลเดกซ์ตรินเป็นสารห่อหุ้ม ที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารให้กลิ่นรสเคยโดยใช้เทคนิค Head space - solid phase micro extraction (HS-SPME) วิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) โดยศึกษาอุณหภูมิในการสกัดกลิ่น และเวลาที่ใช้ในการดูดซับกลิ่นด้วยไฟเบอร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดกลิ่น คือ 80 องศาเซลเซียส และความเหมาะสมของเวลาในการดูดซับกลิ่นเคยที่ 60 นาที พบว่าให้สารสำคัญที่แสดงถึงลักษณะเคยคือ 2,3,5-trimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine, 2-methylpyrazine เมื่อศึกษาคูสมบัติของเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันอนุภาคเคยที่ผลิตโดยกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ผนังห่อหุ้ม 3 ชนิด นำมาทำการวิเคราะห์ โครงสร้างพื้นฐานภายนอก ค่าความชื้น ค่าสีของผงกลิ่นรสเคย ชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีต่อการกักเก็บกลิ่น ผลการศึกษาพบว่าลักษณะอนุภาคของผงเคยที่ได้จากการส่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าผงอนุภาคเคยที่ห่อหุ้มด้วยมอลโทเดกซ์ตริน (DE19) ด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีที่สุด และเมื่อทดสอบความสามารถในการดูดความชื้น พบว่ามอลโทเดกซ์ตริน (DE25) ดูดความชื้นจากบรรยากาศสูงสุด อีกทั้งยังพบว่าแอลฟาไซโคลเดกซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มที่ให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด และสามารถยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดี ทนทานต่อความร้อนที่สูง และยังมีคุณสมบัติเด่นในการกักเก็บกลิ่นดี

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5670404321 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS: MICROENCAPSULATION / SPRAY DRYING / HEAD SPACE SOLID PHASE
MICROEXTRACTION / KRILL (EUPHAUSIA PACIFICA) / MALTODEXTRIN / CYCLODEXTRIN / PYRAZINE

SILLAWAN ASCHAKULPORN: MICROENCAPSULATION OF EXTRACTED ISADA
KRILL(EUPHASIA PACIFICA) BY SPRAY DRYING. ADVISOR: ASST. PROF. APINAN
SOOTTITANTAWAT, Ph.D., 87 pp.

Isada Krill (*Euphausia pacifica*) is composed of a lot of PUFAs such as EPA and DHA. In this study, the components of extracted Isada Krill were investigated by head space solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS). The SPME temperature was studied at 50, 60, 70 and 80 °C with adsorption time 15, 30, 45, 60 and 75 min. Pyrazine derivatives. 2,3,5-Trimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine and 2-methylpyrazine were identified. The optimum parameters to analyze the component was 80 °C extraction temperature and 60 min adsorption time. However, the aroma in Isada Krill has to be protected against oxidation due to their mostly reactivity with oxygen. The encapsulation process is required to protect the Isada Krill flavor. Therefore, another objective of this study is to determine the volatile components in Isada Krill before and after the encapsulation process. The spray drying process was used as the encapsulation methods. The effect of inlet air temperatures on the losses of pyrazine were studied at 140, 160, 180 and 200°C. Furthermore, the type of wall materials as maltodextrin (DE19 and 25) and α - cyclodextrin were also studied. In this study, the suitable conditions for encapsulating Isada Krill flavor were 140 °C and α - cyclodextrin for air inlet temperature and wall materials, respectively. In addition α -cyclodextrin is multifunctional food ingredients. It can protect active ingredients against maillard reaction and preserve krill flavor. The color of α – cyclodextrin krill powder is the lightness among 3 wall material. Maltodextrin (DE25) is hygroscopic wall material which is the high moisture content so shelf life of Maltodextrin (DE25) is limited. Maltodextrin (DE19) is good film forming and protect active ingredients from oxidation reaction.

Department: Chemical Engineering

Student's Signature

Field of Study: Chemical Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามประสงค์ทุกประการ โดยได้รับการให้คำปรึกษาและช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานที่สนับสนุนทุนวิจัยดังจะกล่าวต่อไปนี้

ขอขอบคุณพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สุทธิธรรวัช อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีเยี่ยม ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.ชลิดา คล้ายสม กรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ดำนวนิชกุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่า ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพระคุณองค์การสนับสนุนนักศึกษาแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น (JASSO - Japan Student Services Organization) ที่สนับสนุนทุนแลกเปลี่ยนในการวิจัยที่ Kagawa University ประเทศญี่ปุ่นเป็นเวลา 6 เดือน บุคคลที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ ช่วยเหลือ และให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างดียิ่งตลอดเวลาที่พำนักในประเทศญี่ปุ่น คือ Prof.Dr. Hidefumi Yoshi Dr.Hirokazu shiga, ธีรตนย์ เขียวหิรัญ, ขวัญหทัย นาคจู, Miyamoto Ayaka, Sae Adachi, Matsumura Keisuke, Mai Hosotani, Liza Abd Ghani, Hermawan Dwi Ariyanto, Takashige Shisei, Yamauchi Atsuki รักเพื่อนๆ ในห้องแลปทุกคนเลย จดจำได้ทุกอย่างยิ้มที่หัวเราะด้วยกัน แม้ว่าจะทำแลปผิดก็ตาม ขอขอบพระคุณสำหรับ จิตาภา กล่อมกลาง ที่คอยช่วยเหลือเสมอมา ขอขอบคุณ Mr.Yasuko Kamei, Ms.Michitake Kamei คุณพ่อคุณแม่ชาวญี่ปุ่นผู้นำรักที่คอยสร้างกำลังใจแสดงความห่วงใยเป็นพิเศษ ขอขอบคุณทุกคนที่ทำให้ทุกวินาทีในการดำรงชีวิตที่ญี่ปุ่นมีความหมาย

ขอขอบใจมากๆ เป็นพิเศษสำหรับ ญัฐวุฒิ วิสิษฐดำรงกุล สิริญา ธูปทอง และชาญ ณรงค์ ศักดิ์สิริสกุล ที่คอยช่วยเหลือดูแลเอาใจใส่และให้กำลังใจสำคัญตลอดเวลาและพาไปกินอาหารอร่อยระหว่างที่เรียนปริญญาโทเสมอมา ขอขอบคุณ เอกชน ผู้เลี้ยงสัตว์ เป็นอย่างมากที่คอยแนะนำในด้านวิชาการตลอดมา ท้ายที่สุดกำลังใจสำคัญที่คอยยืนยันเคียงที่ให้มีวันนี้ได้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัวทุกคนที่คอยให้กำลังใจที่ดีเสมอมา คุณลุง ศ.เกียรติคุณ ดร.สมพล ประคองพันธ์ ผู้เป็นต้นแบบในการศึกษาที่ดีมาตลอด

2.2.1.8 ฟีนอล (phenols)	6
2.2.1.9 เอสเทอร์ (esters)	7
2.2.2 การเกิดสารระเหยของสัตว์น้ำมีเปลือก (Pan and Kuo,1994).....	7
2.2.2.1 แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน	7
2.2.2.2 แอลคิลไพราซีน (alkylpyrazine)	7
2.2.2.3 สารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ.....	7
2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Partition coefficient ; k).....	7
2.3.1 เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation technique).....	9
2.4 ชนิดของสารห่อหุ้ม (Ortega-Rivas, 2005).....	10
2.4.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate).....	10
2.4.2 สตาร์ช (Bayram, Bayram, & Tekin)	10
2.4.3 มอลโทเด็กซ์ทริน (maltodextrin)	11
2.4.4 กัมอะราบิก (Gum Arabic).....	12
กัมอะราบิก (Gum Arabic).....	12
2.4.5 แป้งดัดแปลง (Modified Starch)	12
แป้งดัดแปลง (Modified Starch).....	12
2.5 ปฏิกิริยามอลลาร์ด (Maillard reaction) maillard reaction	12
2.6 ระบบสี LAB *	15
2.7 กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย	16
2.7.1 การทำงานของเครื่อง Spray Dryer.....	17
2.8 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยของเครื่อง Spray Dryer	18
2.8.1 การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed).....	18
2.8.2 การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ	20

2.8.3 การระเหยของละอองฝอย	23
2.8.4 ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ	23
2.9 หลักการสกัดกลั่นด้วยวิธี Headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) (Bernhard, 1996)	23
2.9.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์กลิ่นรส ด้วยเทคนิค Head space-solid phase microextraction	24
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)	26
2.10.1 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิค Head space-solid phase microextraction	26
2.10.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งแบบพ่นฝอยในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	33
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่ง	33
3.1.1.1 สารมาตรฐาน 2-methylpyrazine	33
3.1.1.2 สารมาตรฐาน 2,3,5-trimethylpyrazine	33
3.1.1.3 สารมาตรฐาน 2,6-dimethylpyrazine	33
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการกักเก็บสารให้กลิ่นรสกึ่ง	33
3.1.2.1 มอลโทเดร็กซ์ทรีน DE 19, 25	33
3.1.2.2 ไสโคลเด็กซ์ทรีนไซรัป	33
3.1.3. อุปกรณ์และเครื่องมือ	33
3.1.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่ง ก่อนและหลัง กระบวนการกักเก็บ	33
3.1.3.1.1 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง	33
3.1.3.1.2 gas chromatography - mass spectrometry	33

3.1.3.1.3	ไฟเบอร์ชนิด polydimethylsiloxane(PDMS) ขนาด 65 ไมโครเมตร (superco).....	33
3.1.3.1.4	ขวด (vial) ขนาด 10 มิลลิลิตร	33
3.1.3.2.	อุปกรณ์และเครื่องมือในกระบวนการกักเก็บ	33
3.1.3.2.1	เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง.....	33
3.1.3.2.2	เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Mini spray dryer,Buchi 290).....	33
3.1.4.	เครื่องมือศึกษาโครงสร้างภายนอกของสารให้กลีนาอสักหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย.....	33
3.1.4.1	เครื่อง scanning electron microscope (SEM) (JEDL,JEOL,JAPAN)	33
3.1.5.	อุปกรณ์อื่นๆ	34
3.1.5.1	ตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส	34
3.1.5.2	ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	34
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	34
3.2.1	เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) รุ่น B-290 บริษัท Buchiประเทศ	34
3.2.3	เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Laser Diffraction Particle Size Analyzer) รุ่น	34
3.3	การศึกษาวีธีการผลิตผงเคยโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย	34
3.4	ศึกษาองค์ประกอบของสารให้กลีนาอสัก	35
3.4.1	ศึกษาชนิดไฟเบอร์ที่เหมาะสมในการสกัดสารให้กลีนาอสักโดยใช้เทคนิค HS-SPME..	35
3.4.2	การวิเคราะห์สารให้กลีนาที่สำคัญ.....	36
3.5	ศึกษาลักษณะภายนอกของอนุภาค	39
3.6	วิเคราะห์ปริมาณความชื้น	39
3.7	วิเคราะห์หาขนาดของผงอนุภาค	40
3.8	ขั้นตอนและการวิจัย.....	41
บทที่ 4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล	42

4.1	สถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสำคัญของเคชโดยใช้เครื่อง GC-MS.....	42
4.2	การศึกษาหาสารสำคัญในสารสกัดเคช	42
4.3	ผลการศึกษานิวเคลียสที่มีผลต่อการสกัดกลีนิรสเคชโดยใช้เทคนิค HS-SPME /GC-MS.....	46
4.3.1	ผลการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัดกลีนิรสเคชโดยใช้เทคนิค HS-SPME/GC-MS.....	46
4.3.2	ผลการศึกษาความเหมาะสมของเวลาที่มีผลต่อการสกัดกลีนิรสเคชโดยใช้เทคนิค HS-SPME/GC-MS.....	48
4.3.3	การเติม NaCl (Salting out).....	49
4.4	ผลของอุณหภูมิเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคช.....	50
4.4.1	การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดฝงเคช	50
4.4.2	ผลต่อขนาดและกระจายตัวของอนุภาคเคช	57
4.4.3	ผลต่อความชื้น.....	58
4.4.4	ผลของอุณหภูมิกาศร้อนเข้าที่มีต่อค่าสีของฝงเคช	60
4.4.5	การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิกาศร้อนเข้าที่มีผลในการสกัดกลีนิรสเคช	65
4.4.6	ผลต่อปริมาณสาร 2,3,5-trimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine, 2-methylpyrazine คงเหลือภายหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย.....	65
4.5	การศึกษานิวเคลียสของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน	67
4.5.1	ผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดฝงเคช	67
4.5.2	การวิเคราะห์ชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีผลต่อการกักเก็บกลีนิรสเคช.....	70
4.5.3	ผลของชนิดผนังห่อหุ้มที่มีต่อความชื้น.....	72
4.6	การศึกษาผลของความร้อนที่มีผลต่อเสถียรภาพของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน.....	73
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
5.1	สรุปผลการทดลอง	76

5.1.1. ผลการศึกษาหาสารสำคัญในเคย.....	76
5.1.2. ผลการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการสกัดกลีรเคย.....	76
5.1.2.1 ผลจากอุณหภูมิในการสกัดกลีร.....	76
5.1.2.2 ผลของเวลาที่เข้าสู่สภาพสมดุลของวัฏจักรภาคไอ	76
5.1.2.3 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า ที่มีต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคย	76
5.1.3 ผลการศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน	77
5.1.4 ผลของความร้อนที่มีผลต่อเสถียรภาพของสารห่อหุ้มที่เหมาะสม	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	78
รายการอ้างอิง	79
ภาคผนวก.....	84
กราฟมาตรฐานแสดงความเข้มข้นของสารเคมี.....	85
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	87

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายในตัวทำละลายทั่วไป.....	8
ตารางที่ 2.2	ชนิดและสมบัติของสารหล่อหุ้มที่ใช้ในเทคนิคการเอนแคปซูเลชั่น (A. Madene, 2006)10	
ตารางที่ 2.3	ชนิดของไฟเบอร์ต่อสารที่นำมาวิเคราะห์.....	24
ตารางที่ 3.1	สภาวะการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี – แมสสเปคโตรมิเตอร์	38
ตารางที่ 4.1	องค์ประกอบของสารระเหยจากกลิ่นรสเคย	44
ตารางที่ 4.2	องค์ประกอบทางเคมีของเคยที่พบในอาหารทะเล	45
ตารางที่ 4.3	L*a*b* ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผงเคย	60
ตารางที่ 4.4	ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่า ΔE ของระบบสี L*a*b*ของผงเคย	64

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของเคย	5
รูปที่ 2.2 แสดงการเติมเกลืออนินทรีย์ (Salting Out) ลงไปในสารละลายตัวอย่าง	9
รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของอนุภาคจากการเอนแคปซูเลชัน	9
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrins)	11
รูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์อาหารที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด	13
รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิดเมลลาร์ด	13
รูปที่ 2.7 สเกลสี Lab * ซึ่งมีลักษณะของ color space	15
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย	17
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของอนุภาคในรูปทรงหลากหลายที่ได้จากวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย	18
รูปที่ 2.10 Rotary Atomizer	19
รูปที่ 2.11 Pressure Nozzles Atomizer	20
รูปที่ 2.12 การไหลผ่านทางเดียวกัน	21
รูปที่ 2.13 การไหลผ่านสวนทางกัน	21
รูปที่ 2.14 การไหลผ่านแบบผสมผสาน	22
รูปที่ 2.15 การไหลผ่านแบบจานหมุน	22
รูปที่ 2.16 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบสารให้กลิ่นรสโดยเทคนิค HS-SPME23	
รูปที่ 2.17 คุณสมบัติของไฟเบอร์ต่อการดูดซับ	25
รูปที่ 3.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย รุ่น Buchi 290	35
รูปที่ 3.2 การวิเคราะห์กลิ่นของอนุภาคเคยด้วยไฟเบอร์ Polydimethylsiloxane(PDMS) ขนาด 85 ไมโครเมตร ด้วยเทคนิค HS-SPME	36
รูปที่ 3.3 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี รุ่น GC-2010	38
รูปที่ 3.4 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JEOL JSM 6060	39

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบหาความชื้น Karl Fisher Moisture Titrator รุ่น MKS-510.....	40
รูปที่ 3.6 เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SALD-7100)	40
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสารสำคัญในกลิ่นรสเคยที่ได้จากไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME โดยใช้ GC-MS	42
รูปที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิในการสกัดกลิ่นเคยโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME เมื่อใช้สารห่อหุ้มชนิดต่างๆ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน.....	46
รูปที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดกลิ่น 2,3,5-trimethylpyrazine	47
รูปที่ 4.4 ผลของเวลาในการสกัดกลิ่นเคยโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME	48
รูปที่ 4.5 ผลของการเติมเกลือในการสกัดกลิ่นเคยโดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย	50
รูปที่ 4.6(A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ไซมอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 4,500	51
รูปที่ 4.7 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 160 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ไซมอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 2,000	52
รูปที่ 4.8 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 180 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ไซมอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 2,000	53

สารบัญญภาพ

หน้า

รูปที่ 4.9 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 200 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้มอลโทเด็คซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 1,500 และ (D) กำลังขยาย 2,000 (E) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคย ซึ่งแตกเนื่องจากเลเยอร์ Ballooning temperature เมื่อส่องด้วยกล้องที่กำลังขยาย 300	54
รูปที่ 4.10 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 500 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้มอลโทเด็คซ์ตริน (DE25) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 3,000 และ (D) กำลังขยาย 5,000	55
รูปที่ 4.11 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลิ่นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 500 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้แอลฟาไซโคลเด็คซ์ เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 3,000 และ (D) กำลังขยาย 3,000	56
รูปที่ 4.12 กระบวนการเกิดรอยยับบนพื้นผิวอนุภาคเคย	57
รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของอนุภาคเคย	57
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าและความชื้นภายในอนุภาคผงเคย.....	59
รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง(L*)ของผงอนุภาคเคยจากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย.....	61
รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a*) ของผงอนุภาคเคยที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย.....	62
รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง(b*)ของผงอนุภาคเคยที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย.....	63
รูปที่ 4.18 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อกลิ่นรสเคยโดยศึกษาผนังห่อหุ้มชนิดแอลฟาไซโคลเด็คซ์ตริกซ์.....	65

สารบัญญภาพ

หน้า

รูปที่ 4.19	ผลของอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อกลิ้นคองเหลือในเคย	66
รูปที่ 4.20	ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อร้อยละการคงตัวกลั่นรสเคย66	
รูปที่ 4.21	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลั่นเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน(DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000	68
รูปที่ 4.22	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลั่นเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000	68
รูปที่ 4.23	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลั่นเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน (α -Cyclodextrin) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000	69
รูปที่ 4.24	ชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีผลต่อการกักเก็บกลั่นเคย	70
รูปที่ 4.25	ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง	73
รูปที่ 4.26	ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง	73
รูปที่ 4.27	ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง	74
รูปที่ 4.28	ผลการอบผงเคยในตู้อบอุณหภูมิที่ 105 °C	74
รูปที่ ก-1	กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเคมี(Calibration curve) ของสารมาตรฐาน 2,3,5-trimethylpyrazine ที่ความเข้มข้นช่วง 3-25 ppm	85

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เคยเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในมหาสมุทรทั่วโลก โดยเคยจัดได้ว่าเป็นชีวมวลที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก เคยมีลักษณะคล้ายกุ้งมี 2 วงศ์ แบ่งได้เป็นเคยดำและเคยแดง ลำตัวมีลักษณะใส โดยเคยที่อาศัยในมหาสมุทรแอนตาร์กติกจะอุดมไปด้วยกรดไขมันที่สำคัญที่สุดในกลุ่ม Omega 3 ได้แก่ EPA (Eicosapentaenic acid) และ DHA (Docosacexaenoic acid) ทั้ง EPA และ DHA ต่างมีความจำเป็นต่อการสร้างและซ่อมแซมเซลล์ รวมทั้งการสร้างความแข็งแรงให้กับเซลล์ร่างกายของเรา นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่า DHA เป็นกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของสมองของเรา และ ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมว่า EPA และ DHA ไม่เพียงจะอยู่ในเซลล์ไขมันและเนื้อเยื่อต่างๆในร่างกาย แต่ยังส่งผลและทำงานในหลายๆรูปแบบของร่างกาย อีกทั้งในเคยยังประกอบไปด้วย Phospholipid (ฟอสโฟไลปิด) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ทุกส่วนของร่างกาย โดยเฉพาะระบบประสาทและสมองและสารแอสตาแซนธิน(Astaxanthin) ซึ่งเป็นสารแคโรทีนอยด์ที่พบในธรรมชาติ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพดีเยี่ยม มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามิน E, เบต้า แคโรทีน และสูงกว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่น นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคเมเร็ง และโรคเส้นเลือดในสมองแตก ด้วยประโยชน์นานับประการจึงได้มีการสกัดเคยมาในรูปแบบของน้ำมัน ซึ่งเคยจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากความร้อนและแสงแดด ซึ่งจะส่งผลให้เคยมีกลิ่นคาวปลาและมีสีน้ำตาลคล้ำ

งานวิจัยฉบับนี้จึงมีความมุ่งมั่นที่จะนำเสนอวิธีการกักเก็บเคยให้อยู่ในรูปผงอนุภาคเพื่อรักษาคุณภาพของเคยรวมไปถึงป้องกันการเสื่อมสภาพของเคย และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีเอนแคปซูลชัน (Encapsulation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ สารที่เราต้องการรักษาคุณภาพที่อยู่ในรูปของเหลวหรืออนุภาคถูกห่อหุ้มให้อยู่ในรูปแคปซูลด้วยพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซซึ่งจะเรียกว่าcore material และสารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า wall material ซึ่งพอลิเมอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันหรือปลดปล่อยสารสำคัญภายในออกมาเมื่อเราต้องการ อีกทั้งวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) ยังเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมอาหาร

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีความตั้งใจที่จะศึกษากระบวนการกักเก็บเคเคโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาปัจจัยต่างๆได้แก่ ปริมาณเคเคที่กักเก็บได้ อุณหภูมิอากาศเข้า ชนิดและอัตราส่วนของสารห่อหุ้มที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกักเก็บ รวมไปถึงความคงตัวของผงอนุภาค ซึ่งภายหลังได้ผงอนุภาคที่บรรจุไปด้วยเคเคก็จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถนำมาพัฒนาทำเป็นอาหารเสริมเพื่อจัดจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งองค์ความรู้ที่เราได้จากการเอนแคปซูเลชันจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสารอาหารประเภทอื่นเพื่อรักษาคุณภาพของอาหารและปกป้องสารอาหารอื่นๆได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคกระบวนการกักเก็บเคเค รวมทั้งปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาหาค่าองค์ประกอบหลักและหาปริมาณสารสำคัญในเคเคโดยใช้เทคนิค (Headspace Solid Phase Micro extraction Gas Chromatography Mass Spectrometry; HS-SPME/GC-MS)

1.3.2 เพื่อศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่ดีที่สุดในการใช้เทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันซึ่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่าง

- ปริมาณ Dextrose equivalents ของมอลโตเด็คซ์ตริน (Maltodextrin) (DE19, 25)
- แอลฟาไซโคลเด็คซ์ตริน (Alpha-Cyclodextrin)

1.3.3 เตรียมผงแห้งของเคเคด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศเข้าต่อปริมาณของกลี้นการคงตัวของเคเค

1.3.4 ศึกษาสมบัติต่างๆของผงเคเคหลังการอบแห้งแบบพ่นฝอย

- ขนาดอนุภาคของผงแห้ง
- ลักษณะโครงสร้างภายนอกของผงแห้ง
- ค่าร้อยละการคงตัวของกลี้น
- ความชื้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นการเสริมสร้างองค์ความรู้ในด้านการกักเก็บเคย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ใอุตสาหกรรมอาหารประเภทอื่นๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่มีคุณภาพ ยืดอายุในการเก็บรักษา และเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

1.4.2 ด้านเศรษฐกิจเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในตลาดสินค้าให้สูงขึ้น

1.4.3 ด้านวิชาการสามารถนำเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันไปประยุกต์กับสารอื่นๆ เช่น การกักเก็บยาน้ำหอมยากำจัดศัตรูพืชแบบชีวภาพ และกลิ่นรส เป็นต้น



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เคย

เคยหรือเคยแอนตาร์กติก (Antarctic Krill) เป็นสัตว์ในไฟลัม (Arthropoda) โดยอยู่ในคลาสครัสเตเชียน (crustacean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Euphausia superba* เป็นสายพันธุ์ของกุ้งเคยที่พบในน่านน้ำแอนตาร์กติกของมหาสมุทรใต้ เคยมีขนาดประมาณ 6 เซนติเมตร น้ำหนักไม่เกิน 2 กรัม ดังรูปที่ 2.1 มีลักษณะคล้ายกุ้งเปลือกภายนอกมีสีส้มใสมีขาหน้า 6 คู่ และสามารถมีชีวิตได้นาน 6 ปีโดยเคยจะว่ายน้ำรวมกลุ่มเป็นฝูงบางครั้งมีความหนาแน่นของสัตว์ 1,000,000 ตัวต่อลูกบาศก์เมตรโดยว่ายน้ำเกาะกลุ่มยาวถึง 6 กิโลเมตร มีการรายงานว่าเคยเป็นสัตว์ชีวมวลที่มากที่สุดในโลก (ประมาณ 500 ล้านตัน) (Hamner WM, 1983) เคยเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในระดับล่างสุดของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งเคยจะบริโภคแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายทะเลในเวลากลางวัน ดังนั้นเคยจึงไม่ได้บริโภคโลหะหนัก การบริโภคเคยจึงมีความปลอดภัยกว่าการบริโภคน้ำมันปลาซึ่งอาจมีการสะสมของโลหะหนัก

เคยแอนตาร์กติก เมื่อรับประทานเข้าไปร่างกายจะย่อยเป็น omega 3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) ซึ่งได้แก่ eicosapentanoic acid (EPA or 20:5), docosahexanoic acid (DHA, 22:6) ใน Krill oil มีปริมาณ DHA และ EPA ค่อนข้างสูง ซึ่ง DHA จำเป็นต่อพัฒนาการของสมองทั้งก่อนและหลังคลอด ส่วน EPA มีอิทธิพลต่อความผิดปกติกรรมและอารมณ์ ซึ่งมีหลายสมมุติฐานที่แสดงถึงบทบาทของ omega 3 PUFA ในการป้องกันภาวะหลงลืม ลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดและความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดสมองซึ่งผู้ป่วยที่มีภาวะโรคหัวใจและหลอดเลือดมีความเสี่ยงในการเกิดภาวะหลงลืมและโรคอัลไซเมอร์มากขึ้น และ omega 3 PUFA ลดการสังเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดการอักเสบซึ่งเป็นส่วนประกอบในกระบวนการเกิดภาวะหลงลืม และ DHA เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์สมอง การมีระดับ omega 3 PUFA ที่เหมาะสมสามารถป้องกันภาวะหลงลืมได้โดยการรักษาสุขภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และการทำงานของเซลล์ให้เป็นไปอย่างปกติ นอกจากนี้มีการศึกษาในสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่มี DHA เพิ่มขึ้นพบว่าช่วยกระตุ้นการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทเพิ่มระดับของสารสื่อประสาท และลดการทำลายเซลล์ประสาท (AP, 1991) นอกจากนี้เคยยังประกอบไปด้วย ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) โคลีน (Choline) และสารแอสตาแซนธิน (Astaxanthin) ซึ่งเป็นสารแคโรทีนอยด์ที่พบในธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ



รูปที่ 2.1 ลักษณะของเคย

ที่มา <http://www.ecoscope.com>

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับสารให้กลิ่นในอาหารทะเล

กลิ่นรสในอาหารทะเลส่วนใหญ่ มี 2 ประเภท คือ กลิ่นของความสดของวัตถุดิบ (Seafood fresh flavor) และกลิ่นที่เกิดจากการปรุงสุก (Seafood cooked flavor) โดยกลิ่นของความสดของวัตถุดิบประเภทปลาและสัตว์น้ำมีเปลือก ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากองค์ประกอบของกลุ่มไขมันในสัตว์ทะเล หรือเกิดจากกระบวนการของไลพอกซีจีเนส หรือองค์ประกอบอื่นๆ ภายในสัตว์ทะเลทำปฏิกิริยากับปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเกิดสารให้กลิ่นรส อาทิเช่น สารในกลุ่มเอมีน เป็นสารตั้งต้นในการสร้างไตรเมทิลลามีน ซึ่งนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดความสดของอาหารทะเล ส่วนกลิ่นที่เกิดจากการปรุงสุก สารให้กลิ่นรสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการให้ความร้อน (Thermal Process) ซึ่งเรียกกันว่า กระบวนการเมลลาร์ด (Maillard Reaction)

การศึกษาเกี่ยวกับสารให้กลิ่นรสในอาหารทะเลจะศึกษาใน 2 ประเด็นดังนี้

2.2.1. สารให้กลิ่นรสในสัตว์น้ำมีเปลือก

โดยทั่วไปแล้วสัตว์น้ำมีเปลือกมีหลายชนิด เช่น กุ้ง (Shrimp) ล็อบสเตอร์ (Lobster) กุ้งนาง (Crayfish) เคย (Krill) หอยนางรม (Oyster) หอยกาบ ฯลฯ เป็นวัตถุดิบสดจะแสดงกลิ่นเพียงเล็กน้อย แต่หากนำมาปรุงสุกด้วยกระบวนการให้ความร้อน จะแสดงลักษณะกลิ่นที่แตกต่างไประหว่างกระบวนการแปรรูป สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.2.1.1 แอลกอฮอล์ (alcohols)

แอลกอฮอล์เป็นสารให้กลิ่นรสที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากกรดไขมัน การเกิดออกซิเดชันหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ แอลกอฮอล์จะแสดงกลิ่นออกมาเมื่อความเข้มข้นของสารอยู่ในระดับสูง หรือเกิดการไม่อมตัว กลิ่นของแอลกอฮอล์มีลักษณะคล้ายเห็ด

2.2.1.2 แอลดีไฮด์ (aldehydes)

แอลดีไฮด์เป็นสารให้กลิ่นรสที่มีค่าระดับการรับรู้กลิ่นที่ค่อนข้างต่ำ สารให้กลิ่นรสกลุ่มแอลดีไฮด์ที่พบมากในสัตว์น้ำ มีเปลือกจำนวนมากคาร์บอนอยู่ในช่วง 16-18 อะตอม เช่น มาโลนัลดีไฮด์ ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย และกลูโคส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารให้กลิ่นรสในกลุ่มเฮเทอร์โรไซคลิก

2.2.1.3 คีโตน (Ketone)

คีโตนเป็นสารให้กลิ่นรสที่เกิดจากการออกซิเดชันของจุลชีพ สารให้กลิ่นรสในกลุ่มคีโตนพบมากในกุ้งที่ปรุงสุกโดยการต้มหรือย่าง

2.2.1.4 ฟูเรน (Furans)

ฟูเรน พบได้ในองค์ประกอบของผงกุ้งที่ทำให้แห้งแบบพ่นฝอย สารประกอบฟูเรนเป็นสารให้กลิ่นรสที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน และยังพบว่ามี การสร้างแลคโตน (Lactone) ระหว่างกระบวนการแปรรูปกุ้งที่ให้กลิ่นคล้ายมะพร้าว

2.2.1.5 ไพราซีน (pyrazines)

ไพราซีนเป็นสารให้กลิ่นรสที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่วนใหญ่ไพราซีนจะพบมากในอาหารย่าง และยังเป็นสารให้กลิ่นรสสำคัญในกุ้งนาง กุ้งย่าง กุ้งเคียวที่ผ่านการปรุงสุก สารกลุ่มไพราซีนที่พบในสัตว์น้ำมีเปลือก ได้แก่ แอลดีไฮด์ไพราซีน ซึ่งให้กลิ่นลักษณะกลิ่นย่าง กลิ่นถั่ว

2.2.1.6 สารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (Sulphur-containing compounds)

สารประกอบซัลเฟอร์ จะสร้างกลิ่นระหว่างกระบวนการแปรรูปและระหว่างกระบวนการเก็บรักษา ซึ่งพบว่าการสร้างสารให้กลิ่นรสในกลุ่มอะลิฟาติกไดซัลไฟด์ (aliphatic – disulfide และ aliphatic-trisulfide) จะเกิดจากปฏิกิริยาของซิสเทอีน (cysteine) และไซโลส (xylose) และยังคงค้นพบว่าการสลายตัวของเมธไธโอนีน (methionine) จะสร้างสารเมไธโอนิล ซึ่งเป็นกลิ่นรสของกุ้งปรุงสุก

2.2.1.7 ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons)

สารให้กลิ่นรสไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่เกิดจากการเสียความร้อนของไขมัน ซึ่งไม่ค่อยมีบทบาทสำคัญต่อกลิ่นรสของอาหารทะเล

2.2.1.8 ฟีนอล (phenols)

ฟีนอลพบมากในอาหารทะเลประเภทกุ้งสด กุ้งปรุงสุก ฟีนอลจะให้กลิ่นคล้ายกลิ่นไม้ กลิ่นไหม้ กลิ่นควัน เป็นต้น

2.2.1.9 เอสเทอร์ (esters) เอสเทอร์เป็นสารให้กลิ่นคล้ายผลไม้สด บางครั้งจะพบในอาหารที่ผ่านกระบวนการหมัก

2.2.2 การเกิดสารระเหยของสัตว์น้ำมีเปลือก (Pan and Kuo, 1994)

2.2.2.1 แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน

กระบวนการสร้างแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตนเกิดจากการออกซิเดชัน (autooxidation) และลิพิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) การเกิดออกซิเดชันจะเกิดการออกซิไดซ์ของไขมัน สัตว์น้ำมีเปลือกจะสร้างกลิ่นรสโดยการใช้กรดไขมันเป็นสารตั้งต้น ส่วนการเกิดลิพิดออกซิเดชันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกลิ่นรสในปลาจะสร้างกลิ่นรสแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน

2.2.2.2 แอลคิลไพราซีน (alkylpyrazine)

กลิ่นรสในกลุ่มไพราซีนเกิดจากปฏิกิริยาของสารคาร์บอนิลซึ่งกลิ่นรสในกลุ่มไพราซีนขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการให้ความร้อน อุณหภูมิ อัตราส่วนของสารที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น กรณีอาหารสดจะให้กลิ่นรสในปริมาณน้อยมาก แต่หากเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนจะทำให้กลิ่นรสเพิ่มมากขึ้น

2.2.2.3 สารประกอบที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ

การเกิดสารให้กลิ่นรสที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบคือ กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบคือ ไทอามีน กลูตาไธโอน โดยการทำปฏิกิริยาส่วนที่หนึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำตาลโดยผ่านกระบวนการเมลลาร์ด จะเกิดสารเฟอร์ลดีไฮด์ ไดคีโตนและแอลฟาไดคาร์บอนิล ส่วนที่สองเมื่อให้ความร้อนจะเกิดสาร H_2S และ CH_3SH

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Partition coefficient ; k)

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Partition coefficient ; k) ของสาร คือ อัตราส่วนที่แสดงความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ในสถานะของแข็งหรือของเหลว ต่อความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ในสถานะก๊าซ ณ สภาวะสมดุล

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Partition coefficient ; k)} = \frac{C_s}{C_g}$$

โดยที่ C_s = ค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ในสถานะของแข็งหรือของเหลว

C_g = ค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ในสถานะก๊าซ

เมื่อคำนวณค่า k มีค่าน้อยแสดงว่าสารตัวอย่างสามารถระเหยกลายเป็นไอได้มากแต่ถ้าค่า K มีค่ามากแสดงว่าสารตัวอย่างสามารถระเหยกลายเป็นไอได้น้อย

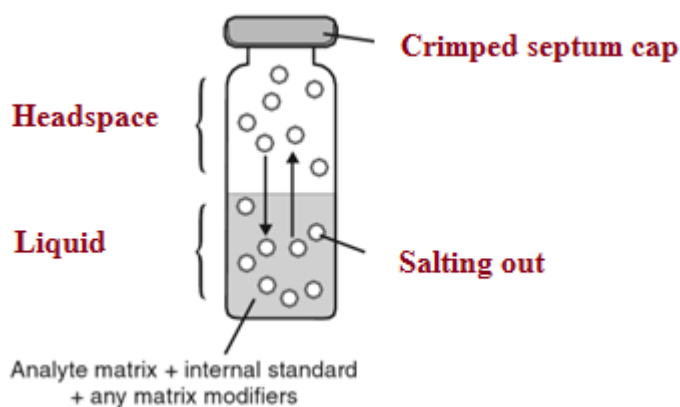
ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายในตัวทำละลายทั่วไป

Solvent	K value
Cyclohexane	0.77
n-Hexane	0.14
o-xylene	2.44
Toluene	2.82
Benzene	2.90
n-butyl acetate	31.40
Ethyl acetate	62.40
Isopropanol	825.00
Ethanol	1355.00
Dioxane	1618.00

สารประกอบที่มีค่า K ต่ำ เช่น Cyclohexane ในน้ำที่ $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ มี ค่า $K = 0.77$ จะระเหยกลายเป็นไอได้ดี ทำให้สัญญาณจากการตรวจวัดด้วย แก๊สโครมาโตกราฟีเพิ่มขึ้น ส่วนสารประกอบที่มีค่า K สูงเช่น Dioxane ในน้ำที่อุณหภูมิ $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ มี ค่า $K = 1618$ จะระเหยกลายเป็นไอได้ยาก ทำให้สัญญาณการตรวจวัดด้วยแก๊สโครมาโตกราฟีต่ำ

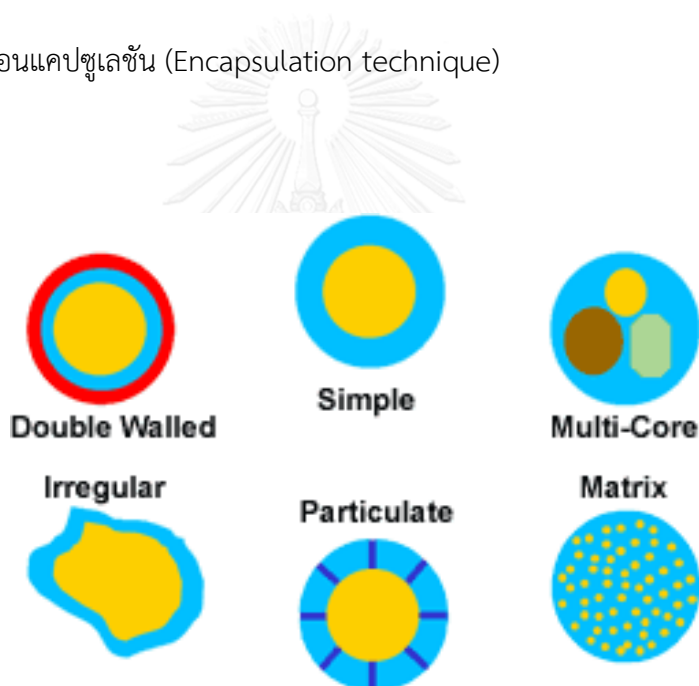
ในทางปฏิบัติการที่ค่า K ต่ำลง สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิเช่นจาก $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็น $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือ $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นต้น หรืออีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ค่า K ลดลงได้โดยการเติมเกลืออนินทรีย์ (Salting Out) ลงไปในสารละลายตัวอย่างจนเกลือมีความเข้มข้นสูง จะช่วยลดความสามารถในการละลายของสารระเหยอินทรีย์ที่มีขั้ว เกลืออนินทรีย์ที่นิยมใช้ในการทำ salting out ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (NH_4SO_4) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เป็นต้น

อย่างไรก็ดี กรณีสารตัวอย่างที่มีค่า K ต่ำอยู่แล้ว เมื่อเติมเกลือลงไปจะทำให้ค่า K เปลี่ยนแปลงไม่มาก



รูปที่ 2.2 แสดงการเติมเกลืออนินทรีย์ (Salting Out) ลงไปในสารละลายตัวอย่าง

2.3.1 เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation technique)



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของอนุภาคจากการเอนแคปซูเลชัน

ที่มา www.archive.lib.cmu.ac.th

ในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคลือบ ดังนั้นการเลือกวัสดุที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มสารจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปกป้องสารสำคัญจากความร้อน แสง และอากาศรวมไปถึงปกป้องสารสำคัญจากการระเหยของสาร (Drusch, 2009)

ชนิดของสารที่จะนำมาใช้ในการห่อหุ้มจะต้องมีความเข้ากันได้กับสารที่ต้องการกักเก็บ ทั้งนี้ การเลือกสารเคลือบ ต้องคำนึงถึงความเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำมาเก็บ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 2.2 ชนิดและสมบัติของสารห่อหุ้มที่ใช้ในเทคนิคการเอนแคปซูเลชัน (A. Madene, 2006)

สารเคลือบ	สมบัติ
มอลโทเดกซ์ทริน	การขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (film forming)
สตาร์ชดัดแปลง	การเป็นอิมัลซิไฟเออร์(emulsifier)
กัมอะราบิก	การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มและการเป็นอิมัลซิไฟเออร์
เซลลูโลสดัดแปลง	การขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม (film forming)
ไซโคลเดกซ์ทริน	การเป็นอิมัลซิไฟเออร์และการห่อหุ้ม
เวย์โปรตีน	การเป็นอิมัลซิไฟเออร์(emulsifier)
เลซิทิน	การเป็นอิมัลซิไฟเออร์(emulsifier)

2.4 ชนิดของสารห่อหุ้ม (Ortega-Rivas, 2005)

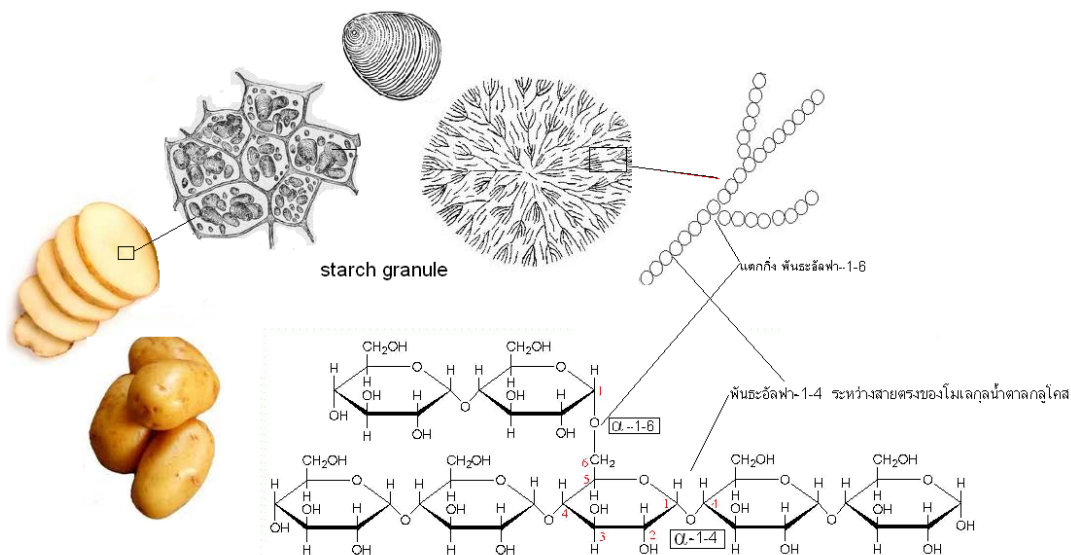
2.4.1 คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้รับความนิยมในการทำการอบแห้งแบบพ่นฝอย เช่น สตาร์ช มอลโทเดกซ์ทริน แป้งข้าวโพด เป็นต้น สารห่อหุ้มชนิดนี้มีความสามารถในการละลายที่ดี ความเข้มข้นสูง ความหนืดต่ำ จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการกักเก็บกลิ่นรส(Mahdavee Khazaei, Jafari, Ghorbani, & Hemmati Kakhki, 2014)

2.4.2 สตาร์ช (Bayram, Bayram, & Tekin)

สตาร์ชคือพอลิแซ็กคาไรด์(polysaccharide) ที่พบในพืช เช่น พืชหัว ถั่วเมล็ดแห้ง ประกอบด้วยมอโนเมอร์ชนิดกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์(glycosidic bond) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปรับโครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต เช่น สตาร์ชดัดแปลง มอลโทเดกซ์ทริน ปีต้าไซโคลเดกซ์ทริน สารกลุ่มนี้นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมอาหารในสารที่ระเหยง่าย (volatile compounds) โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการกักเก็บสารให้กลิ่นรส การกักเก็บสารสามารถทำ

ได้ใน 2 รูปแบบ คือ 1. Inclusion complex 2. เกิดปฏิกิริยาบริเวณขั้ว (polar) เกี่ยวกับพันธะไฮโดรเจนของสารให้กลืนรสบกับหมู่ไฮดรอกซิลของสตาร์ช



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrins)

ที่มา www.science.mju.ac.th

2.4.3 มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin)

มอลโทเดกซ์ทริน คือ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ดังรูปที่ 2.3 ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี (Mahdavee Khazaei et al., 2014)

กรรมวิธีการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน

มอลโทเดกซ์ทริน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch hydrolysate) วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตมอลโทเดกซ์ทรินคือ สตาร์ช (starch) จากพืชต่างๆ เช่น สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด (corn starch) สตาร์ชมันฝรั่ง (potato starch)

ขั้นตอนแรก คือการเตรียมสารละลายสตาร์ช (starch slurry) และให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชเกิดการสุก (gelatinization) แล้วจึงย่อยสตาร์ช (starch hydrolysis) ให้มีโมเลกุลเล็กลง ทำได้โดยการใช้เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ชนิด แอลฟา-อะไมเลสแล้วจึงนำไปกรอง (filtration) และทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เข้มข้น (concentration) และทำแห้ง (dehydration) ให้เป็นผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) (Fernandes, Borges, & Botrel, 2014)

ธนิตชัย (2552) ศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิและเวลาของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยของสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) และศึกษาผลของผนังห่อหุ้มของมอลโทเดกซ์ทรินด้วย (DE10 และ DE20) ต่อปริมาณ C-phycoerythrin เมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160-200 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สูญเสียโปรตีนน้อยกว่าอุณหภูมิอื่น และการใช้มอลโทเดกซ์ทรินที่ DE20 มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้ดีกว่ามอลโทเดกซ์ทริน DE10 โดยยังใช้ dextrose equivalent มากยังสามารถรักษาปริมาณ C-phycoerythrin ได้ดี (ปรัชญาถาวรกุล)

2.4.4 กัมอะราบิก (Gum Arabic)

กัมอะราบิก (Gum Arabic) เป็นสารที่ได้จากน้ำยางพาราจากพืชสกุลอะคาเซีย (*Acacia*) โดยเป็นสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ โดยกัมเป็นสารที่ละลายในน้ำแต่ไม่ละลายในน้ำมันและสารอินทรีย์ จึงมีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) จึงนำไปเป็นสารตัวพาในการทำกรอกเก็บกลิ่นสาร (Flavor encapsulation) กัมจึงเหมาะในการกักเก็บน้ำมันพืชเช่น sunflower oil, oleic acid, rapeseed oil, grapes pip oil โดยใช้สารห่อหุ้มชนิด กัมอะราบิกผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน (Turchiuli 2005)

2.4.5 แป้งดัดแปลง (Modified Starch)

แป้งดัดแปลง (Modified Starch) เป็นแป้งที่ได้จากการไฮโดรไลซ์ด้วยกรด มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยทำเป็นสารห่อหุ้มของน้ำมันในน้ำ สามารถละลายในน้ำได้ดีและไม่มีการตกตะกอน

2.5 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) maillard reaction

แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยา Maillard เกิดขึ้นครั้งแรก ปี ค.ศ.1912 โดย Louis Maillard นักเคมีชาวฝรั่งเศส เป็นคนแรกที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์การเกิดสารสีน้ำตาล หลังจากให้ความร้อนแก่สารละลายผสมของ glucose กับ glycine

ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปรากฏการณ์ทางเคมีที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสในการปรุงอาหาร ซึ่งบางครั้ง เรียกว่า ปฏิกิริยาการเกิดสารสีน้ำตาล (browning reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซิง (Reducing sugar) เช่น glucose หรือ fructose ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน (amino acid) โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

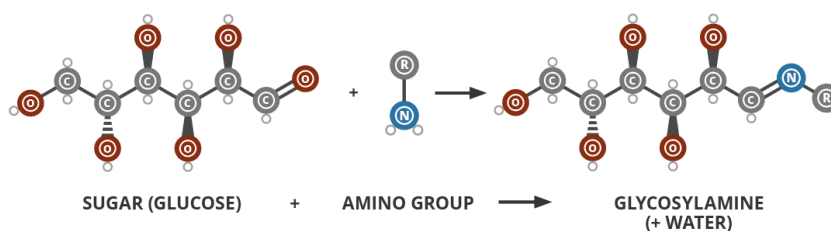
สารประกอบหลายชนิดที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่มีสีน้ำตาลและให้กลิ่นรส ซึ่งเกิดจากการทอด การอบ การย่าง นอกจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด จะมีความสำคัญต่อสี ยังมีกลิ่นหอมอีกด้วย เช่น การคั่วเมล็ดกาแฟ ช็อคโกแลต ท็อปปิ้ง น้ำปลา เป็นต้น

ปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่พบในอาหาร ไม่ว่าจะเป็น ขั้นตอนระหว่างผลิตอาหาร และขั้นตอนการเก็บรักษา ปฏิกิริยาสีน้ำตาล อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นรส หรืออาจมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ

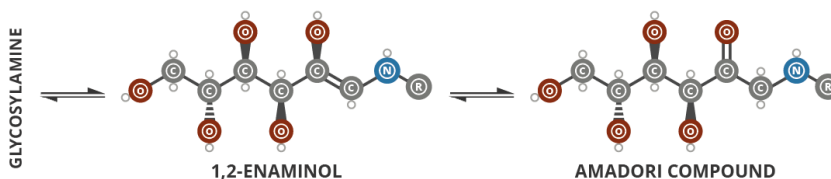


รูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์อาหารที่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด
ที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/>

- 1** The carbonyl group on a sugar reacts with a protein or amino acid's amino group, producing an N-substituted glycosylamine.



- 2** The glycosylamine compound generated in the first step isomerises, by undergoing Amadori rearrangement, to give a ketosamine.



- 3** The ketosamine can react in a number of ways to produce a range of different products, which themselves can react further.



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิดเมลลาร์ด
ที่มา www.chemistry738.rssing.com

ประเภทของปฏิกิริยาสีน้ำตาล มี 2 ประเภท คือ

ประเภทที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning) ปฏิกิริยาสีน้ำตาลประเภทนี้เกิดในผักและผลไม้สด โดยไม่มี Protein เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา

ประเภทที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non - enzymatic browning) มี 3 ชนิด คือ Maillard reaction เป็นปฏิกิริยาระหว่าง reducing sugar กับ amino acid ของ protein ได้ผลิตผลในรูปแบบของ glucose-amino compound Ascorbic Acid เป็นปฏิกิริยา oxidation ของวิตามินซี ซึ่งอาจเกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจน

Caramelization เกิดจากน้ำตาลได้รับความร้อนสูงเกินจุดหลอมเหลว มีผลต่อ monosaccharide เปลี่ยนไปอยู่ในรูป 1,2 enol form ได้ผลิตผลเป็น caramel

ขั้นตอนของกระบวนการ Maillard reaction มี 5 ขั้นตอน คือ

1. น้ำตาลรีดิซิง รวมตัวกับหมู่อะมิโนของกรดอะมิโน จะได้ไกลโคซิลเอมีน
2. เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน จะได้อิมีน (imines) เมื่อเรียงตัวใหม่ จะได้ Amadori rearrangement ได้ aldoseamine เรียกว่า Amadori compound
3. เกิดปฏิกิริยา enolization ของ Amadori compound จะได้แอมิโนซูการ์
4. เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน ได้เป็นอนุพันธ์ furan
5. อนุพันธ์ furan วงแหวน จะเกิดพอลิเมอร์ไรซ์ ได้สารสีน้ำตาลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะไม่ละลายในน้ำ

โดยทั่วไป ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา Maillard จะมีทั้งพอลิเมอร์ ที่จะละลายในน้ำและไม่ละลายในน้ำ

2.6 ระบบสี LAB *

ระบบสี (Color Model) ที่ใช้กันทั่วไปมี 4 ระบบ คือ RGB ,CMYK, HSB และ LAB * ระบบ RGB เป็นระบบที่ประกอบด้วย 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน ระบบ CMYKเป็นระบบสีที่ประกอบด้วย 4 สีหลัก คือ น้ำเงินเขียว ม่วงแดง เหลือง และดำ ระบบสี HSB เป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นและการรับรู้ของมนุษย์มากที่สุด ส่วนระบบ LAB * เป็นระบบที่แทนค่าสี โดยอาศัยหลักทฤษฎีสีคู่ตรงข้าม มี 3 คู่สี คือ

ค่า L คือ ค่าที่บ่งบอกความสว่างของสี คือ ขาวและดำ อยู่ระหว่าง 0-100

ถ้า L = 0 ดำ

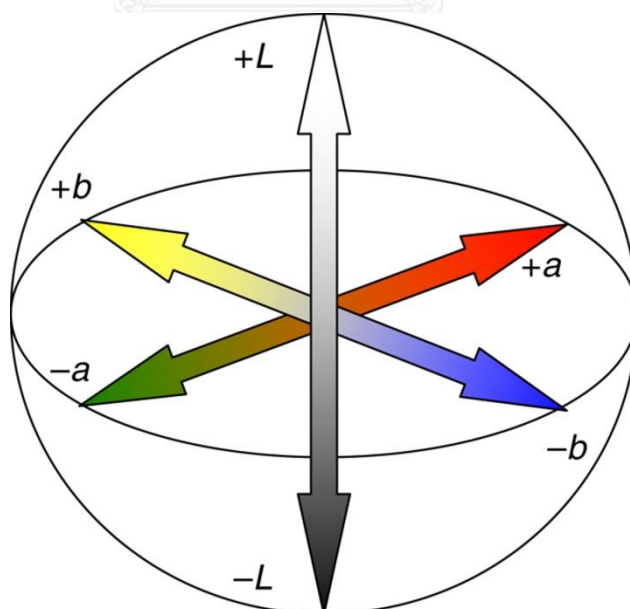
ถ้า L = 100 ขาว

ค่า a* คือ ค่าที่เป็น - บอกถึงความเป็นสีเขียว

ค่า a* คือ ค่าที่เป็น + บอกถึงความเป็นสีแดง

ค่า b* คือ ค่าที่เป็น - บอกถึงความเป็นสีน้ำเงิน

ค่า b* คือ ค่าที่เป็น + บอกถึงความเป็นสีเหลือง



รูปที่ 2.7 สเกลสี Lab * ซึ่งมีลักษณะของ color space

ที่มา www.ptocurd.modernvintageclothes.com

สเกลสี่ Lab เกิดจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ชื่อ Adams-Nickerson เมื่อปี ค.ศ.1976 โดยมีสูตรดังนี้

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

ΔE (ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี) ซึ่ง L_1^* a_1^* b_1^* คือค่าสีเริ่มต้นก่อนอบแห้งแบบพ่นฝอย
 L_2^* a_2^* b_2^* คือค่าสีภายหลังการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ประโยชน์ของการวัดค่าสี เพื่อใช้ในการตรวจสอบความคงตัวของอาหาร

2.7 กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมักอยู่ในรูปที่พร้อมใช้งานได้เลยและสามารถเก็บรักษาได้ง่ายและนาน ซึ่งวิธีการที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการเก็บรักษาก็คือการทำให้อยู่ในรูปของแห้งส่วนวิธีการที่นิยมใช้ในการทำแห้งวิธีหนึ่งก็คือการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dry) โดยมีเครื่องมือที่ใช้คือเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) มักใช้วิธีนี้กับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น นมผง ไข่ผง อาหารเด็ก เนื้อวัวสกัด โปรตีนสกัดและผลิตภัณฑ์ยา เช่น ยาผงสมุนไพร เป็นต้น

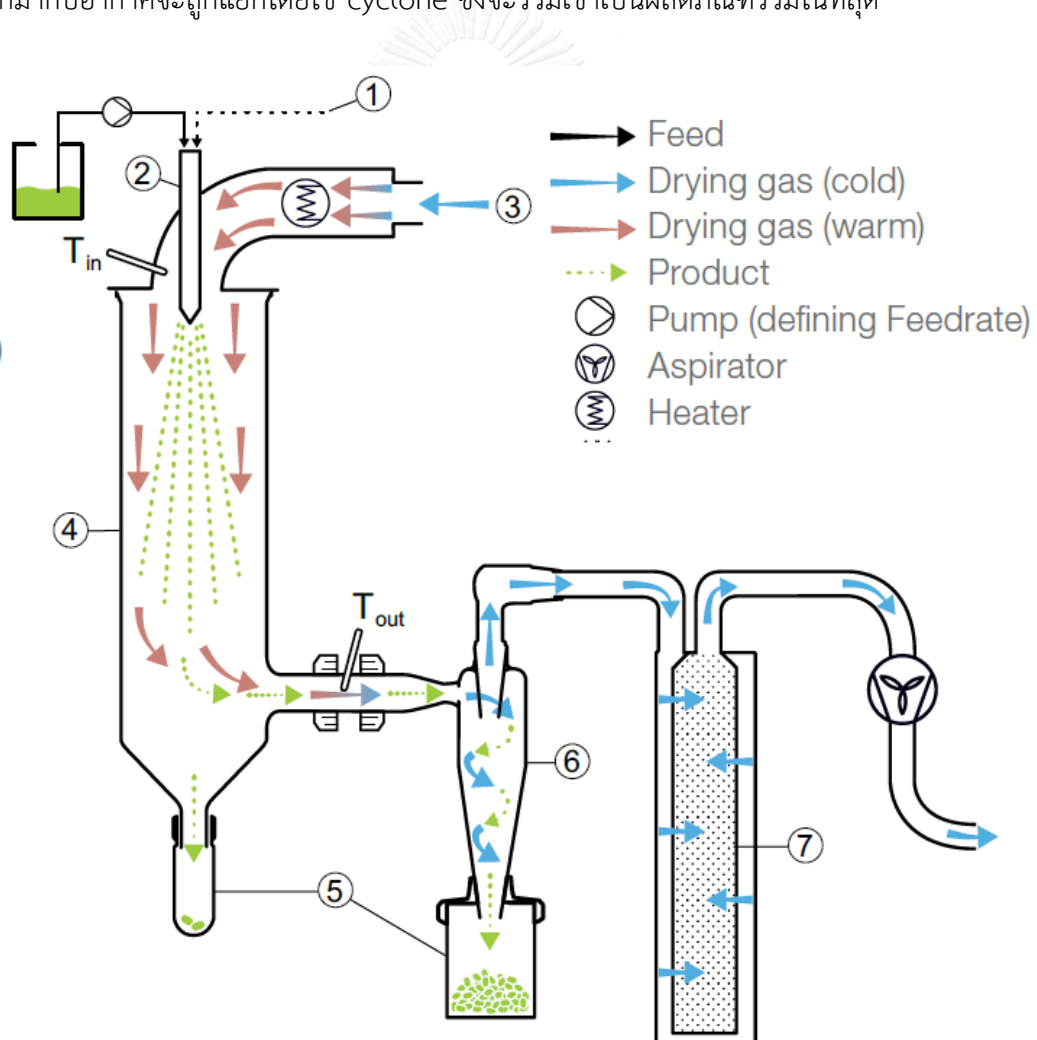
เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dry) เป็นวิธีการที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์ สารประเภท emulsion และของเหลวชนิดต่างๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้งมักใช้วิธีนี้ในอุตสาหกรรมทางเคมีและอาหารผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผงอาหารเด็ก ยา และสีย้อม การทำแห้งด้วยวิธีนี้นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้วยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากในการลดขนาดและปริมาตรของของเหลวอีกด้วยและจากการวิจัยและพัฒนาที่ต่อเนื่องกันมาทำให้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยกลายเป็นวิธีการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพและนิยมนำมาใช้ทำแห้งให้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดในปัจจุบัน (Masters, 1991)

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อน กระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลว (feed) ออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็วทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมด และได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้งสำหรับกระบวนการทำแห้งให้กับ feed นั้น จะเริ่มทำตั้งแต่ใส่ feed ลงในเครื่องแล้วรอจน feed มีความชื้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละอองจากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมาสำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งนั้น

สามารถใช้ได้ทั้งที่เป็น ตัวทำละลายสารประเภท emulsion หรือสารแขวนลอยก็ได้ ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

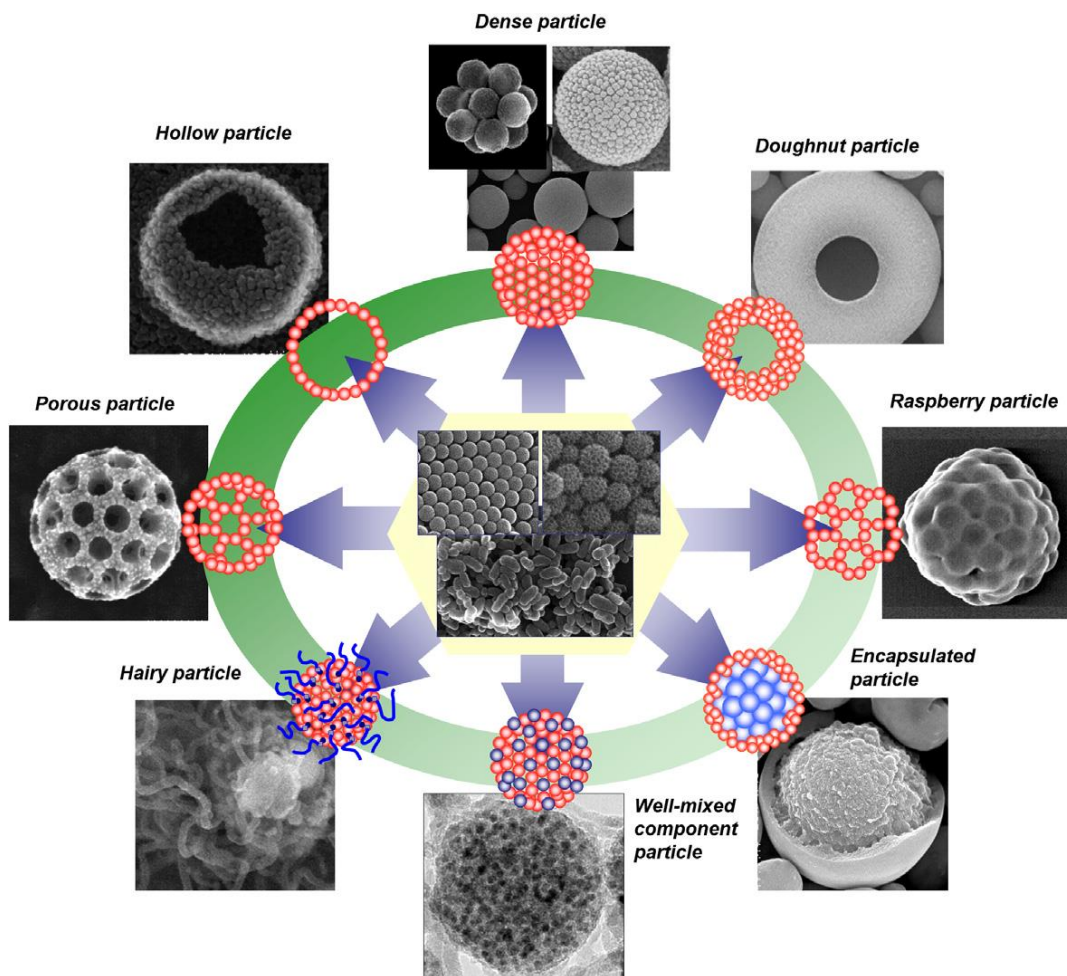
2.7.1 การทำงานของเครื่อง Spray Dryer

การทำงานของเครื่อง Spray Dryer รูปที่ 2.4 เริ่มจากอากาศจะถูกดูดผ่านตัวกรองและผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (drying chamber) ส่วนตัวอย่างของเหลว (feed) ที่นำมาฉีด ควรมีลักษณะเหลวและไม่ข้นมาก จากนั้นของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยคือ atomizer ภายในห้องอบเมื่อละอองสัมผัสกับอากาศร้อนจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วและจะได้ผงของผลิตภัณฑ์ตกลงสู่ด้านล่างของ drying chamber ผงบางส่วนที่หลุดออกมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ cyclone ซึ่งจะรวมเข้าเป็นผลิตภัณฑ์รวมในที่สุด



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของอนุภาคในรูปทรงหลากหลายที่ได้จากวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย
(Asep Bayu Dani Nandiyanto, 2011)

2.8 ขั้นตอนกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยของเครื่อง Spray Dryer

2.8.1 การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed)

กระบวนการนี้เป็นการทำให้ feed กระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้ atomizer ซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่อง spray dryer ซึ่งมี 3 ชนิด คือ

หัวฉีดแบบหมุน (Rotary Atomizers)

หัวฉีดส่วนพ่นฝอยจะมีลักษณะคล้ายงานหมุนหรือวงล้อซึ่งสามารถหมุนได้ ดังรูปที่ 2.6 โดยงานหมุนจะมีความเร็วรอบประมาณ 5,000-10,000 รอบต่อนาที ซึ่งของเหลวจะไหลออกมารอบหัวฉีดแล้วถูกเหวี่ยงออกไปยังเส้นรอบวงได้ด้วยความเร็วในการหมุนของหัวฉีด โดยการไหลจะเป็นระบบที่ความดันหัวฉีดต่ำ จากนั้นของเหลวจะหลุดออกจากงานหมุนกลายเป็นละอองฝอยกระจายตัวในช่องอบแห้ง(drying chamber)ซึ่งคุณสมบัติของสารและขนาดอนุภาคที่อบแห้งได้นั้นจะขึ้นกับอัตราการป้อนสาร ความเร็วในการหมุน ขนาดของอนุภาคสาร ชนิดของสาร ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วขนาดอนุภาคของสารจะอยู่ในช่วง 30-150 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการป้อนสารและความหนืดของของเหลว แต่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการของงานหมุน



รูปที่ 2.10 Rotary Atomizer

ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

หัวฉีดแบบแรงดัน (Pressure Nozzles Atomizer)

Atomizer ชนิดนี้ feed จะไหลผ่านช่องของหัวฉีดภายใต้ความดันสูงทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอย ดังรูปที่ 2.13 ได้โดยไม่ต้องใช้อากาศอนุภาคที่ได้จะมีขนาดเล็กประมาณ 120-250 ไมครอนโดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของ feed และความหนืดแต่จะแปรผกผันกับความดัน



รูปที่ 2.11 Pressure Nozzles Atomizer
ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

Two-fluid Nozzle Atomizer (Pneumatic Nozzle Atomizer)

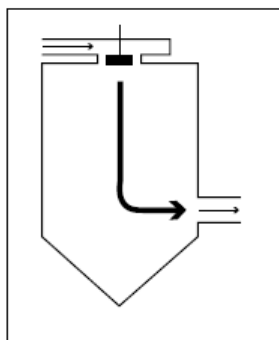
Atomizer ชนิดนี้ feed และอากาศจะไหลผ่านหัวของ nozzle ซึ่งจะทำให้ feed แยกเป็นละอองฝอยเนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายใน nozzle การปรับอัตราการไหลของอากาศ จะช่วยในการกระจายเป็นละอองของ feed วิธีนี้นิยมใช้กับ feed ที่มีความหนืดสูง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

2.8.2 การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ

ขั้นตอนนี้ ละอองของ feed ที่ถูกฉีดออกมาจะสัมผัสหรือเข้าผสมกับอากาศร้อน และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของ Atomizer กับอากาศแห้งๆเข้าจะสามารถแบ่งรูปแบบของการสัมผัสกับอากาศร้อนได้ ดังนี้

การไหลผ่านทางเดียวกัน (Co-current flow) (AG, 2013)

ทิศทางการฉีด feed เป็นทิศทางเดียวกับการไหลของอากาศร้อนดังรูปที่ 2.14 ละออง feed จะสัมผัสและผสมเข้ากับกับอากาศร้อนขณะที่ยังมีความชื้นสูงหรือมีน้ำภายในอนุภาคมากอยู่จากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ระเหยทันทีจนกลายเป็นผงวิธีนี้เป็นวิธีการทำแห้งของเครื่อง Spray Dryer โดยทั่วไป

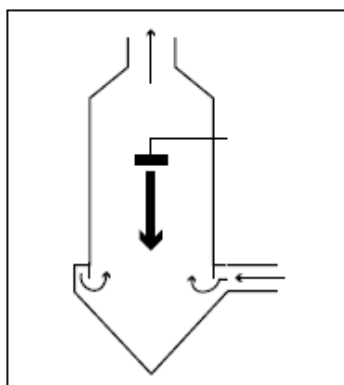
Co-Current flow

รูปที่ 2.12 การไหลผ่านทางเดียวกัน

ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

การไหลผ่านสวนทางกัน (Counter-current flow)

ทิศทางการฉีด feed เป็นทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของอากาศร้อนดังรูปที่ 2.15 โดย feed จะถูกฉีด ลงมาจากด้านบนในขณะที่อากาศร้อนจะไหลขึ้นจากด้านล่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความร้อนสูงมากวิธีนี้จึงเหมาะเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อความร้อนสูงเท่านั้น

Counter-Current flow

รูปที่ 2.13 การไหลผ่านสวนทางกัน

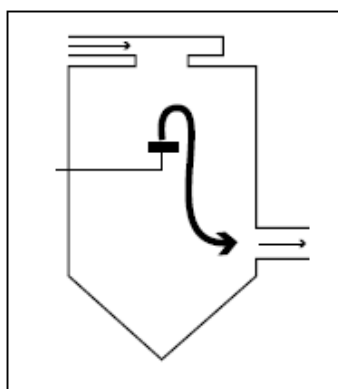
ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

การไหลผ่านแบบผสมผสาน(Combined flow)

การไหลของ feed จะเคลื่อนที่ผ่านทั้งห้อง Co-current และ Counter-current วิธีนี้เหมาะสำหรับทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงหยาบและทนความร้อนได้สูงมากข้อดีของทั้งสองในการฉีดพ่นจะ

รวมกัน ดังรูปที่ 2.16 ผลิตภัณฑ์จะถูกพ่นขึ้นไปและยังคงอยู่ในโซนร้อนในระยะเวลาที่สั้นในการขจัดความชื้นที่เหลือ แรงแม่ถ่วงจะดึงผลิตภัณฑ์ให้ตกลงมาสู่โซนที่เย็น เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์จะอยู่ในโซนร้อนในช่วงเวลาสั้นดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง

Combined



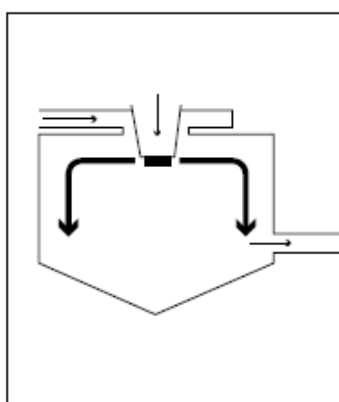
รูปที่ 2.14 การไหลผ่านแบบผสมผสาน

ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

การไหลผ่านแบบจานหมุน (Disk atomizer)

วัสดุที่จะพ่นผ่าน atomizing ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งกำลังหมุนอย่างรวดเร็วติสก์และจะถูกแปลงเป็นผงอนุภาคอนุภาคแห้งจะไหลผ่านในทิศทางเดียวกัน ทิศทางผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการปฏิบัติด้วยความระมัดระวังเช่นเดียวกับการไหลแบบทิศทางเดียวกัน

Disk atomizer (rotary wheel)



รูปที่ 2.15 การไหลผ่านแบบจานหมุน

ที่มา: BÜCHI Labortechnik AG. (2013)

2.8.3 การระเหยของละอองฝอย

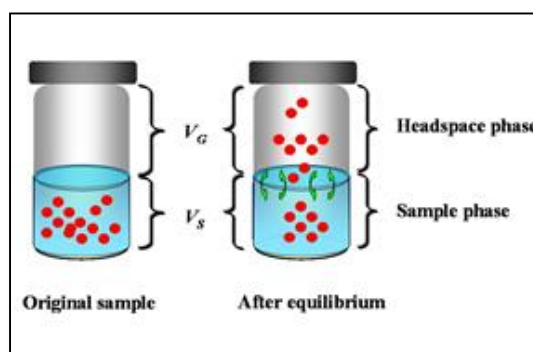
เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการระเหยในชั้นไอน้ำอิ่มตัวบริเวณผิวของละอองอย่างรวดเร็วโดยจะมีอุณหภูมิที่ผิวของละอองอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอุณหภูมิอากาศแห้งและจะแพร่เข้าสู่ชั้นผิวด้านในซึ่งอยู่ในสภาวะอิ่มตัวช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่อัตราการระเหยคงที่จนกระทั่งความชื้นอยู่ในระดับต่ำและไม่มีการแพร่เข้าสู่ผิวด้านในแล้วซึ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นแห้งหนาขึ้นตามเวลา และมีอัตราการระเหยลดลง

2.8.4 ขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ

การแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอากาศนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้ Cyclone เป็นตัวเก็บผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่าง ส่วนอากาศที่ออกจากด้านบนของ cyclone จะผ่านไปยังตัวเก็บขั้นสุดท้ายซึ่งอาจเป็น wet scrubber, bag filter หรือ electrostatic precipitator ขึ้นอยู่กับปริมาณผงที่มี และประสิทธิภาพการนำกลับมา

2.9 หลักการสกัดกลั่นด้วยวิธี Headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) (Bernhard, 1996)

HS-SPME เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารกลั่นอาหารในอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้ไฟเบอร์ที่ผลิตโดยสารดูดซับชนิดต่างๆดูดซับให้กลั่นรสจากส่วนของอากาศที่ลอยเหนือขวด vial โดยจะนำสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบบรรจุลงในขวด vial จากนั้นปิดด้วยยางเซปตัมแล้วปิดด้วยฝาอะลูมิเนียม นำสารตัวอย่างไปตั้งอบเพื่อให้สารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบระเหยกลั่นรสทางอาหาร ถัดมาจึงนำเข็ม SPME ปักลงในขวด โดยไฟเบอร์จะดูดซับสารให้กลั่นรสบริเวณอากาศที่เหนือตัวอย่าง จากนั้นจึงนำเข็ม SPME ไปคายซับโดยใช้เครื่อง gas chromatography (GC) และ gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) (C.W. Ho, 2006)



รูปที่ 2.16 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลั่นรสโดยเทคนิค HS-SPME

2.9.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ก่กลิ่นรส ด้วยเทคนิค Head space-solid phase microextraction

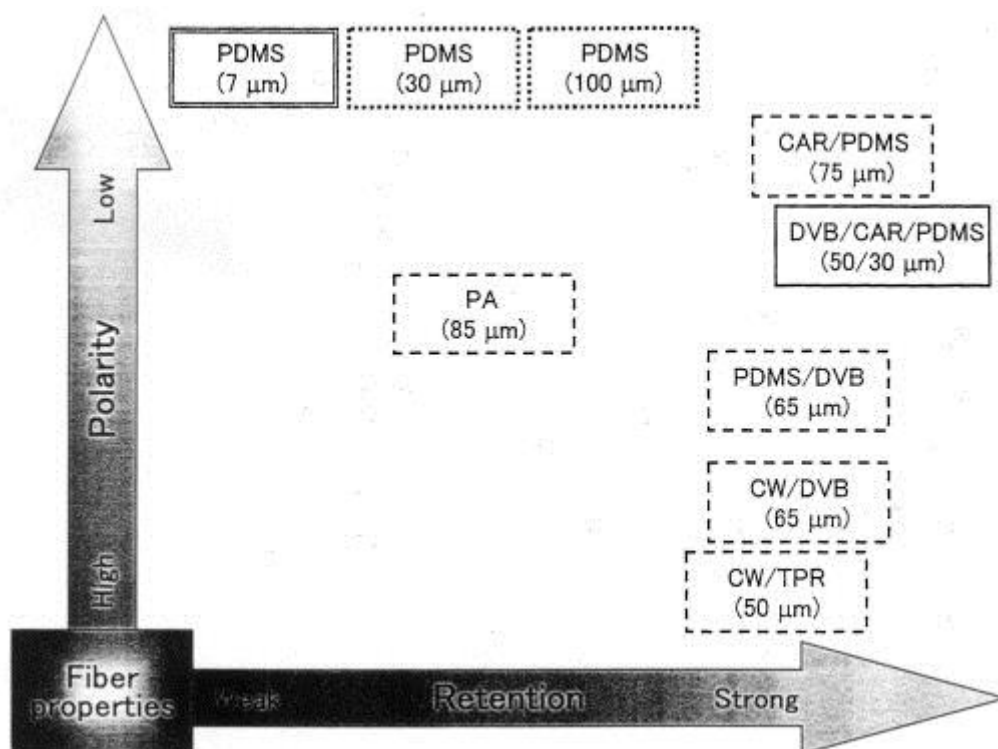
1. ชนิดของไฟเบอร์

ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบสารให้กลิ่นรส จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ชนิดของไฟเบอร์ต่างกัน เนื่องจากไฟเบอร์จะมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นโดยหลักการของ like prefers like ตามตารางที่ 2 และรูปที่ 2.19 เช่นไฟเบอร์ชนิด polyacrylate (Tae Young Kwon)จะเหมาะกับการวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสที่มีขั้วมากเช่นแอลกอฮอล์และฟินอลส่วนสารให้กลิ่นรสกลุ่มที่ไม่มีขั้วเหมาะสำหรับไฟเบอร์ชนิด polydimethylsiloxane (PDMS) หรือหากจะเป็นไฟเบอร์ที่มีการผสมเช่น divinylbenzene (DVB) และcarboxen (López-Nicolas JM) จะเป็นไฟเบอร์ที่เหมาะสมในการสกัดสารให้กลิ่นรสที่มีมวลโมเลกุลต่ำและเป็นสารให้กลิ่นรสที่มีขั้ว(Tae Young Kwon 2013)

ตารางที่ 2.3 ชนิดของไฟเบอร์ต่อสารที่นำมาวิเคราะห์

สารดูดซับ	สมบัติของสารที่นำมาวิเคราะห์
Polyacrylate (Tae Young Kwon)	สารที่มีขั้วสูง เช่น ฟินอล
Carboxen/polydimethylsiloxane	สารระเหย
Carboxen/divinylbenzene	สารที่มีขั้วโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แอลกอฮอล์
Carboxen/resin	ของเหลว
Divinylbenzene/carboxen/ Polydimethylsiloxane	สารที่มีขั้วเหมาะกับสารที่มีคาร์บอนในช่วงคาร์บอนอะตอม 3-20
Polydimethylsiloxane	สารที่ไม่มีขั้ว
Polydimethylsiloxane/divinylbenzene	สารที่มีขั้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เอมีน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Reineccius (2007)



รูปที่ 2.17 คุณสมบัติของไฟเบอร์ต่อการดูดซับ

ทีมา (Hiroyuki Kataoka 2000)

โดยรูปแบบองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสจะขึ้นกับชนิดความหนาและความยาวของไฟเบอร์ที่ใช้ทดสอบรวมทั้งเวลาและอุณหภูมิในการดูดซับสารให้กลิ่นรสของไฟเบอร์และการวิเคราะห์สารให้กลิ่นรสที่มีซ้ำจำเป็นต้องใช้ไฟเบอร์แบบผสม โดยการเปรียบเทียบต้องมีการเปรียบเทียบจากไฟเบอร์ที่มีองค์ประกอบเดียวกันในการทดสอบตัวอย่าง (C.W. Ho, 2006)

2. ความเข้มข้นของเกลือ

การเติมเกลือในเฟสของเหลวของสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์จะเพิ่มสัมประสิทธิ์การกระจายตัวระหว่างไฟเบอร์และสารตัวอย่าง ผลที่ได้จะเพิ่มปริมาณสารที่ต้องการสกัดได้เพิ่มขึ้น

3. อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

ที่อุณหภูมิสูง สารที่ถูกวิเคราะห์จะเคลื่อนตัวไปบริเวณส่วนของอากาศเหนือขวด Vial (Headspace) ทำให้สามารถสกัดสารได้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของไฟเบอร์และสารตัวอย่างจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

2.10.1 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิค Head space-solid phase microextraction

Mandeville et al.(1992) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์กลิ่นของเศษเหลือจากกุ้งโดยใช้เทคนิค GC-MS พบสารให้กลิ่นรสรวมทั้งสิ้นจำนวน 44 ชนิด โดยมีองค์ประกอบของหมู่ฟังก์ชันได้แก่ กรดไขมัน เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ และเฮเทอโรไซคลิก เป็นต้น โดยประกอบด้วยสารให้กลิ่นรสถั่ว (nutty) ผลไม้ (fruity) ดอกไม้(floral) กลิ่นไม้สีเขียว(green woody) และกลิ่นเนื้อ (meaty) ลักษณะของกลิ่นดังกล่าวเป็นลักษณะสำคัญของกลิ่นกุ้ง (Mandeville, Yaylayan, & Simpson, 1992)

Puviprom และคณะ (2003) ได้ทำการวิเคราะห์สารระเหยในกาแฟโดยใช้ GC-MS ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งพบสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นกาแฟจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ 2,3-pentanedione ให้กลิ่นกาแฟ 2-ethyl-3,5- dimethylpyrazine ให้กลิ่นเนยถั่ว 2-ethyl-6-methylpyrazine ให้กลิ่นถั่วเนย 2-ethyl-3-methylpyrazine ให้กลิ่นข้าวโพดคั่ว 5-methylfurfural และ 2-furanmethanol ให้กลิ่นหมิ่นเขียว 2-methoxyphenol ให้กลิ่นพริกคั่ว และ N-furfuryl pyrrole ให้กลิ่นคั่ว คีโตน 4 ชนิด อัลดีไฮด์ ซึ่งสารระเหยที่มีปริมาณสูงที่สุด ได้แก่ ไพราซีน พูแรน ฟีนอล และไพริดีน ตามลำดับ (Puviprom, 2003)

C.W. Ho และคณะ (2006) ได้ศึกษาเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่เหมาะสมรวมถึงเวลาและประเภทของเส้นใย สำหรับการวิเคราะห์สารระเหยน้ำตาลปีบโดยใช้เทคนิค microextraction (HS-SPME) และวิเคราะห์โดยเครื่อง GC- MS) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 30 , 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เวลา 10 , 20, 30 และ 40 นาที และชนิดสารเคลือบเส้นใย คือ polydimethylsiloxane (PDMS) polydimethylsiloxane / divinylbenzene (PDMS / DVB) divinylbenzene / carboxen / polydimethylsiloxane (DVB / CAR / PDMS) และ พอลิเมออร์ (PA) ผลการศึกษาพบกลุ่มสารระเหยสำคัญในน้ำตาลปีบคือ N- heterocyclic และ O- heterocyclic ในการตรวจสอบพบว่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการทดสอบที่ 10 นาที และใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB / CAR / PDMS มีความเหมาะสมที่สุดในการศึกษาวิจัย

Baranauskiene et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการกักเก็บน้ำมัน oregano (*Origanum vulgare* L.) สารสกัดกลิ่นหอมระเหยของ citronella (*Cymbopogon nardus* G.) และ sweet majoram (*majorana hortensis* L.) ด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยได้ใช้สารทอหุ้ม 2 ชนิด ได้แก่ หางนม และ เวย์โปรตีน พบว่าในการกักเก็บ oregano ในหางนมมีความคงตัวสูงถึง ร้อยละ 80.2 และในการกักเก็บ sweet majoram ในเวย์โปรตีนได้ที่ร้อยละ 54.3 ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยของกลิ่นรสจากอนุภาคนาโนได้วิเคราะห์โดยเครื่อง GC โดยสกัดกลิ่นโดยใช้วิธี

HS-SPME โดยพบว่าชนิดไฟเบอร์ที่เหมาะสมในการสกัดกลิ่นน้ำมันหอมระเหยคือไฟเบอร์ชนิดมีข้าว (Alvarenga Botrel, 2012)

Chitsamphandhvej และคณะ(2009) ได้ศึกษาวิเคราะห์ชนิดขององค์ประกอบกลิ่นจากดอกกลีลาวดีด้วยเทคนิค เทคนิคเฮดสเปซโซลิดเฟสไมโครเอ็กแทรคชัน/แก๊สโครมาโตกราฟี(HS-SPME/GC-MS)ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส โดยพบสารอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ เอสเทอร์และ เทอร์พีน โดยสารที่พบในกลิ่นดอกกลีลาวดีมากที่สุดคือ L-Linalool และ Benzaldehyde (จิตสัมพันธ์เวช, 2005)

Fuggate และคณะ (2010) ได้ศึกษาองค์ประกอบของสารหอมระเหยในแตงเมลอนพันธุ์ลูกผสม โดยใช้เทคนิค HS-SPME ซึ่งใช้เครื่อง GC-MS ในการวิเคราะห์ โดยได้ศึกษาตัวแปรหลักที่มีผลต่อการสกัดแบบโซลิดเฟสไมโครเอ็กแทรคชันโดยนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 25, 30, 40, 50, 60 และ 80 องศาเซลเซียส ในอ่างควบคุมอุณหภูมิรวมกับการกวน เป็นระยะเวลา 1, 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาทีพร้อมทั้งดูดซับสารระเหยด้วยไฟเบอร์ 5 ชนิด ได้แก่ polydimethylsiloxane (PDMS) ขนาด 100 μm , (StableFlex) polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) ขนาด 65 μm , polyacrylate (PA) ขนาด 85 μm , divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) ขนาด 50/30 μm และ carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS) 75 μm หลังจากนั้นวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยง่ายโดยใช้เครื่อง GC ในการวิเคราะห์ผล ซึ่งพบว่าวิเคราะห์สารระเหยจากเนื้อแตงเมลอนแบบ SPME ควรใช้ไฟเบอร์ชนิด PDMS/DVB ความหนา 65 ไมโครเมตร ที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร่วมกับการกวนเป็นเวลา 30 นาที เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์กลิ่นแตงเมลอน (Puwanart Fuggate, 2010)

Lorenzo และคณะ (2014) ได้ทำการวิเคราะห์กลิ่นของสะโพกวัวอบแห้ง โดยใช้เทคนิค HS-SPMEโดยศึกษาผลของไฟเบอร์ 2 ชนิด คือ carboxen/polydimethylsiloxane(CAR/PDMS)และ divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) และเวลาที่ใช้ในการสกัด 15,30,45 นาที พบว่า ไฟเบอร์ชนิด CAR/PDMS สามารถดูดซับกลิ่นได้ปริมาณกลิ่นมากกว่าไฟเบอร์ชนิด (DVB/CAR/PDMS)(1314×10^6 vs. 526×10^6 area units) และไฟเบอร์ชนิด CAR/PDMS พบกลิ่นจำนวน 55 กลิ่น ในขณะที่ไฟเบอร์ชนิด (DVB/CAR/PDMS) พบกลิ่นเพียง 48 กลิ่น โดยจะพบ hexanoic acid, methyl ester; butanoic acid, 3-methyl-, methyl ester และ hexanal ทั้ง 2 ไฟเบอร์ ในผลด้านเวลาที่ใช้ในการสกัดที่ 15 นาทีพบว่าให้ผลที่แตกต่างกับเวลาที่ 30 และ 45 นาที อย่างมีนัยสำคัญ (Lorenzo, 2014)

2.10.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการอบแห้งแบบพ่นฝอยในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

Jirachai (2010) ได้ทำการศึกษาวิจัยการผลิตไมโครแคปซูลของน้ำมันปลาสวายเพาะด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยและวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้อุณหภูมิเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 170, 180, 190 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิอากาศออกที่ 100 องศาเซลเซียส พบว่าคุณสมบัติที่เหมาะสมในการกักเก็บกรดไขมันอยู่ที่ 190 องศาเซลเซียส และพบว่าการทำอบแห้งแบบพ่นฝอยมีความชื้นน้อยกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (วรรณาลัย, 2010)

Yoshii และคณะ (2001) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกักเก็บกลิ่นของสารซึ่งขึ้นกับค่า DE ของมอลโทเดกซ์ตริน ซึ่งค่า มอลโทเดกซ์ตรินที่มีประสิทธิภาพดีในการกักเก็บกลิ่นคือ DE10 และพบว่าเมื่อเพิ่มค่าของ DE 15,20,25 และ 36.5 พบว่าประสิทธิภาพในการกักเก็บกลิ่นลดลง

Shiga และคณะ (2004) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการห่อหุ้มกลิ่นของเห็ดชิตาเกะโดยใช้ไซโคลเด็กซ์ตริน 3 ชนิดในการห่อหุ้มด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ความเข้มข้นของสารห่อหุ้ม 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อตรวจกลิ่นของ lenthionine พบว่าเมื่อใช้ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินจะยังคงมีการคงตัวของกลิ่นได้สูงถึง 49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน และ แกมมาไซโคลเด็กซ์ตรินสามารถเก็บกักโมเลกุลกลิ่นได้เพียง 14 และ 27 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ยังพบว่าเมื่อใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินผสมกับมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 10 ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมีร้อยละการคงตัวของผงแห้งเพิ่มขึ้นถึง 98 เมื่อเทียบกับการใช้มอลโทเดกซ์ตริน 30 เปอร์เซ็นต์ ภายเดียวจะมีร้อยละของกลิ่นคงตัวเพียง 51 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผสมไซโคลเด็กซ์ตรินจะช่วยฟอร์มเป็นชั้นฟิล์ม จึงลดการแพร่ผ่านของโมเลกุลกลิ่น

Krishnan et al. (2005) ได้ทำการศึกษาชนิดของสารห่อหุ้ม กัมอะราบิก มอลโทเดกซ์ตริน และสตาร์ชดัดแปร ในการกักเก็บ cardamom oleoresin โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอยเมื่อทดสอบการคงตัวของกลิ่นเครื่องเทศ 1,8-cineole และ α -terpinyl acetate เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าสัดส่วนที่สามารถกักเก็บกลิ่นได้ดีที่สุดคือ กัมอะราบิกต่อมอลโทเดกซ์ตรินต่อสตาร์ชดัดแปร คือ 4:1:1 โดยพบว่าปริมาณของกัมอะราบิกมีผลต่อการกักเก็บกลิ่นเครื่องเทศ (Krishnan, Bhosale, & Singhal, 2005)

Bayram et al. (2005) ได้ศึกษาการกักเก็บกลิ่นของ Sumac berries โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยมีการใช้สารห่อหุ้มจำนวน 4 ชนิด คือ เกลือแกง (NaCl) น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส และสตาร์ช โดยพบว่าเกลือแกงมีประสิทธิภาพในการกักเก็บดีที่สุด น้ำตาลซูโครสและน้ำตาลกลูโคสเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชันที่พื้นผิวของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย และสตาร์ชเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันของหัวนอสเซิล (Özgür Arslan Bayram, 2005)

Partanen et al. (2005) ได้ศึกษาการทำไมโครเอนแคปซูลของ flaxseed oil โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อที่จะหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้สารห่อหุ้มคือ มอลโทเดกซ์ตริน กัมอะราบิก เวย์โปรตีนเข้มข้น และสตาร์ชปรับปรุง (Hicap 100 และ Capsul) ที่สัดส่วน 25 ต่อ 75 เมื่อผสม MD:Hi cap ให้ประสิทธิภาพในการเอนแคปซูลสูงที่สุด รองลงมาคือ MD : Capsul ในขณะที่ MD: WPC ให้ประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุด เนื่องจากอนุภาคมีล้นไม่คงตัวและอนุภาคมีลักษณะกลวง แต่สามารถปกป้องสารสำคัญจากการออกซิเดชันได้ดีที่สุด เพราะสารสำคัญฝังตัวในผนังของสารห่อหุ้ม และยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อโครงสร้างของอนุภาคทำให้เกิดการยุบตัว ทำให้ออกซิเจนซึมเข้าไปที่ผิวเป็นผลให้เกิดการออกซิเดชันได้เร็วขึ้น (R. Partanen, 2008)

Turchiuli et al. (2005) ได้ศึกษาการกักเก็บน้ำมันพืชได้แก่ sunflower oil, oleic acid, rapeseed oil, grapes pip oil โดยใช้สัดส่วน 5%w/w โดยใช้สารห่อหุ้มชนิด กัมอะราบิกผสมกับมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 3:2 และ 2:3 โดยความเข้มข้นของสารห่อหุ้มร้อยละ 30, 40, 50 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารห่อหุ้มจะได้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ที่สัดส่วน กัมอะราบิกผสมต่อมอลโทเดกซ์ตริน 3:2 พบว่าอนุภาคไม่เป็นทรงกลม เนื่องจากกัมอะราบิกมีความหนืด (Turchiuli C., 2005)

Seda และคณะ (2007) ได้ศึกษาการกักเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินจากแครอทดำ ซึ่งทำโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยการทดลองได้กำหนดอุณหภูมิที่ 160,180,200 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า แอนโธไซยานินจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสจะพบปริมาณแอนโธไซยานินมากที่สุด และได้ทำการทดสอบปริมาณของ DE ของสารห่อหุ้มต่อประสิทธิภาพของการกักเก็บสาร พบว่าที่ DE20-23 ให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บดีที่สุด (Seda Ersus Bilek, 2007)

Klaypradit และ Huang (2008) ได้ทำการศึกษาการกักเก็บอนุภาคของน้ำมันพู่ना โดยการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งโดยใช้ผงโคโคซานผสมกับมอลโทเดกซ์ตรินและเวย์โปรตีน ในสัดส่วน โคโคซานต่อ มอลโทเดกซ์ตรินต่อเวย์โปรตีน 1:10:1 โดยในการทำอิมัลชันระหว่างอนุภาคของน้ำมันปลาและน้ำโดยใช้ tween 80 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ แล้วนำผงน้ำมันปลาเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือนพบว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำมันปลาที่ไม่ได้กักเก็บอนุภาค (Wanwimol Klaypradit, 2008)

Tonon และคณะ (2008) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้า (138-202 องศาเซลเซียส) อัตราการไหลเข้า (5-25 กรัมต่อนาที) และความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ตริน (10-30%) ต่อการกักเก็บผง Acai โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยพบว่าการเพิ่ม

อุณหภูมิขาเข้าจะส่งผลต่อการดูดความชื้นของผลผลิต และในปริมาณการเก็บรักษาแอนโธไซยานินจะต่ำลง เนื่องจากแอนโธไซยานินเป็นสารที่มีความเสถียรต่ำจึงไม่ทนต่อความร้อนสูง และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลเข้า จะส่งผลให้ความชื้นสูงขึ้น จึงทำให้สามารถระเหยน้ำได้ลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของมอลโทเด็กซ์ทรินจะส่งผลให้ผงแอนโธไซยานินมีการดูดความชื้นลดลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจะส่งผลให้การดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง และจากการศึกษาพบว่าเมื่ออุณหภูมิขาเข้าต่ำจะส่งผลต่อลักษณะอนุภาคภายนอกโดยพื้นผิวจะมีลักษณะเหี่ยวย่นจากความชื้น และเมื่ออุณหภูมิขาเข้าสูงจะมีรูปร่างอนุภาคที่เรียบและแข็ง (Tonon RV, 2008)

Mahamaktudsanee และคณะ (2009) ศึกษาการอบแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำมันแมคาเดเมียเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน โดยได้เตรียมอิมัลชันซึ่งใช้สัดส่วนระหว่างสารหล่อหุ้ม:สารสำคัญ คือ (50:50 – 70:30) และใช้ผนังหล่อหุ้มคือ sodium caseinate (NaCas) : maltodextrin ในสัดส่วน (1:3 – 1:5) ความดันในการโฮโมจีไนซ์ 100-300 บาร์ พบว่าอัตราส่วนในการเตรียมน้ำมันแมคาเดเมียที่เหมาะสมคือ NaCas :MD คือ 1:4 สัดส่วนระหว่างสารหล่อหุ้ม:สารสำคัญ คือ 60:40 และความที่ใช้โฮโมจีไนซ์คือ 200 บาร์ และส่วนที่สองในการวิจัยได้ศึกษาอัตราเร็วในการป้อนวัตถุดิบที่ 1-2 kg/hr และอุณหภูมิขาเข้าที่ 160-200 องศาเซลเซียสพบว่าอัตราเร็วในการป้อนวัตถุดิบที่เหมาะสมคือ 1.1 kg/hr และอุณหภูมิลมขาเข้าที่ 167 องศาเซลเซียสโดยไมโครแคปซูลที่ได้เป็นทรงกลม พื้นผิวมีรอยย่น และเมื่อนำผงอนุภาคของน้ำมันแมคาเดเมียที่ได้จากการทำแห้งมาเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่อุณหภูมิ 30-55 องศาเซลเซียสบรรจุลงถุงลามิเนต พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บผงน้ำมันแมคาเดเมียคือ 30 องศาเซลเซียสไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเปอร์ออกไซด์ และที่อุณหภูมิในการทดสอบที่ 45 องศาเซลเซียสและ 55 องศาเซลเซียสจะพบปริมาณเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนแปลงและพบการเหม็นหืน (Mahamaktudsanee, 2009)

Kha และคณะ (2010) ได้ศึกษาการกักเก็บผงเยื่อหุ้มเมล็ดฝักข้าว (Gac aril powder) ซึ่งมี carotenoids ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยศึกษาผลของการอบแห้งอุณหภูมิอากาศขาเข้า (120, 140, 160, 180 และ 200 องศาเซลเซียส) และผลความเข้มข้นของ maltodextrin (10%, 20% และ 30%) ในทางเคมีกายภาพและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฝักข้าว ความชื้นและความหนาแน่นลักษณะสีเนื้อหยาบ carotenoid รวม (TCC) ที่มีประสิทธิภาพและการหล่อหุ้มสารต้านอนุมูลอิสระรวม (TAA) โดยพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้ามีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารหล่อหุ้มจะส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงเช่นกัน ซึ่งพบว่าผงเยื่อหุ้มเมล็ดฝักข้าวจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุดเมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้าที่ 120 องศาเซลเซียสความเข้มข้นมอลโทเด็กซ์ทรินที่ 10 %w/v (Tuyen C. Kha, 2010)

Duangtip (2011) ศึกษาการผลิตผงปรุงรสจากน้ำกะปิตัวด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยและแบบเยือกแข็งโดยใช้วัสดุห่อหุ้ม 3 ชนิดคือ มอลโทเด็กซ์ตริน,สตาร์ช และกัมอะราบิก ในสัดส่วน 2 ต่อ 1 พบว่าผงปรุงรสที่ใช้มอลโทเด็กซ์ตริน 20% มีค่าปริมาณความชื้นสูงที่สุดและมีการจับตัวเป็นก้อนๆ ไม่ต่างกับสตาร์ช 20% อีกทั้งผงปรุงรสที่ได้จากการอบแห้งแบบเยือกแข็งของมอลโทเด็กซ์ตริน 20% มีสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสตาร์ช 20% และสูงกว่าการอบแห้งแบบพ่นฝอย อีกทั้ง การใช้มอลโทเด็กซ์ตริน 20% จะดูดซับความชื้นได้น้อยกว่าการใช้สตาร์ช 20% เมื่อตรวจลักษณะโครงสร้างของอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า อนุภาคของผงปรุงรสที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้มอลโทเด็กซ์ตริน 20% อนุภาคจะมีลักษณะเป็นทรงกลมกลวง ส่วนการใช้สตาร์ช 20% จะมีลักษณะ อนุภาคจะมีลักษณะเป็นทรงกลมกลวง มีผลึกเกลืออยู่บนพื้นผิวของอนุภาค (Sritasaen, 2011)

Idham และคณะ (2011) ศึกษาสารห่อหุ้ม 4 ชนิดคือ มอลโทเด็กซ์ตริน กัมอะราบิก สารผสมมอลโทเด็กซ์ตรินและกัมอะราบิก และแป้ง โดยมีสารสำคัญคือสารสกัดแอนโธไซยานินจากผงกระเจี๊ยบ โดยได้ให้ความร้อนสามระดับ คือ 60, 80 และ 98 องศาเซลเซียสพบว่าการใช้สารผสมมอลโทเด็กซ์ตรินและกัมอะราบิก ทำให้แอนโธไซยานินเสื่อมต่ำยากที่สุดที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส(Idham, 2012)

Kurozawa และคณะ (2011) ศึกษาผลของการทำแห้งแบบพ่นฝอยของโปรตีนไฮโดรไลเสทของเนื้อไก่ โดยศึกษาปัจจัยจากอุณหภูมิอากาศขาเข้าในช่วง 120-200 องศาเซลเซียสและอัตราการป้อนสารขาเข้าที่ 0.10-0.38 kg/hr พบว่าการเพิ่มอัตราขาเข้าจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น และทำให้พลังงานที่ใช้ในการทำแห้งต่ำกว่าการลดอัตราการป้อนจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตสูงขึ้น (Louise Emy Kurozawa, 2006)

Nakchu และคณะ (2013) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสารสำคัญที่ให้กลิ่นรสจากเศษเหลือจากหัวกุ้งขาวด้วยเทคนิค head space-solid phase microextraction (HS-SPME) โดยการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องแมสสเปกโตรโครมากราฟี ซึ่งได้ทำการสกัดสารให้กลิ่นรสจากหัวกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) โดยใช้เอนไซม์โปรตีเอสที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารสกัดหัวกุ้งขาวที่ได้ มาทำการผลิตผงอนุภาคโดยกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิขาเข้า120 องศาเซลเซียสและวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่งโดยชนิดไฟเบอร์ที่ใช้ในการดูดซับสารคือ carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS) ขนาด 85 ไมโครเมตรจากผลการทดลองพบลักษณะสำคัญของสารให้กลิ่นรสจากหัวกุ้งได้แก่ 3-methylbutanal รองลงมาคือ 2-methylbutanal และ 2,3-butanedione ตามลำดับจากนั้นได้ทำการศึกษาการเพิ่มความคงตัวให้แก่สารให้กลิ่นรสหัวกุ้งโดยเทคนิคการกักเก็บ (encapsulation) และผงกลิ่นรสกึ่งที่ผ่าน

กระบวนการเก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสและ 100 องศาเซลเซียสและใช้สารห่อหุ้ม คือ กัมอะราบิกร้อยละ 3 โดยน้ำหนักและมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 10 โดยน้ำหนักที่การปลดปล่อย 55 องศาเซลเซียสพบว่าการใช้ความเข้มข้นสารให้กลิ่นรสหัวกุ้งความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 โดยน้ำหนัก ร่วมกับเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 โดยน้ำหนักพบสารให้กลิ่นรสที่มีมากที่สุด (kwanhathai Nakchu, 2003)

Sirima (2014) การเอนแคปซูลชันของน้ำมันกุ้งโดยใช้ส่วนผสมของเวย์โปรตีนเข้มข้น (WPC) และโซเดียมเคซีเนต (SC) ในสัดส่วน(1: 1, W / W) เป็นวัสดุผนังได้รับการดำเนินการผลกระทบของแกน ต่อ ผนังอัตราส่วนวัสดุ (1: 2 และ 1: 4โดยน้ำหนัก) และโดยปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์เซอร์ที่ความดัน(13.79 และ 27.58 MPa) โดยได้ทดสอบความเสถียรของอิมัลชัน พบว่าขนาดของหยดน้ำมันอิมัลชันลดลงเมื่อมีการเพิ่มความดันในการปั่นด้วยโฮโมจีไนซ์เซอร์ ($P < 0.05$) หลังจากสเปรย์การอบแห้งน้ำมันกุ้งอนุภาคขนาดเล็ก (MSO) โดยเตรียมที่ความดัน13.79 MPa โดยใช้อัตราส่วนของแกนต่อผนังห่อหุ้มที่ 1: 2 มีขนาดใหญ่กว่าคนอื่น ๆ ($P < 0.05$)MSO เตรียมใช้อัตราส่วนของแกนต่อผนังห่อหุ้มวัสดุ 1: 4 ที่มีการผสมที่ความดันของ 27.58 MPa ได้มีประสิทธิภาพสูงในการห่อหุ้ม (encapsulation efficiency) ที่51.3% -52.8% มากกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ ดังนั้นทั้งอัตราส่วนของแกนต่อผนังห่อหุ้มและความดันในการผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์เซอร์จะได้รับผลกระทบโดยตรงต่อการนำน้ำมันกุ้ง (Takeungwongtrakul, 2014)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่ง

3.1.1.1 สารมาตรฐาน 2-methylpyrazine

3.1.1.2 สารมาตรฐาน 2,3,5-trimethylpyrazine

3.1.1.3 สารมาตรฐาน 2,6-dimethylpyrazine

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการกักเก็บสารให้กลิ่นรสกึ่ง

3.1.2.1 มอลโทเดรกซ์ทริน DE 19, 25

3.1.2.2 ไฮโคลเด็กซ์ทรินไซรัป

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่งก่อนและหลังกระบวนการกักเก็บ

3.1.3.1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.3.1.2 gas chromatography - mass spectrometry

3.1.3.1.3 ไฟเบอร์ชนิด polydimethylsiloxane(PDMS) ขนาด 65 ไมโครเมตร (superco)

3.1.3.1.4 ขวด (vial) ขนาด 10 มิลลิลิตร

3.1.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในกระบวนการกักเก็บ

3.1.3.2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.3.2.2 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Mini spray dryer, Buchi 290)

3.1.4. เครื่องมือศึกษาโครงสร้างภายนอกของสารให้กลิ่นรสกึ่งหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

3.1.4.1 เครื่อง scanning electron microscope (SEM) (JEDL, JEOL, JAPAN)

3.1.5. อุปกรณ์อื่นๆ

3.1.5.1 ตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.1.5.2 ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

3.2.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) รุ่น B-290 บริษัท Buchi ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์

3.2.2 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

3.2.3 เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Laser Diffraction Particle Size Analyzer) รุ่น SALD-7100 บริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

3.2.4 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) JEOL Ltd., Japan

3.2.5 เครื่องทดสอบความชื้น (Karl Fisher Moisture Titrator) Kyoto Electronic Manufacturing Co., Ltd., Kyoto, Japan

3.2.6 เครื่องปั่นแยกสาร (Centrifuge)

3.2.7 เครื่องโม่จิ้งในเซอร์ รุ่น Polytron PT 6100 บริษัท Kinematica ประเทศญี่ปุ่น

3.2.8 เตาอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Chamber) รุ่น BTL-433 บริษัท Espec ประเทศอังกฤษ

3.3 การศึกษาวิธีการผลิตผงเคยโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

การผลิตอนุภาคผงเคยด้วยกระบวนการทำอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi 290) ดังรูปที่ 3.1 โดยนำสารละลายเคย Brix 5.4% ซึ่งได้จากการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤติ (Subcritical Water) แล้วนำมาผสมกับผนังห่อหุ้ม 3 ชนิดได้แก่ มอลโทเด็กซ์ตริน ชนิด DE19, DE25 และ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อผสมเข้ากันดีจึงนำไปเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 140, 160, 180, 200 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการไหล 30 มิลลิลิตรต่อนาที

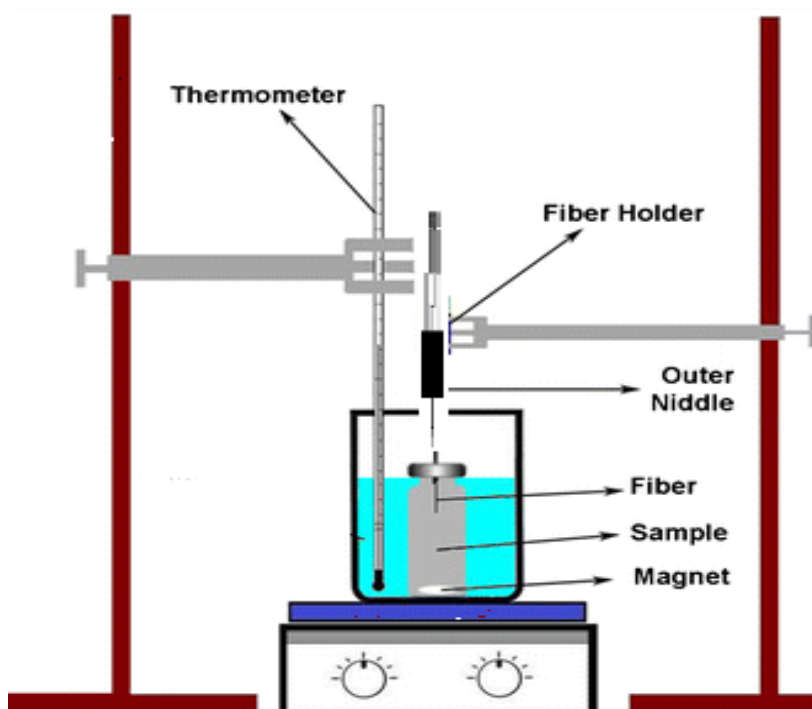


รูปที่ 3.1 เครื่องอบแห้งแบบฟอย รุ่น Buchi 290

3.4 ศึกษาองค์ประกอบของสารให้กลิ่นรสกึ่ง

3.4.1 ศึกษาชนิดไฟเบอร์ที่เหมาะสมในการสกัดสารให้กลิ่นรสกึ่งโดยใช้เทคนิค HS-SPME

ไฟเบอร์ที่ใช้ในการทดสอบ Polydimethylsiloxane (PDMS) ขนาด 85 ไมโครเมตร การวิเคราะห์ทำได้โดยนำสารตัวอย่างกลิ่นรสกึ่งปริมาณ 0.6 กรัม ใส่ในขวด vial ขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิดด้วยฝาที่ทำจาก polytetrafluoroethylene (PTFE) เมื่อผสมแล้วนำไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไฟเบอร์ข้างต้นมาดูดซับสารให้กลิ่นรสกึ่งเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบสารให้กลิ่นรสด้วยเครื่อง gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) โดยใช้เวลาในการปลดปล่อย 4 นาที



รูปที่ 3.2 การวิเคราะห์ที่กลืนของอนุภาคเคียดด้วยไฟเบอร์ Polydimethylsiloxane(PDMS) ขนาด 85 ไมโครเมตร ด้วยเทคนิค HS-SPME

ที่มา ดัดแปลงจาก <http://profs.hsu.ac.ir/amiri/research-interests/>

3.4.2 การวิเคราะห์สารให้กลิ่นที่สำคัญ

สภาวะของเครื่อง GC-MS เครื่อง Gaschromatography (shimadzu 2010) ที่ต่อกับ mass selective detector อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส แยกสารโดยใช้คอลัมน์ HR-1 ความยาวขนาด 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 มิลลิเมตร ชั้นเคลือบหนา 3 ไมโครเมตร ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา โดยมีอัตราการไหล 5 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของตู้อบเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 1.5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็นอัตรา 50 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิเป็น 240 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 20 นาที รวมทั้งหมดเป็นเวลา 63 นาที โดยทำการบ่งชี้ชนิดสารด้วยเครื่อง MS และมีค่าพลังงานไอออไนเซชัน 70 อิเล็กตรอนโวลท์

3.3 การทำผงแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสารละลายที่เตรียมได้นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (mini spray dryer, Buchi 290) สภาวะในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (inlet temperature) 140, 160, 180, 200 อุณหภูมิลมร้อนขาออก (outlet temperature) 100 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนตัวอย่าง 30 มิลลิลิตร/ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการเก็บรักษาในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้องใน

โถดุดความชื้น เมื่อได้อนุภาคที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยแล้วได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดกลิ่น เพื่อนำมาศึกษาผลของ อุณหภูมิ เวลา การผสมสารละลายน้ำ การผสมสารละลายเกลือ ที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นเคย โดยขั้นตอนแรกได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัดกลิ่น โดยศึกษาที่ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อหาอุณหภูมิที่ให้การสกัดที่ดีที่สุด จากนั้นเมื่อพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สามารถสกัดกลิ่นได้สูงที่สุด จึงนำมาเป็นตัวแปรควบคุม เพื่อศึกษาผลของเวลาที่ สามารถสกัดกลิ่นได้มากที่สุด โดยศึกษาตัวแปรตามที 15, 30, 45, 60 และ 75 นาที เมื่อพบการสกัดที่ 60 นาที ให้ผลการสกัดกลิ่นมากที่สุด จึงนำมาเป็นตัวแปรควบคุม เพื่อนำมาศึกษาผลของการเติมเกลือที่ 5 และ 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดกลิ่นให้สูงที่สุด



ตารางที่ 3.1 สภาวะการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี – แมสสเปคโตรมิเตอร์

Injection Temperature	250 องศาเซลเซียส
Column Temperature	40 องศาเซลเซียส Hold 3 min
Detector Temperature	260 องศาเซลเซียส
Column Type	ULBON HR-1 0.25 mm X 30 m X 0.5 μ m
Inlet Pressure	50 kPa
Column Flow	0.30 mL/min
Linear Velocity	12.8 cm/s
Split Ratio	20
Total Flow	9.2 mL/min
Carrier Gas	N ₂
Signal Attenuation	X 1



รูปที่ 3.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี รุ่น GC-2010

ที่มา <http://www.shimadzu.com/an/gc/tracera/>

3.5 ศึกษาลักษณะภายนอกของอนุภาค

สารให้กลิ่นรสจากกึ่งหลังการผ่านกระบวนการกักเก็บการเตรียมตัวอย่าง ทำได้โดยการนำผงอนุภาคกลิ่นรสกึ่งวางบน stubs และนำไปเข้าเครื่องสุญญากาศ จากนั้นทำการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างภายนอกด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM, JEOL, JAPAN) ที่ 10 กิโลโวลต์ในการทดลอง



รูปที่ 3.4 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) รุ่น JEOL JSM 6060

ที่มา <http://www.birmingham.ac.uk/facilities/electron-microscopy/microscopes/index.aspx>

3.6 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นในผงอนุภาคเคยส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผงแห้ง ดังนั้นเมื่อได้อนุภาคหลังจากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย จึงนำผงแห้งปริมาณ 0.2 กรัมใส่ลงในตัวทำละลายฮาฮาซิ และหาค่าความชื้นในผงแห้งด้วยเครื่อง Karl Fisher Moisture Titrator ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบหาความชื้น Karl Fisher Moisture Titrator รุ่น MKS-510
ที่มา www.oscscientific.us

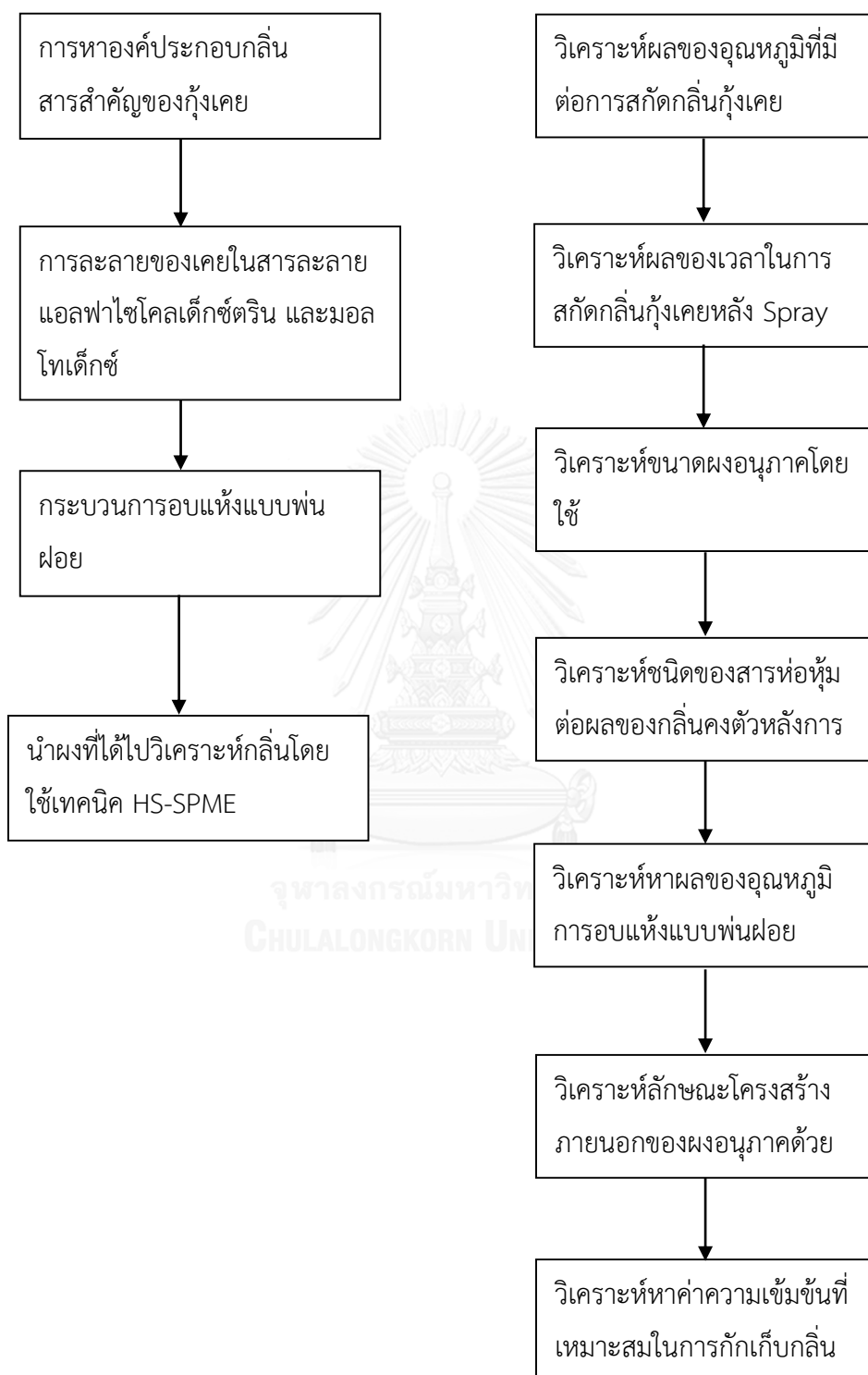
3.7 วิเคราะห์หาขนาดของผงอนุภาค

ชั่งผงเคยปริมาณ 0.2 กรัม ละลายในตัวทำละลาย iso-propanol ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปเทวียงในเครื่องโซนิกเททเพื่อให้อนุภาคกระจายตัวเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SALD-7100) ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SALD-7100)
ที่มา <http://www.ssi.shimadzu.com/products/product.cfm?product=sald-7101-3>

3.8 ขั้นตอนและการวิจัย



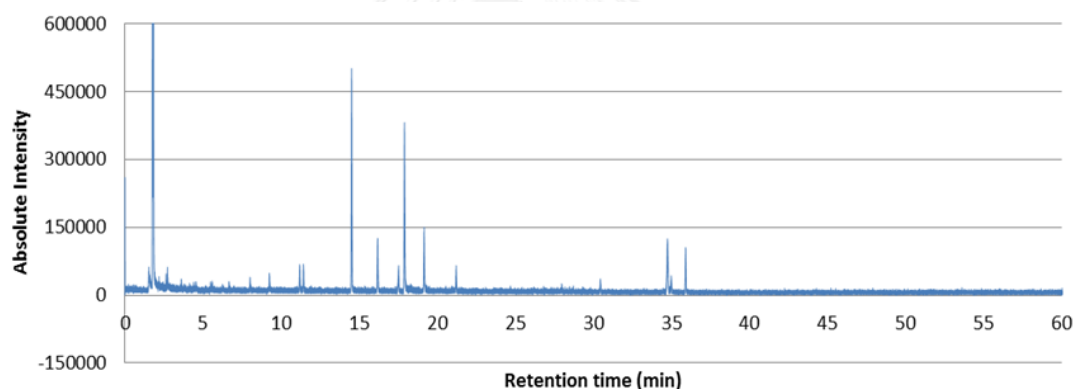
รูปที่ 3.7 แสดงแผนงานการดำเนินการ

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสำคัญของเคยโดยใช้เครื่อง GC-MS

สารสกัดจากเคยที่ได้จากการสกัดโดยวิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤติ subcritical water ถูกสกัดโดยใช้เทคนิค Head space solid phase micro extraction (HS-SPME) โดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้โหมดตามกระบวนการ 3.3.2 อุณหภูมิ injector 240 องศาเซลเซียส แยกสารโดยใช้คอลัมน์ HR-1 ความยาวขนาด 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 มิลลิเมตร ชั้นเคลือบหนา 3 ไมโครเมตร ใช้ก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา โดยมีอัตราการไหล 5 มิลลิตร/นาที อุณหภูมิของตู้อบเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 1.5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็นอัตรา 50 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิเป็น 240 องศาเซลเซียส คงที่ไว้ 20 นาที รวมทั้งหมดเป็นเวลา 63 นาที



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสารสำคัญในกลิ่นรสเคยที่ได้จากไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME โดยใช้ GC-MS

4.2 การศึกษาหาสารสำคัญในสารสกัดเคย

สารสกัดจากเคยที่ได้จากการสกัดโดยวิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤติ subcritical water ซึ่งในเคยจะมีสารสำคัญผสมกันอยู่หลายชนิด ในการศึกษาหาสารสำคัญและปริมาณสารสำคัญในเคยสามารถวิเคราะห์กลิ่นได้โดยใช้เทคนิค Head- space solid phase micro extraction โดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์ ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี –แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) ซึ่งใช้ในการตรวจวัดหาชนิดของสารองค์ประกอบที่พบใน

เคยได้อย่างแม่นยำ ในการทดลองพบว่าสารสำคัญของเคยประกอบด้วย สารกลุ่ม pyrazine ซึ่งสารอนุพันธ์ pyrazine ที่พบประกอบด้วย 2,6-dimethylpyrazine, 2,3,5-trimethylpyrazine และ 2-methylpyrazine ซึ่งให้ลักษณะกลิ่นหวาน (sweet) กลิ่นเขียว (green) กลิ่นอัลมอนด์ (almond) นอกจากนี้ยังพบว่า ในเคยยังประกอบด้วยสารสำคัญอื่นๆ อาทิ สารในกลุ่ม Carboxylic acid, Amine, Sulfide, Alcohol, Ketone, Alkane, Aldehyde ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 พบว่า สารระเหยที่พบในอนุภาคเคย ที่แสดงในตารางที่ 4.2 จะพบในสารระเหยกลุ่มแอลดีไฮด์ คือ 2-methylbutanal, 3-methylbutanal ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโนชนิดลิวซีน ผ่านปฏิกิริยา Strecker degradation ซึ่งพบได้ในงานวิจัยของ (Grosch, 1996) และ Dimethyl Sulfide (DMS) เป็นกลุ่มของอนุพันธ์ซัลเฟอร์ซึ่งพบได้จากการหมักเบียร์และผลิตข้าวโพด อีกทั้งยังสามารถพบได้ในอาหารทะเลประเภทกุ้ง

สารในกลุ่มคีโตนเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสได้เป็นสารตั้งต้นของสารไดคีโตน (diketone) ซึ่งเกิดจากไพโรไลซิสของคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ ที่พบในกาแฟ (Nishimura, 1990) ซึ่งเป็นกลิ่นที่พบได้ในเปลือกกุ้ง สารในกลุ่มไพราซีน (Pyrazine) เช่น 2,6-dimethylpyrazine สามารถพบได้ในกลิ่นซ็อกโกแลตกลิ่นถั่วอบและกลิ่นมันฝรั่งทอด (Kwon Tae young, 2013)

อีกทั้งยังพบว่ากลิ่นสารระเหยที่สำคัญที่สุดในผงเคยอบแห้งคือ ได้แก่ 2-methylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine, 2,3,5-trimethylpyrazine เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ให้กลิ่นหอมหวาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในรสกุ้ง และสารสำคัญในกลุ่มแอลดีไฮด์คือ 2-methylbutanal และ 3-methylbutanal ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างกลิ่นหวาน ซึ่งพบได้ในอาหารทะเลประเภท กุ้ง และปู

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของสารระเหยจากกลิ่นรสเคย

Peak No.	Retention time(min)	Component name	Classification
1	1.583	2-butanoic acid	Carboxylic acid
2	1.886	N,N-dimethyl amine	Amine
3	2.196	Dimethyl sulfide	Sulfide
4	2.420	2-methylpropanol	Alcohol
5	2.662	3-methyl 2-butanone	Ketone
6	2.834	Hexane	Alkane
7	3.637	3-methylbutanal	Aldehyde
8	3.832	2-methylbutanal	Aldehyde
9	8.147	Methylpyrazine	Pyrazine
10	9.347	3-butyl-1-ol	Alcohol
11	11.003	3-methylhexanal	Aldehyde
12	11.326	2,6-dimethylpyrazine	Pyrazine
13	11.568	2,3-dimethylpyrazine	Pyrazine
14	14.638	trimethylpyrazine	Pyrazine
15	15.868	2-ethyl-1-hexanal	Aldehyde

(B. Sun Pan, 1994)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีของเคยที่พบในอาหารทะเล

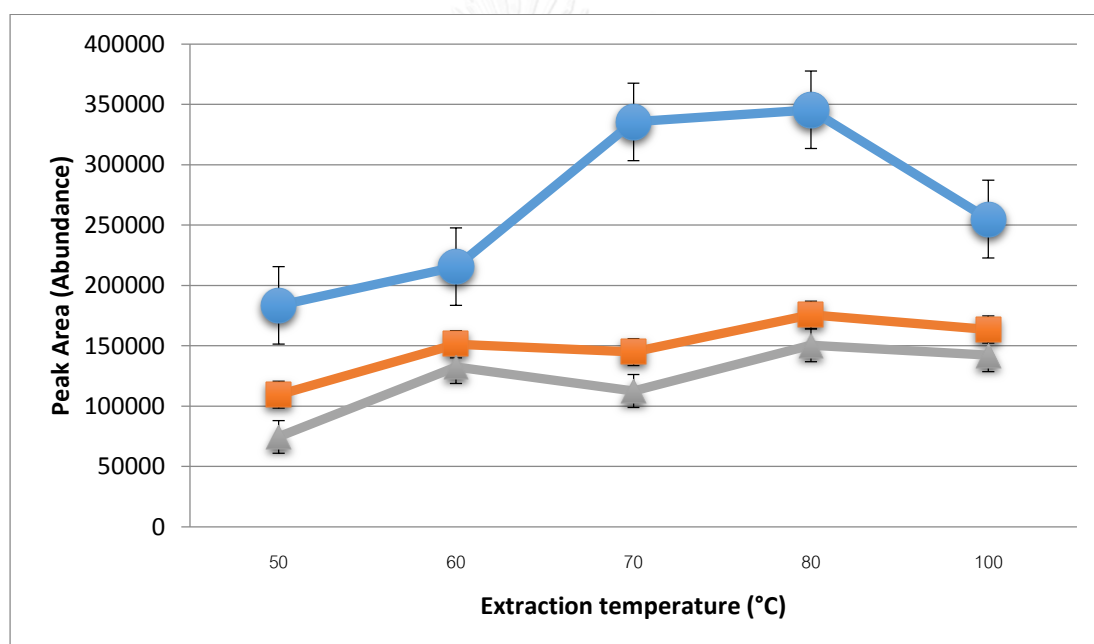
Peak Number	Component name	Occurrence
1	2-butanoic acid	-
2	N,N-dimethyl amine	-
3	Dimethyl sulfide	Shrimp
4	2-methylpropanol	-
5	3-methyl 2-butanone	-
6	Hexane	-
7	3-methylbutanal	Cooked crayfish,cooked shrimp,spray dried shrimp powder,roasted clam,roasted dried squid
8	2-methylbutanal	Cooked shrimp
9	2-methylpyrazine	Cooked crayfish,raw,fermented,cooked,and roasted shrimp,spray dried shrimp powder
10	3-butyl-1-ol	-
11	3-methylhexanal	-
12	2,6-dimethylpyrazine	Cooked crayfish,raw,fermented,cooked,and roasted shrimp,spray dried shrimp powder,shrimp hydrolysate
13	2,3-dimethylpyrazine	Raw,fermented,cooked,and roasted shrimp,dried krill shell powder,spray dried shrimp powder
14	2,3,5-methylpyrazine	Raw,fermented,cooked,and roasted shrimp,dried krill shell powder,spray dried shrimp powder
15	2-ethyl-1-hexanal	-

(B. Sun Pan, 1994)

4.3 ผลการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นรสเคี้ยวโดยใช้เทคนิค HS-SPME /GC-MS

นำสารละลายเคี้ยวความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤติ (Subcritical Water) มาศึกษาผลของผนังท่อหุ้ม 3 ชนิดได้แก่ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน โมลโทเด็กซ์ตรินค่าสมมูลเด็กซ์โตส 19 (DE 19) กับ 25 (DE25) โดยได้ใช้กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อได้ผงอนุภาคเคี้ยวแล้ว จึงนำอนุภาคเคี้ยวปริมาณ 0.6 กรัม แล้วนำมาบรรจุใส่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตรเพื่อนำมาศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา การผสมสารละลายน้ำ การผสมสารละลายเกลือ ที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นรสเคี้ยว โดยวิธีวิเคราะห์ HS-SPME โดยทำการอบให้ความร้อนเป็นเวลา 45 นาที

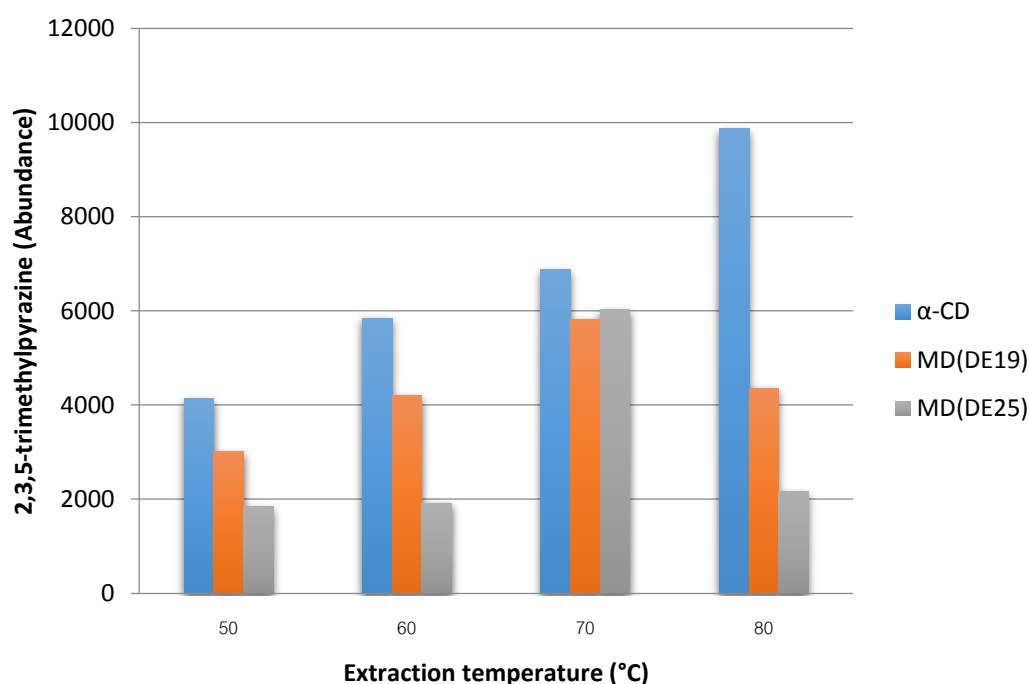
4.3.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นรสเคี้ยวโดยใช้เทคนิค HS-SPME/GC-MS



รูปที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิในการสกัดกลิ่นรสเคี้ยวโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME เมื่อใช้สารท่อหุ้มชนิดต่างๆ ● แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน

■ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25)

จากรูปที่ 4.2 เมื่อนำอนุภาคเคชปริมาณ 0.6 กรัม แล้วนำมาบรรจุใส่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร โดยได้ทำการสกัดกลืนเคชโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/CAR/PDMS ขนาด 50/30 μm โดยการสกัดกลืนที่เวลา 30 นาที ในช่วงอุณหภูมิ 50 – 80 องศาเซลเซียส โดย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการสกัดกลืนเคชให้ได้พื้นที่ใต้กราฟที่สูงขึ้น เนื่องจากการทำให้สารสำคัญในเคชสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Partition coefficient ; K_p) โดยแสดงถึงอัตราส่วนที่แสดงความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอของสารเคชที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งหากค่า K_p ต่ำแสดงว่าสารสามารถระเหยกลายเป็นไอได้ดี (Chang & Doong, 2006) ดังนั้นพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดกลืนเคช ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมที่สุดในการสกัดกลืนเคช เนื่องจากพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดที่ 100 องศาเซลเซียส การสกัดกลืนจะลดลงเนื่องจากสารสำคัญอาจมีความไวต่อความร้อนได้เมื่ออบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

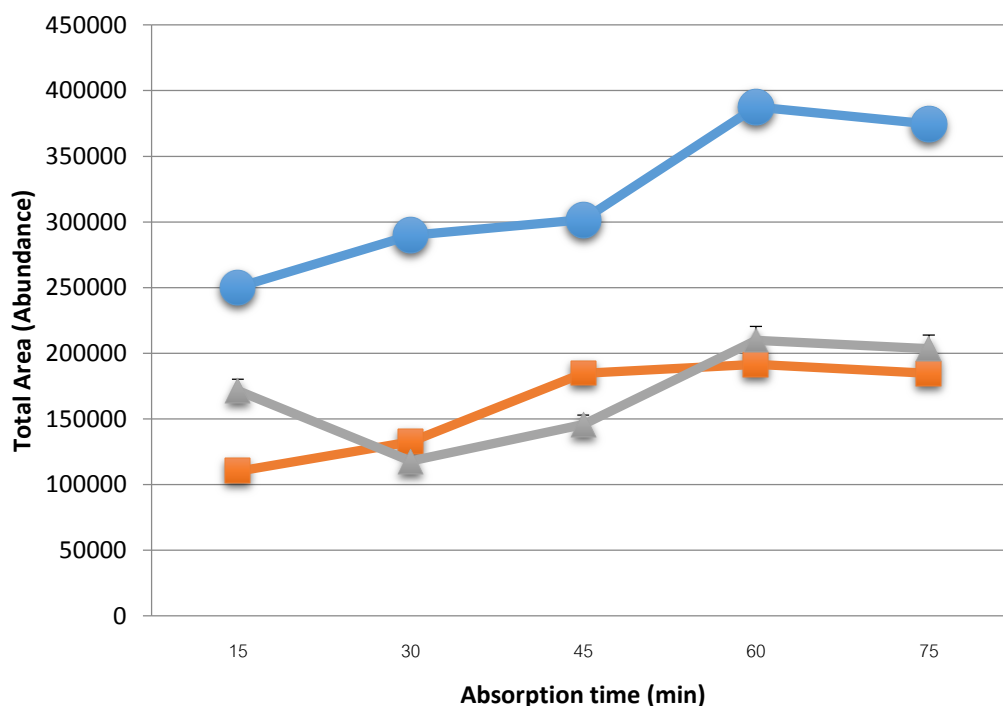


รูปที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิในการสกัดกลืน 2,3,5-trimethylpyrazine

จากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำอนุภาคเคชปริมาณ 0.6 กรัม แล้วนำมาบรรจุใส่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร โดยได้ทำการสกัดกลืนเคชโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/CAR/PDMS ขนาด 50/30 μm โดยการสกัดกลืนที่เวลา 30 นาที พบว่าที่อุณหภูมิในการสกัดกลืน 80 องศาเซลเซียส ผนังห่อหุ้มชนิด

แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน สามารถกักเก็บกลิ่น 2,3,5-trimethylpyrazine ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Shiga H., 2004) ซึ่งใช้ไซโคลเด็กซ์ตรินในการกักเก็บเห็ดชิตาเกะ

4.3.2 ผลการศึกษาความเหมาะสมของเวลาที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นรสเคยโดยใช้เทคนิค HS-SPME/GC-MS



รูปที่ 4.4 ผลของเวลาในการสกัดกลิ่นเคยโดยใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB/ CAR/PDMS stable Flex, CHL 50/30 μm โดยใช้เทคนิค HS-SPME

เมื่อใช้สารห่อหุ้มชนิดต่างๆ ● แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ■ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25)

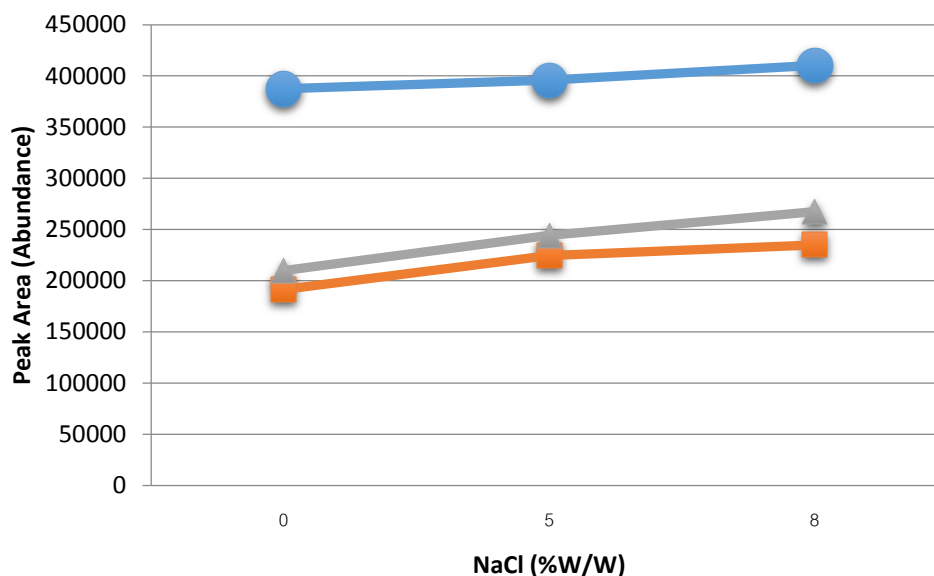
การศึกษาผลของผนังห่อหุ้ม 3 ชนิด คือ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน มอลโทเด็กซ์ตรินชนิด DE19 และ DE25 ที่นำมาผลิตอนุภาคเคยโดยผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อได้ผงอนุภาคเคยแล้ว จึงนำอนุภาคเคยปริมาณ 0.6 กรัม แล้วนำมาบรรจุใส่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปอบด้วย Heat box อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยศึกษาการสกัดกลิ่นเคย โดยการนำไปอบที่ช่วงเวลา 15, 30, 45, 60 และ 75 นาที ผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาที่ 15-60 นาที นั้นจะให้พื้นที่ใต้กราฟที่สูงขึ้น ทำให้สามารถสกัดกลิ่นได้สูง แต่พบว่า ภายหลังจากการอบที่ 70 นาที นั้น พิกที่ได้จะลดลง จึงสามารถสรุปได้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการสกัด

กลิ่นเคยนั่นคือ 60 นาที ซึ่งทำให้ได้พื้นที่พีคสูงสุดให้ผลที่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารระเหย และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว(distribution coefficient) (Chang & Doong, 2006)

4.3.3 การเติม NaCl (Salting out)

ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดกลิ่นเคยสามารถทำได้โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายเพื่อลดการละลายของกลิ่นเคยในเฟสน้ำ และเพิ่มกลิ่นเคยในส่วน Headspace นำมาผลิตอนุภาคเคยโดยผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อได้ผงอนุภาคเคยแล้ว จึงนำอนุภาคเคยปริมาณ 0.6 กรัม แล้วนำมาบรรจุใส่ขวด Vial ขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปอบด้วย Heat box อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยศึกษาการสกัดกลิ่นเคย โดยการนำไปอบที่ช่วงเวลา 60 นาที เนื่องจากการทดลองที่ 4.3.1 และ 4.3.2 พบว่าในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่ได้ในการสกัดนั้นสามารถให้ผลการสกัดได้สูงที่สุด ในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเคยนั้นได้ในงานวิจัยได้เพิ่มประสิทธิภาพการสกัดเคยโดยได้ทำการเพิ่มปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ 5% w/w, 8 % W/W จากผลการทดลองพบว่าเทคนิค Salting out จะช่วยเพิ่มพีคกลิ่นของเคยได้สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Dimitra A. Lambropoulou, 2001) ซึ่งได้เติมเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) เพื่อเป็นการเพิ่มการสกัดยาฆ่าแมลงศัตรูพืชชนิดออร์กาโนฟอสเฟต ผลที่ได้พบว่าเมื่อเติมเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ในช่วง 5-15 % W/V จะเป็นการเพิ่มการระเหยของสาร Diazion, Fenitrothion, Fenthion, E.Parathion, M.Bromophos, E.Bromophos ซึ่งเป็นสารที่พบได้ในยาฆ่าแมลง แต่เมื่อเติมเกลือในช่วง 20-45 % W/V พบว่าไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดเคย ซึ่งจากผลการทดลองรูปที่ 4.5 พบว่าผลการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดกลิ่นเล็กน้อย (B. Sun Pan, 1994)

จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) จะเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารในกรดไขมันได้ดีกว่าเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เนื่องจากเกลือโซเดียมซัลเฟตมีค่าการละลายในน้ำที่ 502 กรัม/ ลิตร ซึ่งสามารถละลายในน้ำได้มากกว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งละลายในน้ำได้เพียง 360 กรัม/ลิตร ทำให้สามารถสกัดกรดไขมันได้ดีกว่า



รูปที่ 4.5 ผลของการเติมเกลือในการสกัดกลิ่นเคยโดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย

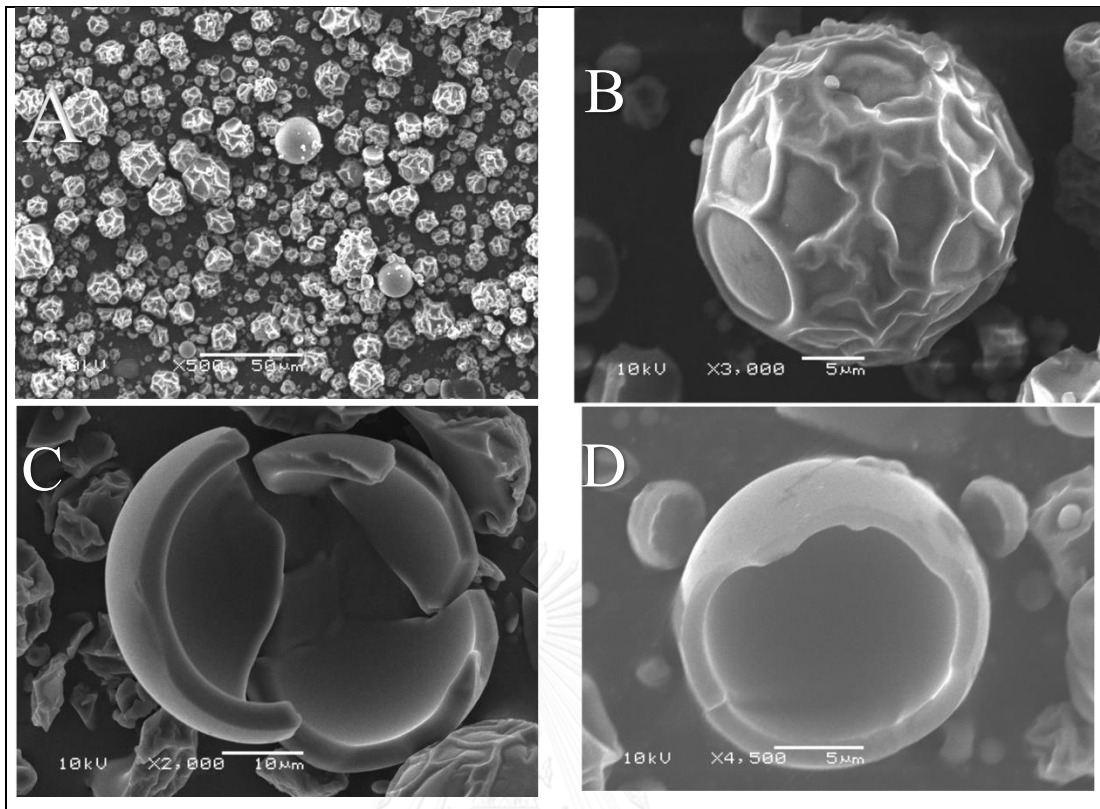
โดย ● มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) ▲ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ■ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19)

4.4 ผลของอุณหภูมิอากาศเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคย

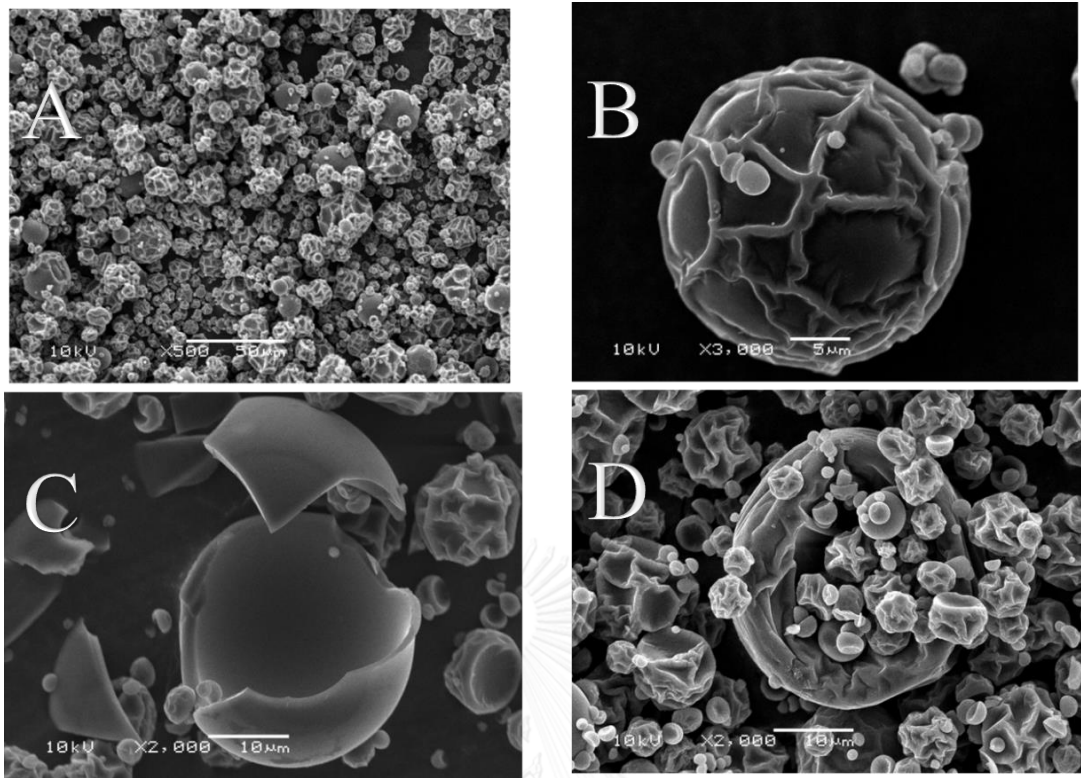
ศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยา ขนาดของอนุภาคและผลของความชื้นที่มีผลต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคย

4.4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดผงเคย

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศเข้าที่มีต่อลักษณะโครงสร้างของอนุภาคของผงเคย ทั้งภายในและภายนอกที่ได้จากการส่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าลักษณะทาง สัณฐานวิทยาของกลิ่นรสเคยด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 140-200 องศาเซลเซียส มี ลักษณะดังรูปที่ 4.6-4.9 เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าผงอนุภาคที่ได้จากการอบแห้ง แบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 140 °C และ 160 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่มีลักษณะกลม มีขนาด 10-20 μm และผิวขรุขระ ดังรูปที่ 4.6(B)-4.7(B) อันเนื่องมาจากการที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการถ่ายเทความร้อนทำให้ของเหลวด้านในซึ่งได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอแต่ไม่สามารถแพร่ออกมาจากผนัง ได้ทันทีทำให้เกิดความดันขึ้นภายในอนุภาค ซึ่งความดันที่เกิดขึ้นจะดันตัวออกที่ผนังห่อหุ้มเพื่อระเหย ทำให้อนุภาคที่เกิดขึ้นเกิดรอยยับเนื่องจากผลของผนังห่อหุ้มที่หดตัว ดังรูปที่ 4.6 (B) และผลจากแรง ไฟฟ้าสถิตย์และแรงแวนเดอร์วาลส์ที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการเกาะกลุ่มติดกันของอนุภาค (Sriratanatham, 2012) เคยดังรูปที่ 4.6 (A)

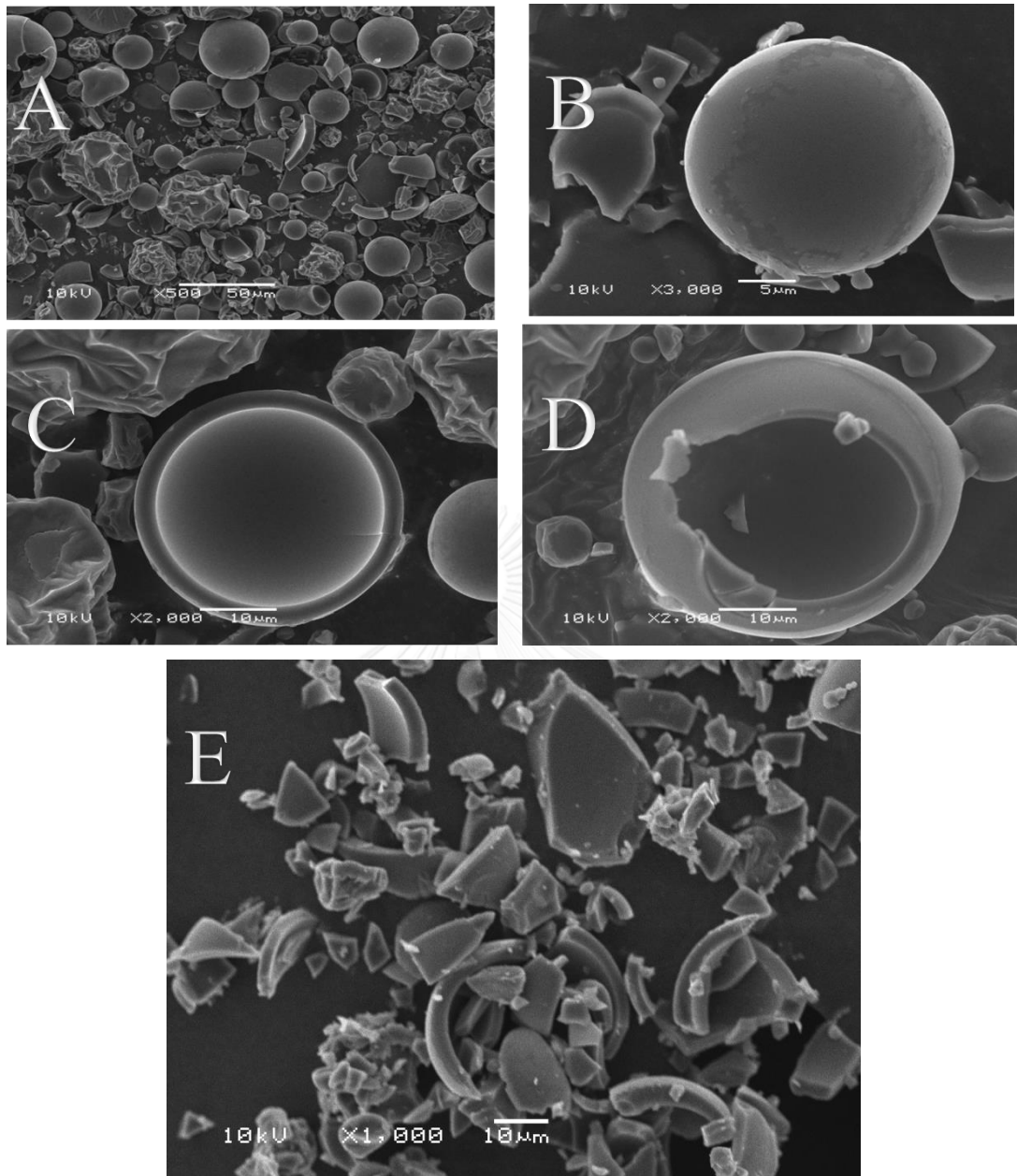


รูปที่ 4.6(A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลี้นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้โพลีเอทิลีนไดออกไซด์ (PEO) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 4,500

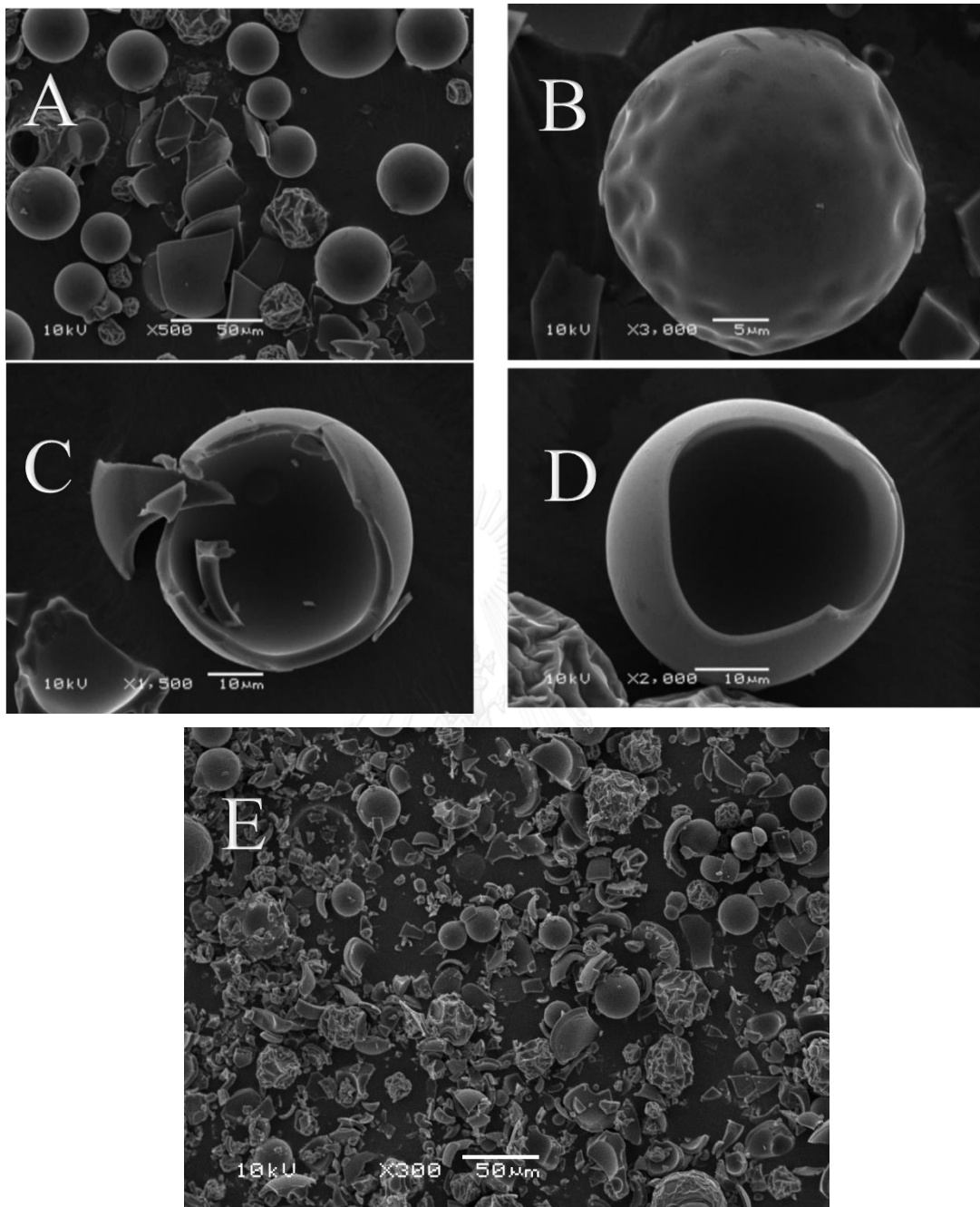


รูปที่ 4.7 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผนังเซลล์โดยวิธีการอบแห้งแบบฟองลอยที่อุณหภูมิเข้า 160 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผนังเซลล์ที่ใช้มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 2,000

จากรูปที่ 4.6 (B) และ 4.7 (B) พบว่าเมื่อใช้มอลโทเด็กซ์ตริน เป็นผนังห่อหุ้มสารสกัดเคียวที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่ามอลโทเด็กซ์ตรินทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมประสานระหว่างอนุภาค(Binder) ทำให้เกิดการขึ้นรูปฟิล์มที่ผิวดี เป็นผลทำให้อนุภาคเคียวที่ได้จากการอบแห้งแบบฟองลอยสามารถขึ้นรูปเป็นทรงกลมได้ดี

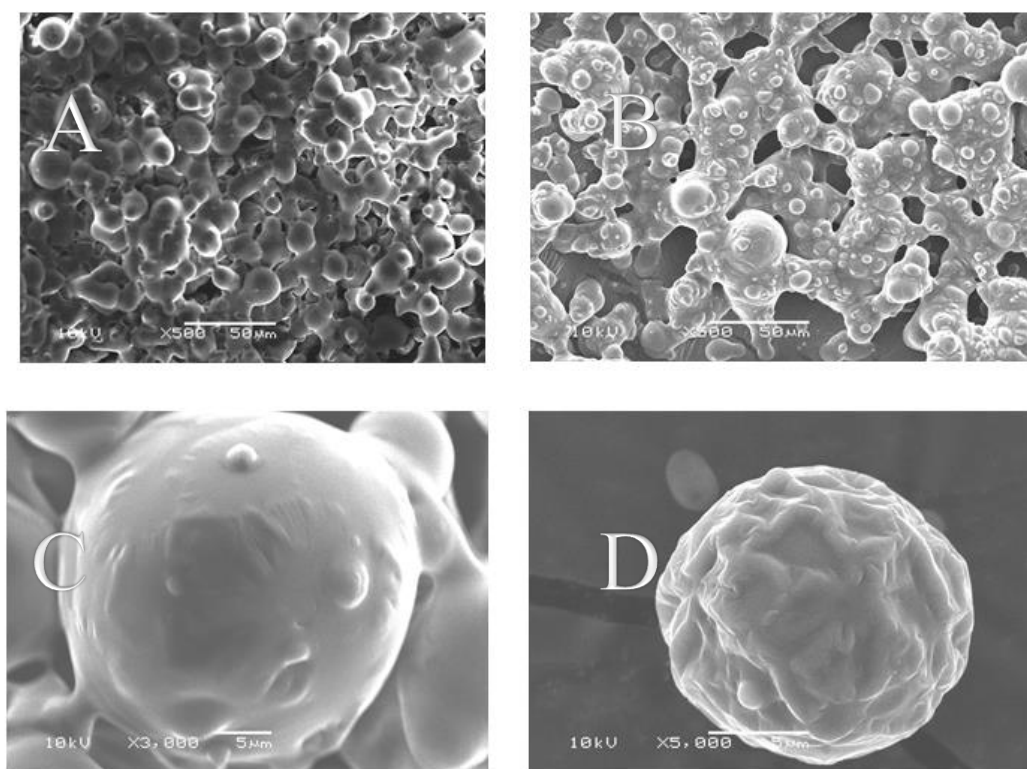


รูปที่ 4.8 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลี้นเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 180 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้มอลโทเด็คซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 2,000 และ (D) กำลังขยาย 2,000



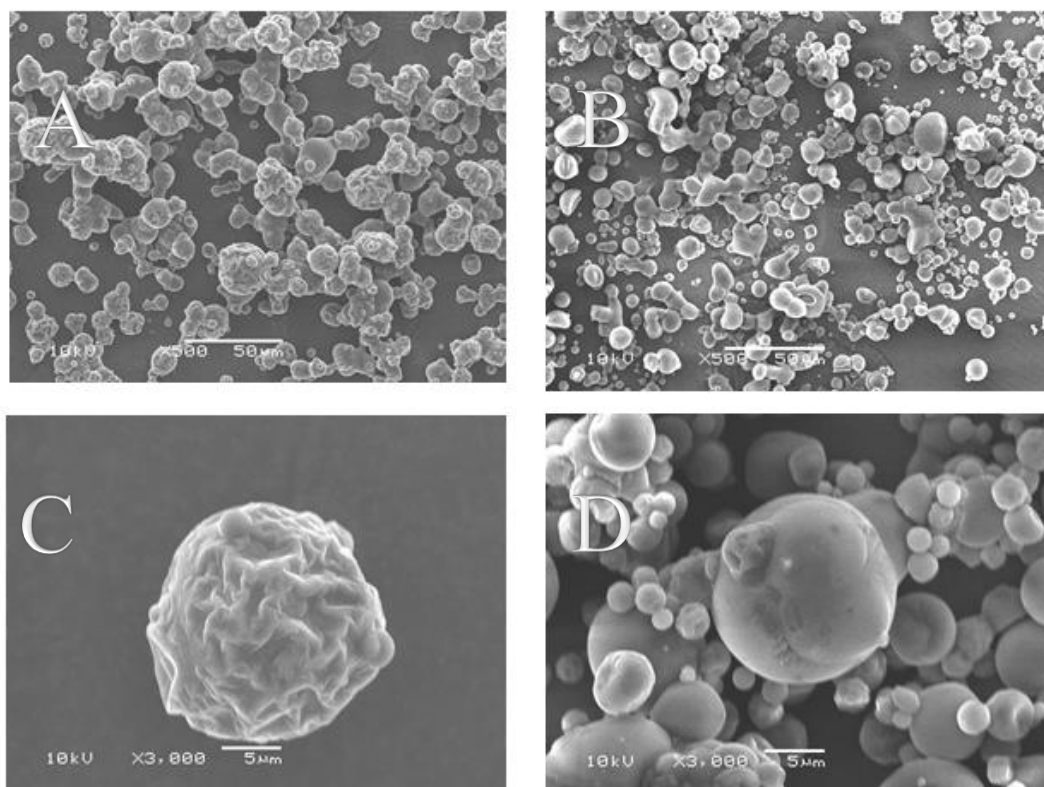
รูปที่ 4.9 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผนังเคียวโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 200 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 3,000 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผนังเคียวที่ใช้มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 1,500 และ (D) กำลังขยาย 2,000 (E) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผนังเคียว ซึ่งแตกต่างจากเลขจุด Ballooning temperature เมื่อส่องด้วยกล้องที่กำลังขยาย 300

จากรูปที่ 4.8 (A) และ 4.9 (A) พบว่าลักษณะโครงสร้างภายนอกของอนุภาคเคยซึ่งใช้มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 180 และ 200 องศาเซลเซียส จากภาพที่กำลังขยาย 500 พบว่าอนุภาคเคยจะมีลักษณะคล้ายลูกบอลลูก ซึ่งแตกออกเนื่องจากอุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส นั้นสูงเกินกว่าอุณหภูมิ Ballooning temperature ทำให้อนุภาคของเคยเกิดการแตก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (ตั้งดวงดี, 2011) ซึ่งศึกษาผลของอุณหภูมิของการอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติของสัปปะรด พบว่า สัปปะรดผงจะสามารถรักษาสารอาหารภายในได้ดีที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 และ 170 องศาเซลเซียส พบว่าทำให้สารสำคัญภายในสัปปะรดผงลดลงเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเลย Ballooning Temperature อีกทั้งผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ (M.I.Re, 1998) ซึ่งได้ศึกษาการเอนแคปซูเลชัน Allylguaiam ที่อุณหภูมิเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 130 องศาเซลเซียส พบว่าจะเกิดการระเบิดคล้ายบอลลูกของอนุภาค



รูปที่ 4.10 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลืนเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 500 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 3,000 และ (D) กำลังขยาย 5,000

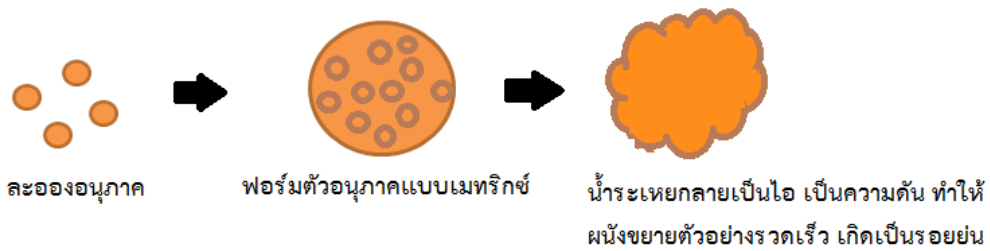
จากรูปที่ 4.10 (A) พบว่าเมื่อใช้มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) เป็นผนังห่อหุ้มจะทำให้ขึ้นรูปได้ยากเนื่องจาก การเพิ่มค่าสมมูลเด็กซ์โตสจะทำให้สารห่อหุ้มมีความหนืดสูงขึ้น เป็นผลเนื่องจากการเพิ่มค่าสมมูลเด็กซ์โตส (DE) จะทำให้ความข้นสูงขึ้น ซึ่งอาจทำให้อุณหภูมิละลายสถานะคล้ายแก้ว (Tg) ต่ำ อนุภาคที่ได้จึงอาจมีความหนืด ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการเก็บรักษา



รูปที่ 4.11 (A) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลืนเคยโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิต่ำ 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กำลังขยาย 500 (B) กำลังขยาย 500 (C) ลักษณะโครงสร้างภายในของผงเคยที่ใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ เป็นผนังห่อหุ้มโดยใช้กำลังขยาย 3,000 และ (D) กำลังขยาย 3,000

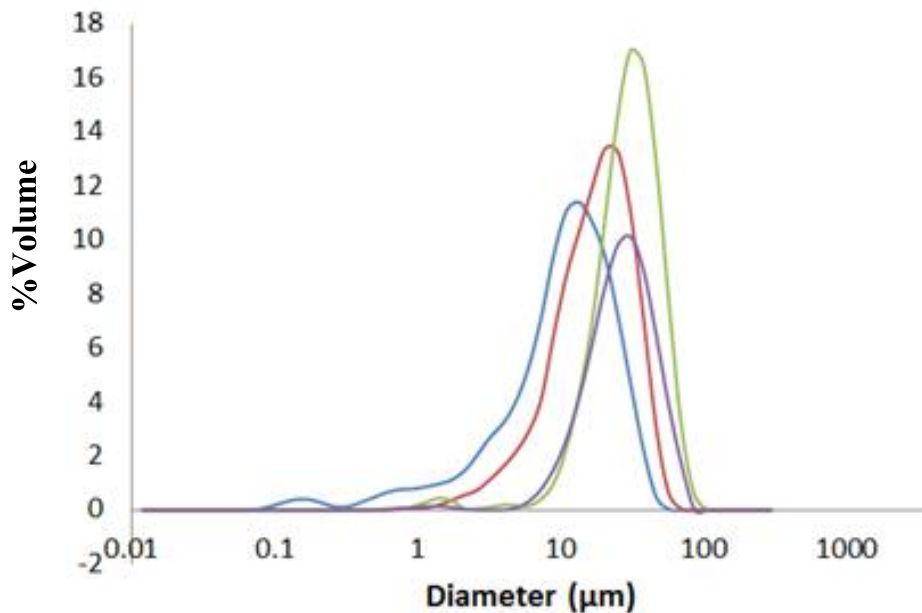
จากรูปที่ 4.11 (A) พบว่าไซโคลเด็กซ์ตรินขึ้นรูปอนุภาคได้ยาก เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.6(B) และรูปที่ 4.9 (B) ซึ่งใช้มอลโทเด็กซ์ตรินในการเป็นผนังห่อหุ้มสามารถขึ้นรูปเป็นอนุภาคได้ดี มีคุณสมบัติในการขึ้นรูปฟิล์มดี ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของมอลโทเด็กซ์ตริน ดังตารางที่ 2.2 จากรูปที่ 4.11 (A) พบว่าเมื่อใช้ไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มจะทำให้ขึ้นรูปได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shiga และคณะ ซึ่งได้ทำการเอนแคปซูเลชันกลืนของเห็ดชิตาเกะ (*Lentinus edodes*) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าเมื่อใช้ไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้ม จะทำให้

ลักษณะผงอนุภาคที่ได้ขึ้นรูปเป็นอนุภาคทรงกลมได้ยาก แต่พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของมอลโทเด็กซ์ตริน ต่อ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน 80:20 พบว่ามอลโทเด็กซ์ตรินจะทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมประสาน (Binder) ทำให้การขึ้นรูปฟิล์มที่ผิวอนุภาคดีขึ้น (Shiga H., 2004)



รูปที่ 4.12 กระบวนการเกิดรอยยับบนพื้นผิวอนุภาคเคย

4.4.2 ผลต่อขนาดและกระจายตัวของอนุภาคเคย



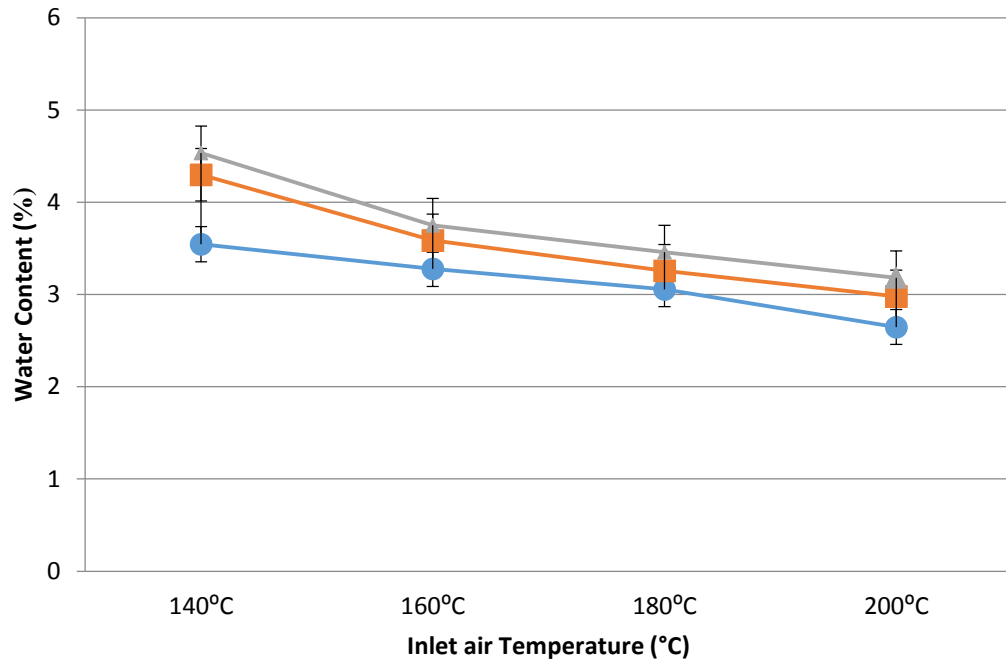
รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของอนุภาคเคย

— อุณหภูมิเข้าที่ 140 °C — อุณหภูมิเข้าที่ 160 °C — อุณหภูมิเข้าที่ 180 °C
 — อุณหภูมิเข้าที่ 200 °C

จากรูปที่ 4.13 แสดงขนาดและการกระจายตัวของผงเคยที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140, 160, 180, 200 องศาเซลเซียส โดยวัดขนาดและการกระจายตัวจากเครื่อง Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SALD-7100) โดยใช้ตัวทำละลาย iso propanol มาเป็นตัวทำละลายผงเคยที่ได้ จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยจะพบว่าอนุภาคที่พบได้จะมีขนาดในช่วง 15-25 μm ซึ่งพบการกระจายตัวของอนุภาคเคยในรูปแบบแจกแจงปกติ (log normal distribution) มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ จากภาพที่ 4.13 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีผลต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาค กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้จะมีผลต่อการเพิ่มขนาดอนุภาคให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่อุณหภูมิที่สูงกว่า อนุภาคจะเกิดการขยายตัวจากความดันมากกว่า เป็นผลทำให้ ขนาดที่วัดได้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sriratanatham, 2012) ซึ่งได้ทำการเอนแคปซูลชันแอนโรไซยานินของผลหม่อนซึ่งได้เพิ่มอุณหภูมิเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 120 – 200 องศาเซลเซียส โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าจะทำให้อนุภาคที่ได้มีขนาดใหญ่ขึ้น

4.4.3 ผลต่อความชื้น

จากรูปที่ 4.14 แสดงผลของอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าที่ 140, 160, 180, 200 องศาเซลเซียสที่มีต่อความชื้นของผงเคย โดยวัดความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fisher Moisture Titrator เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยพบว่า มีผลโดยตรงต่อความชื้นในผงอนุภาคเคย ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนเข้าจะส่งผลทำให้ความชื้นในอนุภาคผงแห้งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิร้อนเข้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิของหยดละอองฝอยกับอากาศแห้งเป็นการทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนเพื่อระเหยน้ำออกจากอนุภาค ทำให้ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นผลทำให้ความชื้นของอนุภาคลดลงและยังเป็นผลจากการที่มอลโทเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มที่มีความชื้นต่ำ เมื่อนำมาห่อหุ้มเคยซึ่งมีความเค็มเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถดูดซับน้ำได้ค่อนข้างดี ทำให้ระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยจึงระเหยน้ำออกได้เพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ความชื้นของอนุภาคค่อนข้างสูงเล็กน้อย ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Goula, Adamopoulos, & Kazakis, 2004) ซึ่งได้ทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยของมะเขือเทศ ผลการทดลองพบว่ายิ่งเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจะทำให้ค่าความชื้นยิ่งลดลง และยิ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Quek, 2007) ซึ่งได้ใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในการผลิตผงแดงโมโดยมีผนังห่อหุ้มคือมอลโทเด็กซ์ตริน ที่อุณหภูมิเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 130, 140, 150 °C โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง จะทำให้ค่าความชื้นลดลง



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าและความชื้นภายในอนุภาคผง
เคย

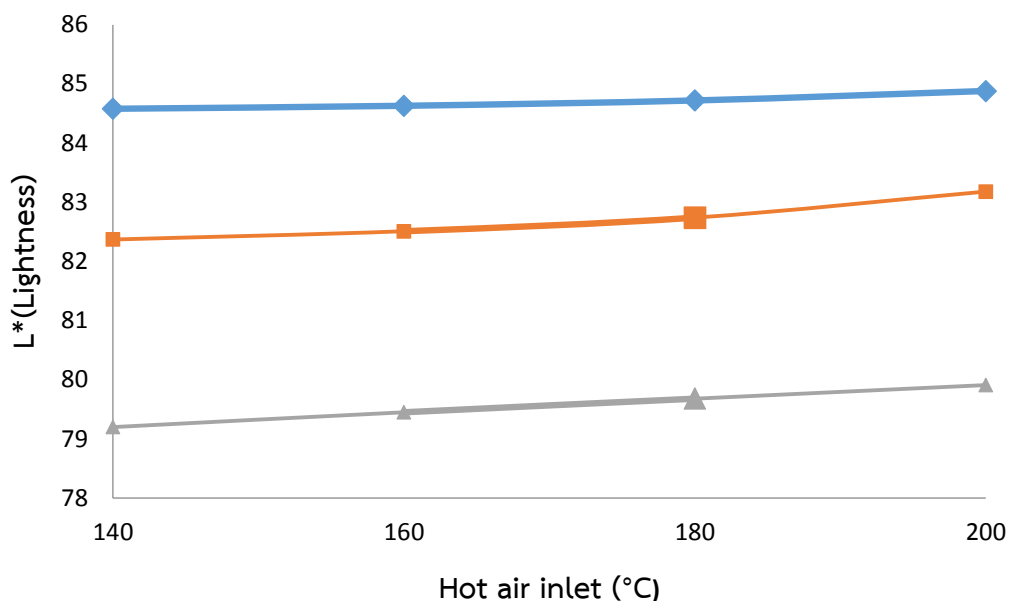
โดยใช้ผนังห่อหุ้มชนิด ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน(DE25) ■ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ● มอลโทเด็กซ์
ตริน(DE19)

4.4.4 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผงเคย

สีของอาหารเป็นองค์ประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสิ่งดึงดูดใจของผู้บริโภค ดังนั้นการวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ จึงมีความสำคัญเนื่องจากการบ่งชี้ถึงคุณภาพของการผลิตภัณฑ์ผงเคยซึ่งได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ตารางที่ 4.3 $L^*a^*b^*$ ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผงเคย

Wall Material	Hot air inlet (°C)	L^*	a^*	b^*
α -CD	140	84.58	2.29	12.23
	160	84.63	2.31	12.25
	180	84.72	2.30	12.31
	200	84.88	2.33	12.33
MD(DE19)	140	82.37	2.46	14.75
	160	82.51	2.69	14.93
	180	82.74	2.72	14.96
	200	83.18	2.62	14.65
MD(DE25)	140	79.20	2.52	13.93
	160	79.45	2.64	13.47
	180	79.68	2.78	14.15
	200	79.91	2.89	14.23



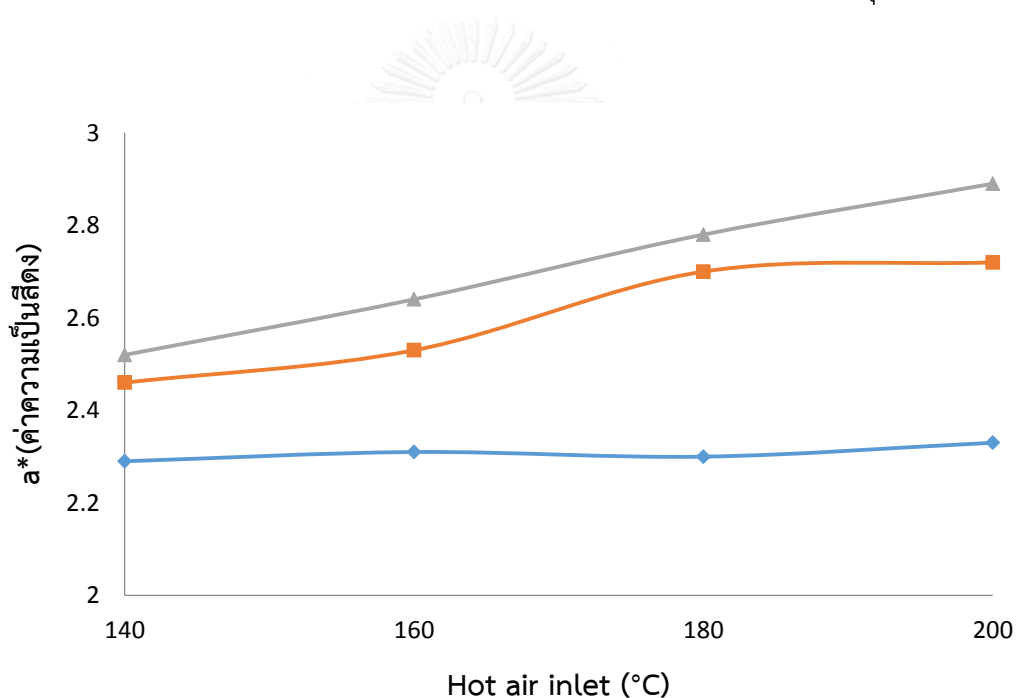
รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง(L*)ของผงอนุภาคเคยจากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

โดย ◆ แอลฟาไคโกลเด็กซ์ตริน ■ มอลโทเด็กซ์ตริน 19 ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน 25

จากรูปที่ 4.15-4.18 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของอนุภาคเคยเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่ 140, 160, 180, 200 °C โดยผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิดพบว่า α -CD มีค่าความสว่างที่ประมาณ 84.70 มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) จะมีค่าความเป็นอันดับสองมีค่าความสว่างประมาณ 82.70 และมอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) มีความสว่างน้อยที่สุดประมาณ 79.56 เนื่องจาก แอลฟาไคโกลเด็กซ์ตรินสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ (López-Nicolas JM, 2007) ซึ่งใช้แอลฟาและเบต้าไคโกลเด็กซ์ตรินในการทำน้ำพีซซึ่งผลที่ได้ทำให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ด และพบว่าเมื่อเพิ่ม DE ของมอลโทเด็กซ์ตรินพบว่ายิ่งทำให้ทนความร้อนได้ต่ำจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Furia, 1972) ซึ่งพบว่ามอลโทเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่ำ จะมีจุดเยือกแข็งคงที่ สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา Browning Reaction ได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลลดน้อยลงมาก และนอกจากการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะเกิดจากผนังห่อหุ้มแล้วอาจเป็นผลซึ่งเกิดจากสารละลายเคยเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยเป็นปฏิกิริยา Strecker degradation โดยเป็นปฏิกิริยาระหว่างไดคาร์บอนิลกับกรดอะมิโนซึ่งเป็นสารอาหารในเคยเป็น 1-deoxyosone และ 3-deoxyosone ทำให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่คืออัลดีไฮด์และแอลฟาอะมิโนคีโตน (α -amino ketone) ซึ่งเกิดจากการรวมกลุ่มเกิดเป็นสารให้กลิ่นรส คือ ไพราซีน (Pyrazine) และ ไพราดีน

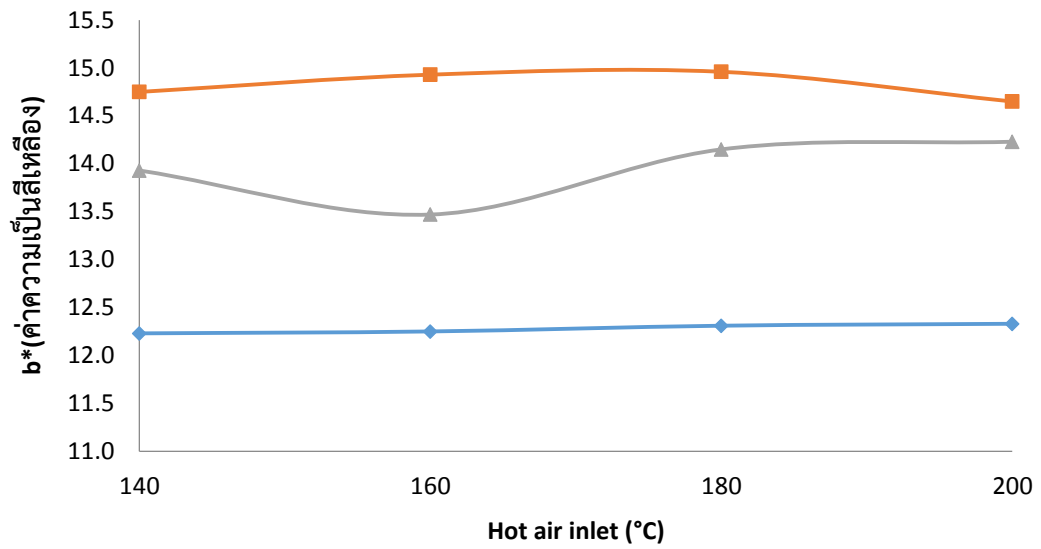
(Pyradine) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Adachi และคณะ (2014) ซึ่งได้ทำการสกัดสารละลายเคด้วยวิธี Subcritical Water ที่อุณหภูมิ 100 – 240 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดเคที่ได้รับความร้อนจะเริ่มเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเข้ม ที่อุณหภูมิ 180-240 องศาเซลเซียส อันเป็นผลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดความร้อนไปเร่งปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนซึ่งทำให้เกิดการรีดิวซ์น้ำตาล ทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อน (Koomyart, 2015)

ส่วนรูปที่ 4.17 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผงอนุภาคเคที่เพิ่มขึ้นจึงอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) หรืออาจเกิดคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Abadio, Domingues, Borges, & Oliveira, 2004) ซึ่งได้นำสัปรดมาทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโทเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้ม



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผงอนุภาคเคที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

โดย ◆ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ■ มอลโทเด็กซ์ตริน 19 ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน 25



รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง(b^*)ของผงอนุภาคเคยที่ได้จากกระบวนการอบแห้ง

แบบพ่นฝอย

โดย ◆ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน ■ มอลโทเด็กซ์ตริน 19 ▲ มอลโทเด็กซ์ตริน 25

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่า ΔE ของระบบสี $L^*a^*b^*$ ของผงเคย

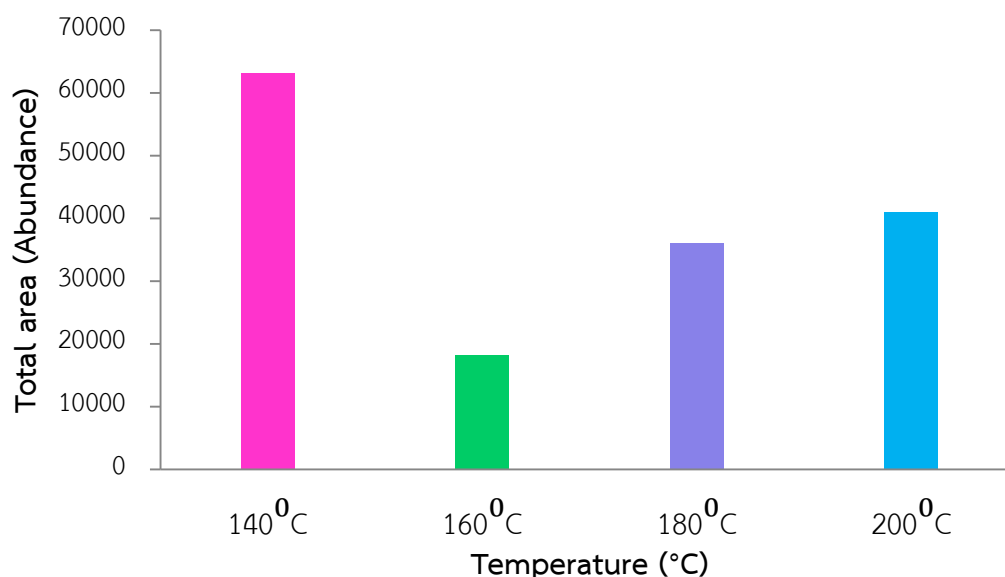
Wall Material	Hot air inlet (°C)	ΔE
α -CD	140	1.84
	160	3.13
	180	4.24
	200	4.89
MD (DE19)	140	2.98
	160	3.62
	180	4.79
	200	5.21
MD (DE 25)	140	0.69
	160	5.56
	180	8.36
	200	13.79

ค่าสีที่เปลี่ยนไป (ΔE) ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.84-13.79 โดยจากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้ม โดยพบว่าอุณหภูมิอากาศเคยที่ได้จากอุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 140°C จะมีค่าสีที่เปลี่ยนไป ΔE ต่ำสุด และผนังห่อหุ้มชนิดมอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) ที่ได้จากอุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 180°C จะมีค่าสีที่เปลี่ยนไป ΔE สูงที่สุด เนื่องจากแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมจะเพิ่มตามอุณหภูมิ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิสูงทำให้สีมีการเปลี่ยนแปลงมาก

จากการทดลองที่ได้ผลิตอนุภาคเคย โดยการใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าเมื่อใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ความร้อนตั้งแต่ 140-200 (°C) พบว่าแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินสามารถยับยั้งกระบวนการเมลลาร์ดได้ เพราะเมื่อวัดค่าสีของอนุภาคที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยเคยที่ 140 °C ได้ค่า L^* (ค่าความสว่าง) 84.58 และที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 200 °C ได้ค่า L^* 84.88 ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ (López-Nicolas

JM, 2007) ที่ได้ใช้ไซโคลเต็กซ์ตรินดัดแปลงเพื่อยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเครื่องคั่วกาแฟ

4.4.5 การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีผลในการสกัดกลีนิรสเคย

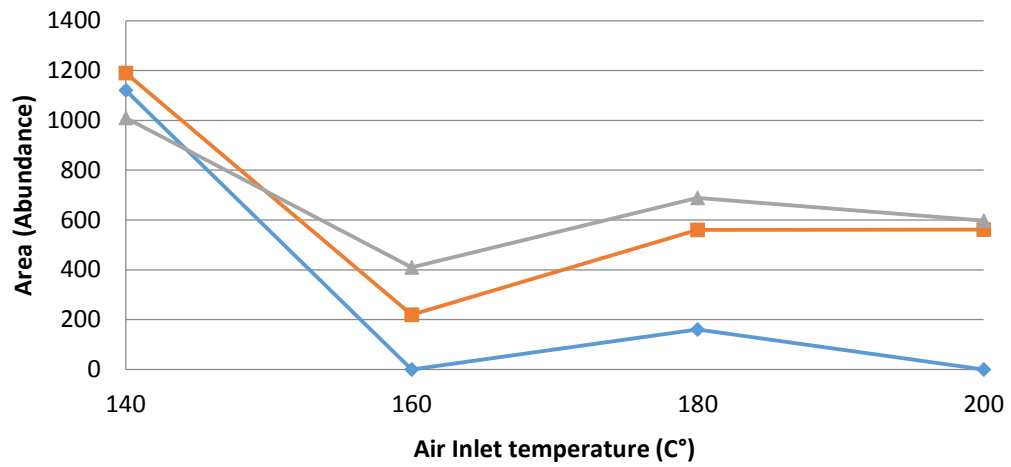


รูปที่ 4.18 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อกลีนิรสเคยโดยศึกษาผนังห่อหุ้มชนิดแอลฟาไซโคลเต็กซ์ตริน

ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยพบว่าที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มี peak area เท่ากับ 63216 ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มี peak area 18233 ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มี peak area เท่ากับ 36072 และที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสมี peak area 41043 เห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้นทำให้สารสำคัญของกลีนิรสมีปริมาณลดลงหรือสูญเสียไป

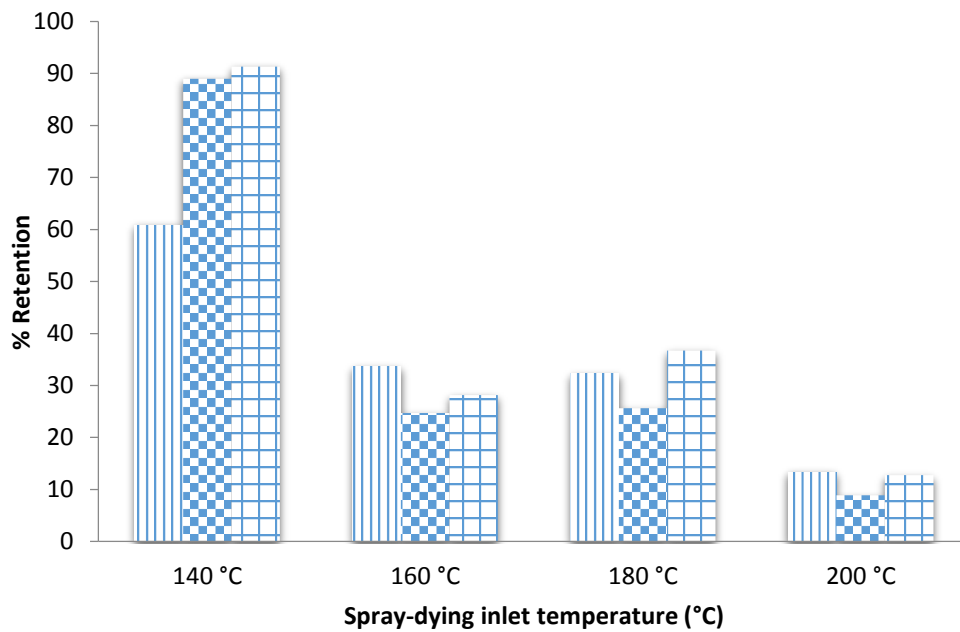
4.4.6 ผลต่อปริมาณสาร 2,3,5-trimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine, 2-methylpyrazine คงเหลือภายหลังกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

พบว่ากลีนิรของ 2,3,5-trimethylpyrazine 2,6-dimethylpyrazine, 2-methylpyrazine ซึ่งสกัดกลีนิรจากผงอนุภาคเคยโดยใช้ไซโคลเต็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มซึ่งได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 140 , 160, 180 , 200 องศาเซลเซียส จากรูปที่ 4.16 เมื่อศึกษาผงเคยที่ได้จากอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 140 องศาเซลเซียส พบว่ามีการคงเหลือของกลีนิรที่สูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสูงขึ้นพบว่าความร้อนที่สูงจะทำให้สารสลายตัว เนื่องจากทนความร้อนไม่ได้



รูปที่ 4.19 ผลของอุณหภูมิอากาศของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อกลิ่นคงเหลือในเคย

โดย ▲ 2,3,5 – trimethylpyrazine ■ 2,6-dimethylpyrazine ◆ 2 – methylpyrazine



รูปที่ 4.20 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อร้อยละการคงตัวกลิ่นรสเคย

โดยใช้ไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้ม ▨ 2 – methylpyrazine ▩ 2,6-dimethylpyrazine
 ▧ 2,3,5 –trimethylpyrazine

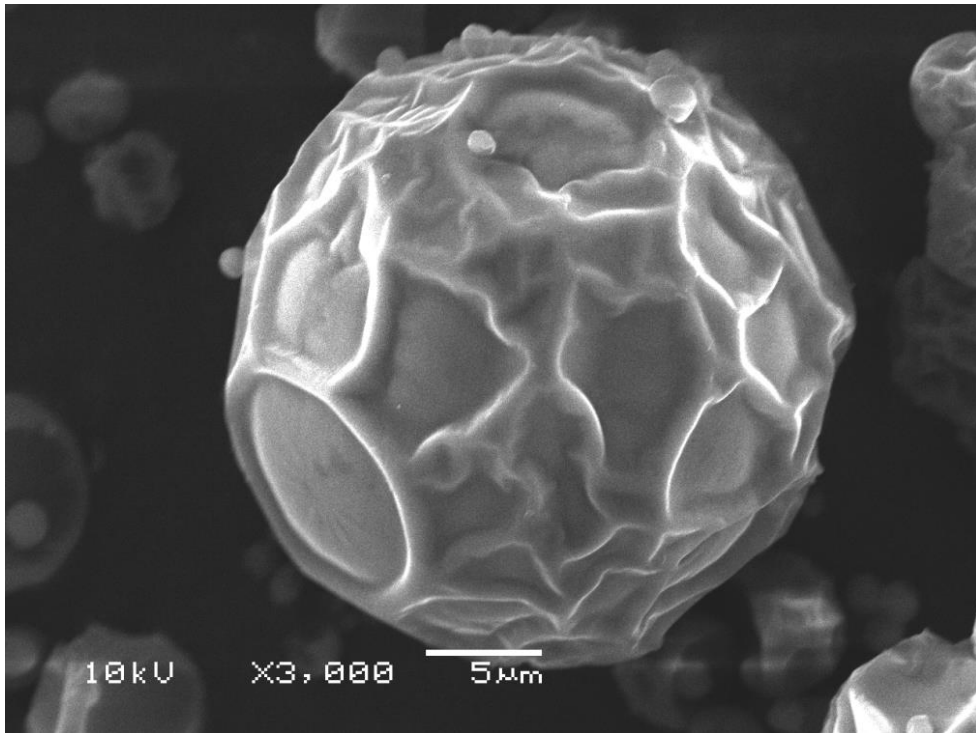
จากรูปที่ 4.17 -4.18 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย จะมีผลทำให้ร้อยละการคงอยู่ของกลิ่น 2,3,5-trimethylpyrazine, 2,6-dimethylpyrazine และ 2-methylpyrazine ลดลงเนื่องจากสารอนุพันธ์ไพราซีนมีความไวต่อความร้อนสูง จากการทดลองจึงพบว่าที่อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 140 องศาเซลเซียสจะพบการคงตัวของกลิ่นได้สูงที่สุด

4.5 การศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน

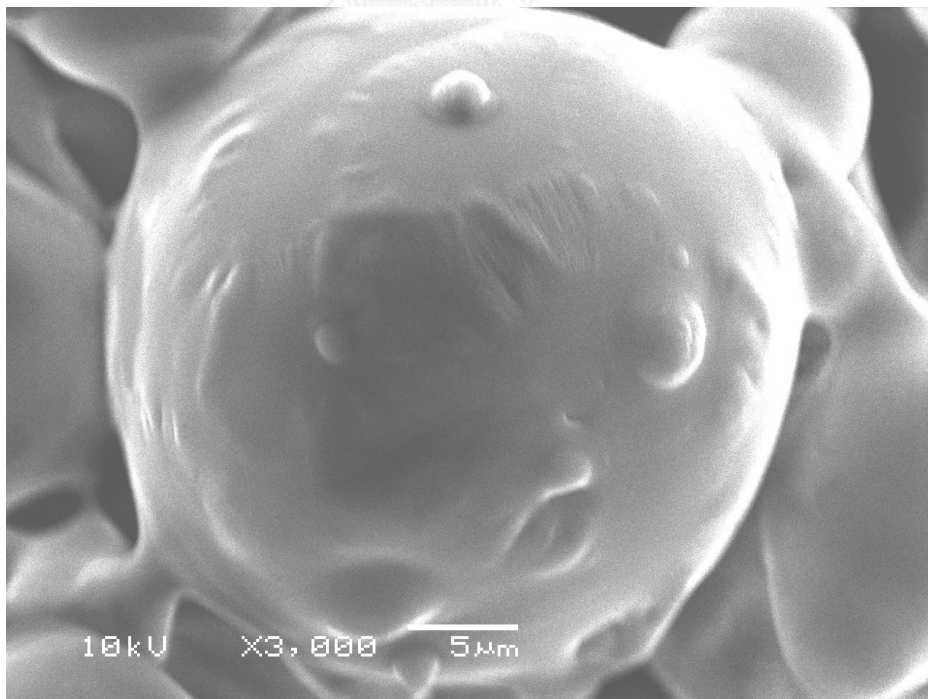
เทคนิคเอนแคปซูเลชันเป็นเทคนิคที่เก็บสารสกัดเคโดยมีผนังห่อหุ้มเพื่อป้องกันเค จากสภาพแวดล้อมที่ไม่พึงประสงค์ อาทิ ความร้อน แสงแดด ความชื้น อีกทั้งผนังห่อหุ้มบางชนิดยังมีส่วนสำคัญในการช่วยป้องกันเคจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด อีกด้วย โดยผนังห่อหุ้มที่ดีจะมีคุณสมบัติในการไม่ทำปฏิกิริยากับสารสกัดเค มีความคงตัวสูง ความชื้นต่ำ อยู่ในสถานะของแข็งและมีความหนืดต่ำ ดังนั้นเพื่อป้องกันสารเคจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งผนังห่อหุ้มจะมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ดังนั้นการเลือกผนังห่อหุ้มที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน

4.5.1 ผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดผงเค

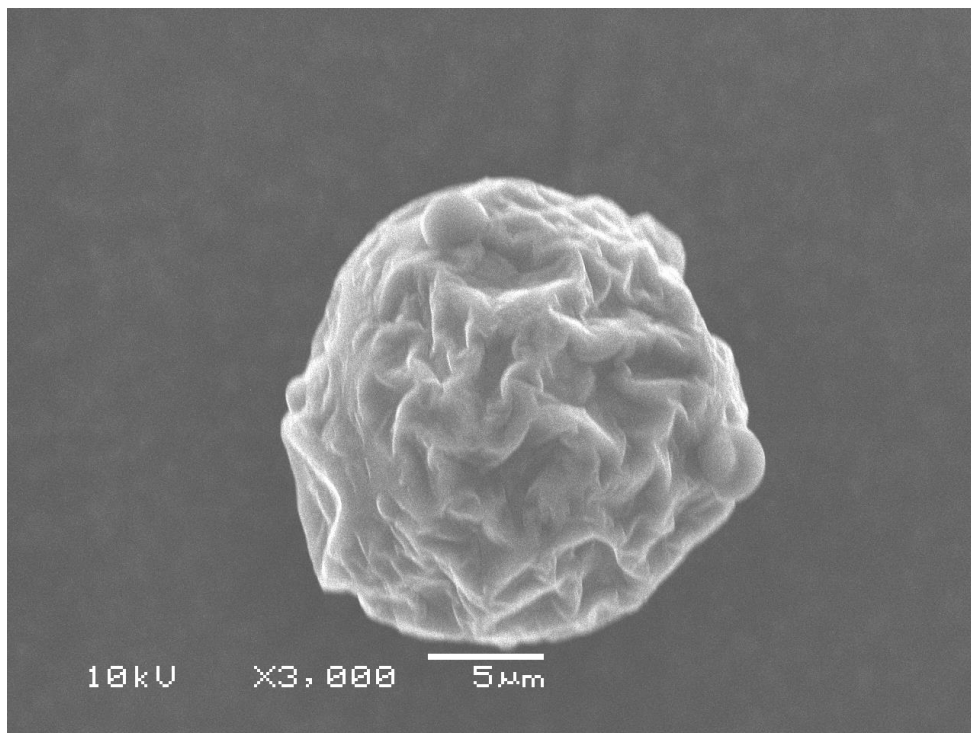
เนื่องจากในสารสกัดเคอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นจึงเลือกผนังห่อหุ้มชนิดมอลโทเด็กซ์ตรินซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเด่นคือมีความหนืดต่ำเมื่อใช้ที่ปริมาณความเข้มข้นสูง ซึ่งเหมาะในการนำมาทำการขึ้นรูปผงโดยใช้การอบแห้งแบบพ่นฝอยจากการศึกษาลักษณะโครงสร้างภายนอกของอนุภาคเค โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลจากรูป 4.19 พบว่าเมื่อทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้ผนังห่อหุ้มชนิดมอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) พบว่า มอลโทเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปฟิล์มได้ดี ผิวภายนอกของอนุภาคไม่เรียบ มีลักษณะเป็นทรงกลมเกาะกลุ่มรวมกันเนื่องจากเกิดแรงแวนเดอร์วาลส์ที่ผิว ซึ่งรอยยับที่เกิดขึ้นที่ผิวเกิดจากการที่การระเหยของเคจากความร้อน อย่างรวดเร็วจึงทำให้สารละลายเคกลายเป็นไอทำให้อนุภาคขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งไอระเหยไม่สามารถแพร่ผ่านผิวอนุภาคได้ ทำให้เกิดการยุบตัวลง จากรูป 4.6 (C) -4.9 (C) ซึ่งเป็นการบดอนุภาคก่อนเข้าเครื่องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อศึกษาโครงสร้างภายใน จากภาพพบว่าโครงสร้างภายในของอนุภาคเคมีลักษณะกลวงจึงสามารถห่อหุ้มกลิ่นเคได้ดี



รูปที่ 4.21 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลีนเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน(DE19) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000



รูปที่ 4.22 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลีนเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000

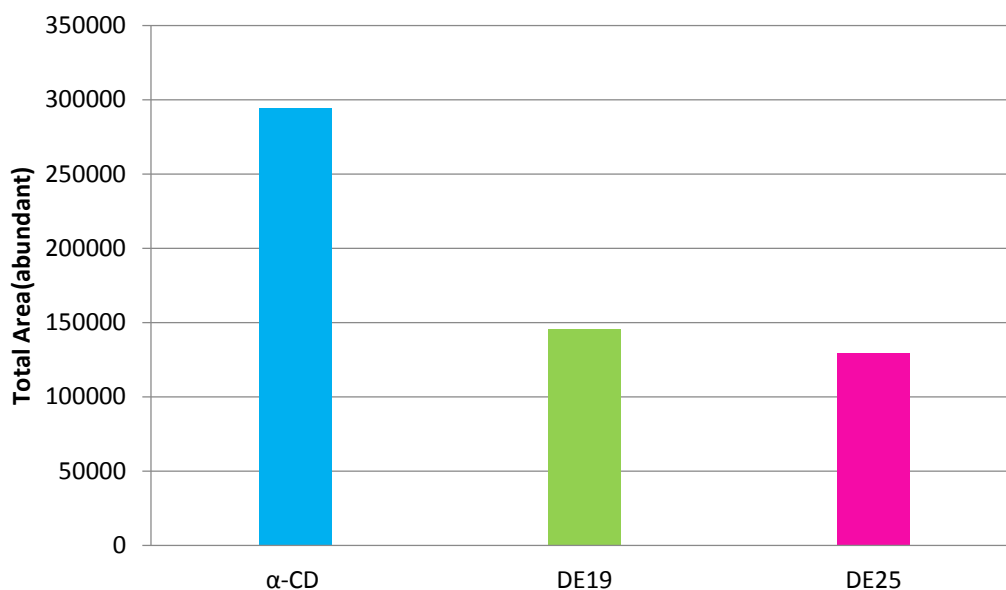


รูปที่ 4.23 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกของผงกลี้นเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน (α -Cyclodextrin) เป็นผนังห่อหุ้มโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้า 140° โดยใช้กำลังขยาย 3,000

ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองซึ่งใช้ผนังห่อหุ้มมอลโทเด็กซ์ตรินในการอบแห้งโปรตีนสกัดจากไก่ ซึ่ง (Louise Emy Kurozawa, 2006) พบว่าอนุภาคที่ใช้ผนังห่อหุ้มมอลโทเด็กซ์ตรินที่ความเข้มข้น 20 โดยน้ำหนัก ภายหลังจากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะมีลักษณะผิวขรุขระ อนุภาคหยาบๆ มีการยุบตัวเล็กน้อย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ศรีตาแสน, 2011) ซึ่งได้ทำการผลิตผงกะปิโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าเมื่อใช้มอลโทเด็กซ์ตรินเป็นสารห่อหุ้มที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะได้ผงกะปิที่มีอนุภาคผิวขรุขระ มีการยุบตัวและอนุภาคที่ได้มีขนาดไม่ใกล้เคียงกัน และผงกะปิทรงกลมจะเกาะติดกันเป็นกลุ่ม และเนื่องจากโครงสร้างภายในที่กลวง ทำให้มีประสิทธิภาพในการเก็บกลี้นกะปิได้ดี

การศึกษาไซโคลเด็กซ์ตรินที่เป็นผนังห่อหุ้มสารสกัดเคย โดยพบว่าเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิเข้าที่ 140 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลม ผิวไม่เรียบ เนื่องจากแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติในการเป็นสารเชื่อมประสาน (Binder) ดังนั้นเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยทำให้เกิดการเชื่อมประสานระหว่างอนุภาค อาจเป็นผลดังรูปที่ 4.21 ซึ่งทำให้ไซโคลเด็กซ์ตรินขึ้นรูปเป็นอนุภาคทรงกลมได้ยาก

4.5.2 การวิเคราะห์ชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีผลต่อการกักเก็บกลิ่นเคย



รูปที่ 4.24 ชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีผลต่อการกักเก็บกลิ่นเคย

จากรูปที่ 4.22 เมื่อใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินเป็นผนังห่อหุ้มอนุภาคเคยที่อุณหภูมิเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 140 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถกักเก็บกลิ่นได้สูงที่สุด มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) สามารถกักเก็บกลิ่นได้รองลงมา และพบว่ามอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) สามารถกักเก็บกลิ่นได้น้อยที่สุด

ในกระบวนการเอนแคปซูลเคย เมื่อใช้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน (α -Cyclodextrin) เป็นผนังห่อหุ้มอนุภาคกลิ่นรสเคยพบว่าเมื่อนำอนุภาคเคยมาทดสอบกลิ่นที่คงเหลือภายหลังจากกระบวนการเอนแคปซูลเคย โดยใช้เทคนิค Head-space solid phase micro extraction ในการตรวจสอบกลิ่น พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Xiang-Dong LIU, 2000) ซึ่งได้เอนแคปซูลเคย l-menthol โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ตรินเพื่อป้องกันการสูญเสียกลิ่นระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิสูงได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไซโคลเด็กซ์ตรินชนิดอื่น

จากการที่แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน (α -Cyclodextrin) มีคุณสมบัติสำคัญในการช่วยยับยั้งการระเหยของสาร ทำให้ไซโคลเด็กซ์ตรินมีความสามารถในการกักเก็บกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ดี เพราะโมเลกุลของกลิ่นจะแทรกตัวเข้าไปจับภายในวงแหวนของไซโคลเด็กซ์ตริน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน นิยมทำให้กักเก็บกลิ่นได้ดี จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการเก็บกลิ่น เช่น ช่วยลดความขมในน้ำผลไม้กลุ่มส้ม (Akira Konno, 1982) ลดกลิ่นคาวในสัตว์ทะเล เป็นต้น เนื่องจากเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้โมเลกุลของสารอินทรีย์ที่รวมตัวกันระหว่างโมเลกุลด้วย แรงแวนเดอร์

วาลส์ (Van der waal force) หรือพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นพันธะที่ทำให้ให้สารและผนังห่อหุ้มยึดอยู่ด้วยกันอย่างแข็งแรง (G. Astray 2009) จากคุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial agents) ของไซโคลเด็กซ์ทรินจึงนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุอาหาร ฟิล์มหุ้มพลาสติก และมีประสิทธิภาพสูงในการลดการสูญเสียกลิ่นอโรมา และเพิ่มการยับยั้งจุลินทรีย์ระหว่างการกักเก็บ ทำให้ (Koji Hara, 2002) นำสารประกอบเชิงซ้อนของไซโคลเด็กซ์ทรินมาใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในการบรรจุภัณฑ์อาหารทะเลแช่แข็ง

จากการวิจัยของ (Apintanapong, 2003) ได้ทำการเอนแคปซูเลชันกลิ่นข้าวพวามอลโทเด็กซ์ทริน เป็นสารที่ทำให้โมเลกุลกลิ่นคงตัวได้ดี มีความหนืดต่ำที่ปริมาณของแข็งสูงมีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำตาลเด็กซ์โทรส(dextrose)ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้ง เมื่อค่าสมมูลเด็กซ์โทรสมีค่าสูง ซึ่งจะมีอนุพันธ์น้ำตาลมากขึ้นจะทำให้เป็นผนังห่อหุ้มซึ่งสามารถกั้นออกซิเจนไม่ให้เข้ามาสู่ภายในอนุภาคได้ ทำให้พบว่ายิ่งค่าสมมูลเด็กซ์โทรสมีค่าสูง จะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Hogan SA, 2003) ในการเอนแคปซูเลชันน้ำมันปลาด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินผสมกับไซเตียมเคซีเนต พบว่า ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชันสูงขึ้น อีกทั้งยังพบงานวิจัยของ (ศรिताแสน, 2011) ที่ได้ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินเป็นผนังห่อหุ้มน้ำกะปิโดยใช้กระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าสามารถกักเก็บกลิ่นกะปิได้ดี ทำให้ลดปริมาณกลิ่นเหม็นของกะปิลง อนุภาคจับตัวเป็นก้อนเล็กน้อย มีการลอมตัวช้า อีกทั้งมอลโทเด็กซ์ทริน (DE10) ที่ใช้ยังทนความร้อนได้ดีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีอนุภาคค่อนข้างน้อย และจากการวิจัยของ (ประดิษฐ์ดวง, 2552) พบว่าเมื่อนำของเหลวที่ได้จากการหมักกะปิมาทำประโยชน์ โดยการนำน้ำกะปิมาทำการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่ามอลโทเด็กซ์ทรินความเข้มข้น 20%W/W สามารถห่อหุ้มกลิ่นกะปิได้ดี เป็นผงทำให้อ่อนนุ่มลง เนื่องจากมอลโทเด็กซ์มีการลอมตัวขึ้นรูปช้า สามารถกักเก็บกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ดี

จากผลการศึกษาเมื่อใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันในการกักเก็บเคียดด้วยผนังห่อหุ้มมอลโทเด็กซ์ทรินชนิด DE25 พบว่าเมื่อค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent) สูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บกลิ่นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยซึ่งศึกษาการคงเหลือของกลิ่น octane, 2-octanone, octanal, methyl-2-octenoate, oct-1-en-3-ol และ 2,5-dimethylpyrazine ซึ่งได้จากการกักเก็บกลิ่นด้วยการห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่าเพิ่มขึ้น DE10, DE 15, DE20, DE25 และ DE36.5 โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย ผลการศึกษาพบว่าที่ ค่าสมมูลเด็กซ์โทรสที่น้อยเท่ากับ 10 (DE10) สามารถรักษากลิ่นของสารระเหยได้ดีที่สุด แต่ข้อดีของการเพิ่มค่าสมมูลเด็กซ์โทรส(DE) จากการศึกษาของ (S.Anandaraman, 1986) จากการศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำมันผิวสัมพบว่า เมื่อ

เพิ่มค่าสมมูลเด็กซ์โตรส(DE) จะยิ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุด

เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ตริน (Tonon RV) เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งมอลโทเด็กซ์ตรินยังสามารถป้องกันสารสกัดเคยจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีและเกิดการขึ้นรูปฟิล์มที่ผิวอนุภาคได้(Shahidi, 1993) ผลจากการที่โครงสร้างของมอลโทเด็กซ์ตรินเป็นโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมต่อกัน ทำให้มีเพียงหมู่ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) มอลโทเด็กซ์ตรินจึงไม่มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ จึงทำให้สารไวต่อความร้อน ซึ่งทำให้กลั่นคงตัวภายหลังจากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยลดลง เพราะสารสกัดเคยซึ่งห่อหุ้มด้วยมอลโทเด็กซ์ตรินไม่คงตัว ซึ่งซึ่งสอดคล้องกับ (Qi, 1999)

4.5.3 ผลของชนิดผนังห่อหุ้มที่มีต่อความชื้น

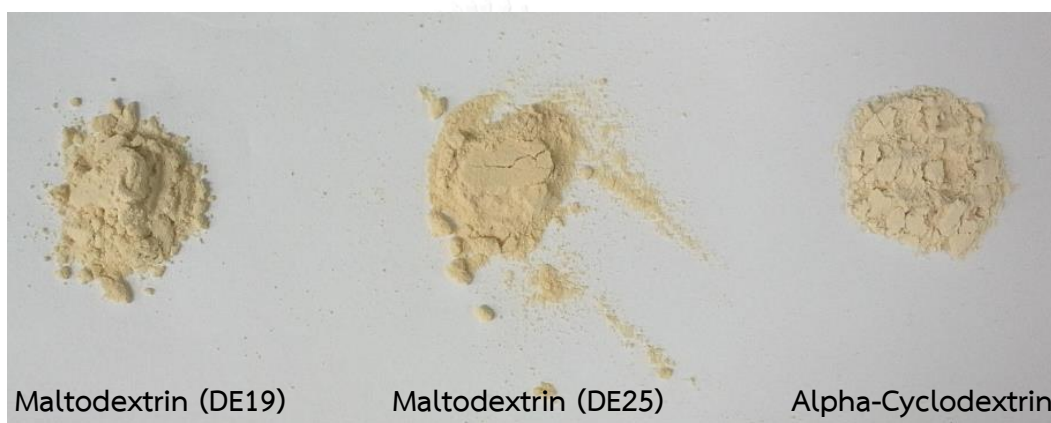
ในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยผนังห่อหุ้มที่นิยมใช้ควรเป็นผนังที่สามารถห่อหุ้มสารสำคัญที่สามารถละลายในน้ำได้มาก และมีความหนืดต่ำที่ความเข้มข้นสูง มีความทนทานต่อความร้อนได้ดี และมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการคือ ทนความชื้นได้ดี เนื่องจากความชื้นมีความสำคัญกับอาหารแปรรูปแบบผง เพราะทำให้อนุภาคผงเกาะติดกันมากขึ้น โดยนำผงอนุภาคเคยมาวัดความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fisher Moisture Titrator ซึ่งจากรูปที่ 4.14 พบว่ามอลโทเด็กซ์ตริน(DE25) จะมีความชื้นสูงที่สุด แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินจะมีความชื้นเป็นอันดับสอง และมอลโทเด็กซ์ตริน(DE19) เป็นผนังห่อหุ้มซึ่งสามารถดูดความชื้นได้ต่ำที่สุด

มอลโทเด็กซ์ตรินที่ DE25 จะมีค่าความชื้นสูงที่สุด โดยความชื้นสูงกว่า DE19 เนื่องจากเมื่อเพิ่มค่าสมมูลเด็กซ์โตรสจะทำให้ผนังห่อหุ้มเป็นกำแพงที่ทำให้การแพร่ผ่านของออกซิเจนยาก ซึ่งทำให้สามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศได้ดี (High Hygroscopic) เป็นผลทำให้ที่ DE สูง ทำให้เมื่อวัดความชื้นที่ได้ค่าจะสูง ซึ่งอาจทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (T_g)ต่ำ อนุภาคที่ได้จึงอาจมีความหนืดซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการรักษา

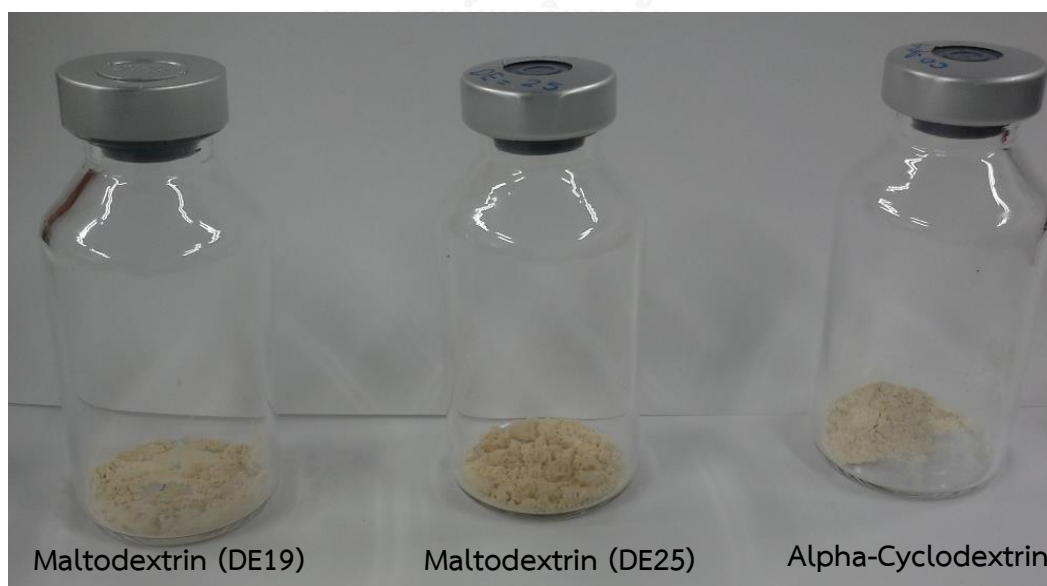
จากการศึกษา (Szente & Szejtli, 2004) พบว่า ไซโคลเด็กซ์ตรินคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากบรรยากาศต่ำทำให้มีอายุการเก็บรักษา (shelf life) ที่นานซึ่งปริมาณความชื้นภายในผงอนุภาคเคยที่สูงจะมีผลต่อเสถียรภาพทางกายภาพ เนื่องจากจะทำให้เกิดการเกาะติดกันเป็นกลุ่ม ทำให้การปลดปล่อยกลั่นลดลง และถ้าผงอนุภาคเคยมีความชื้นที่ต่ำจะทำให้สามารถเก็บรักษาได้ดี จะสามารถนำไปเก็บรักษาได้ดีในสภาวะแห้ง (Bhandari BR, 1999)

4.6 การศึกษาผลของความร้อนที่มีผลต่อเสถียรภาพของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน

ในการศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่มีผลต่อกระบวนการเอนแคปซูเลชันของเคย พบว่า แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน สามารถกักเก็บกลิ่นของสารสกัดเคยได้ดีที่สุด เนื่องจากมีลักษณะโมเลกุลเป็นรูปวงแหวนที่มีอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส 6 โมเลกุล เชื่อมต่อกันเป็นวงแหวน ทำให้โครงสร้างวงแหวนมีลักษณะค่อนข้างแข็งเป็นโพรง สามารถกักออกซิเจนให้ไม่เข้าสู่ภายในอนุภาคเคย ทำให้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันเมื่อเปรียบเทียบกับผนังห่อหุ้มชนิดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Shiga H., 2004) พบว่า แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน สามารถทนต่อความชื้นและทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าสารห่อหุ้มชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ (Reineccius, 1989)



รูปที่ 4.25 ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.26 ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.27 ผลของการอบผนังห่อหุ้มของสารสกัดเคยที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.23-4.25 นำสารสกัดเคยที่ได้มาทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส มาทดสอบการทนความร้อนที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า ผนังห่อหุ้มมอลโทเด็กซ์ตริน DE19, DE25 และแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตริน สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดี และเมื่อทดสอบการทนความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส พบว่ามอลโทเด็กซ์ตริน DE25 เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นเป็นผลเนื่องจากค่าสมมูลเด็กซ์โทสที่มากจะยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ไม่ดี



รูปที่ 4.28 ผลการอบผงเคยในตู้อบอุณหภูมิที่ 105 °C

จากรูปที่ 4.26 นำผงเคยอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อทดสอบการคงทนต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ด ผลการศึกษาพบว่าแอลฟาไซโคลเด็กซ์สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่ง เป็นปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรีดิวซ์น้ำตาลกลูโคสกับสารประกอบไนโตรเจน กรดอะมิโน โปรตีน ซึ่งมีปัจจัยสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาคือ ความร้อน ผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดคือ เกิดกลิ่นรสคล้ายน้ำตาลไหม้ และ มีสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากความร้อนจากการอบที่อุณหภูมิสูงๆ ซึ่งผลงานวิจัยสอดคล้องกับการวิจัยของ (López-Nicolas JM, 2007) ที่ใช้แอลฟาและเบต้าไซโคลเด็กซ์ตรินในการทำน้ำพีซีเป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ด อีก

ทั้งยังสอดคล้องกับ (K.Kawashima, 1980) ซึ่งได้ทดสอบการคงตัวของสีของส้มเชือก โดยการเติมเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน (β -CD) ที่ความเข้มข้น 0.2 % โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน มีคุณสมบัติในการทนความร้อนโดยพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน

ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคเคยเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงอาจเป็นผลเนื่องจากสารละลายเคย ซึ่งได้จากการสกัดกึ่งเคยในส่วนเปลือกสีส้มก็มีส่วนประกอบของกรดอะมิโน ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยา Strecker degradation โดยเป็นปฏิกิริยาระหว่างไดคาร์บอนิลกับกรดอะมิโน ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นของ 2-methylbutanal, 3-methylbutanal และไพราซีน ซึ่งเป็นกลิ่นที่พบได้ในอาหารทะเล (B. Sun Pan, 1994) ซึ่งอาจอนุภาคเคยเกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากทำให้เกิด Browning reaction (Lu, 2015)

เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อสารห่อหุ้มมอลโทเด็กซ์ตรินที่มีค่าสมมูลเด็กซ์โตสที่ 19 และ 25 พบว่าผงอนุภาคเคยที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความสว่าง (lightness) พบว่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากอนุภาคเคยผ่านหัวฉีดน้อซเซิลขณะอบแห้งภายในเวลาไม่นานจึงทำให้ความร้อนมีผลกระทบต่อผงเคยน้อยมาก

เนื่องจากเคยมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนซึ่งพบได้ในโครงสร้างเปลือก จึงทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ซึ่งจะเป็สาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นกระบวนการซึ่งสามารถป้องกันได้ (Fujimoto, 1981) พบว่าถ้าหากเติมเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน (β -CD) ที่ความเข้มข้น 20 % ในผงน้ำผลไม้อบแห้ง ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและอลานีน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน (β -CD) สามารถเพิ่มเสถียรภาพให้ผลิตภัณฑ์ได้อย่างดียิ่งขึ้น โดยเก็บรักษาผงน้ำผลไม้อบแห้ง ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน โดยผลการศึกษาพบว่าสีที่ได้ไม่มีเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อพิจารณาตัวแปรควบคุมซึ่งไม่ได้เติมเบต้าไซโคลเด็กซ์ตริน (β -CD) พบว่าสีเริ่มจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในวันที่ 4 ที่อุณหภูมิในการอบ 40 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกักเก็บสารละลายของสารสกัดเคย โยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งเริ่มจากวิธีการสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤต (Subcritical water) หาสารสำคัญและปริมาณสารสำคัญในอนุภาคเคย ใช้ไฟเบอร์ชนิด DVB /CAR/PDMS Stable Flex, 50/30 μm จากนั้นนำมาตรวจวัดหาชนิดของสารองค์ประกอบของอนุภาคเคยด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปคโตรมิเตอร์ (GS-MS) และวิเคราะห์กลิ่นเคยโดยใช้เทคนิค HS-SPME ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคยที่เกิดจากปัจจัยด้านอุณหภูมิเข้า ความเหมาะสมของเวลาในการสกัดกลิ่นเคย ศึกษาชนิดของสารหอมที่มีผลต่อกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

ผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้

5.1.1. ผลการศึกษาหาสารสำคัญในเคย

จากการทดลองพบว่า สารสำคัญของอนุภาคเคยประกอบด้วย สารกลุ่ม pyrazine สารอนุพันธ์ที่พบประกอบด้วยสารสำคัญได้แก่ 2,6-dimethylpyrazine, 2,3,5 Trimethylpyrazine, 2-methylpyrazine สารดังกล่าวมีลักษณะมีกลิ่นหวาน (Sweet) กลิ่นเขียว (Green) กลิ่นอัลมอนด์ (almond)

นอกจากนี้ เคยยังประกอบด้วยสารสำคัญอื่นๆ อาทิ สารในกลุ่ม Carboxylic acid, Amine, sulfide, Alcohol, Ketone, Alkane, Aldehyde

5.1.2. ผลการศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการสกัดกลิ่นรสเคย

5.1.2.1 ผลจากอุณหภูมิในการสกัดกลิ่น โดยใช้เทคนิค HS-SPMN/GC-MS พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดกลิ่นเคย และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดในการสกัดกลิ่น

5.1.2.2 ผลของเวลาที่เข้าสู่สภาพสมดุลของวัฏจักรภาคไอ สกัดกลิ่นในช่วงเวลา 15-75 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ 60 นาที สามารถสกัดกลิ่นทำให้พื้นที่พีคได้สูงที่สุด

5.1.2.3 ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า ที่มีต่อคุณสมบัติของอนุภาคเคย พบว่าอุณหภูมิขาเข้าที่ 140 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิอากาศร้อนเข้ามี peak area สูงสุด

ก. ผลของอุณหภูมิขาเข้าที่มีลักษณะโครงสร้างของอนุภาคของผงเคย

ผลจากการส่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่งกราด (SEM) พบว่า ผงอนุภาคที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 140 และ 160 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่มีลักษณะกลม มีขนาด 10-20 μm ผิวขรุขระ ส่วนโครงสร้างภายนอกของอนุภาคเคยที่อุณหภูมิขาเข้า 180 และ 200 องศาเซลเซียสพบว่าอนุภาคเคยมีลักษณะคล้ายลูกบอลลูน ซึ่งแตกออก

ข. ผลต่อความชื้นพบว่า เมื่อเพิ่ม อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า จะส่งผลทำให้ความชื้นในอนุภาคผงแห้งลดลง

ค. ผลของอุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีและผงเคย

การทดลอง เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด พบว่า α -CD มีค่าความสว่างที่ประมาณ 84.70 มอลโตเด็กซ์ทริน (DE19) มีค่าความสว่างประมาณ 82.70 และ มอลโตเด็กซ์ทริน (DE25) มีความสว่างน้อยที่สุดประมาณ 79.56 โดยค่าสีที่เปลี่ยนไป ΔE มีค่าระหว่าง 1.84-13.79 และพบว่าอนุภาคเคยที่ได้จากผนังห่อหุ้มแบบพ่นฝอยที่ 140 องศาเซลเซียส มีค่าสีเปลี่ยนแปลงต่ำสุด ผนังห่อหุ้มชนิด มอลโตเด็กซ์ทริน (DE25) ที่ได้จากอุณหภูมิการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ 180 องศาเซลเซียส มีค่าสีที่เปลี่ยนไปสูงที่สุด แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมจะเปลี่ยนตามอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิสูง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมาก

ง. ผลของอุณหภูมิอากาศขาเข้า 140 องศาเซลเซียส มี peak area สูงสุด

จ. ผลต่อปริมาณสาร 2,3,5-trimethylpyrazine พบว่าผงเคยที่ได้จากอุณหภูมิขาเข้าที่ 140 องศาเซลเซียส มีการคงเหลือของกลิ่น มากที่สุด

5.1.3 ผลการศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่เหมาะสมต่อเทคนิคเอนแคปซูเลชัน

5.1.3.1 ผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเม็ดผงเคย

ลักษณะโครงสร้างภายนอกพบว่ามอลโตเด็กซ์ทริน มีคุณสมบัติในการขึ้นรูปฟิล์มได้ดี โครงสร้างภายในของอนุภาคเคย มีลักษณะกลวง จึงสามารถห่อหุ้มกลิ่นเคยได้ดี

5.1.3.2 ผลการศึกษาชนิดของผนังห่อหุ้มที่มีผลต่อความชื้น

มอลโตเด็กซ์ทริน (DE25) มีความชื้นสูงที่สุด รองลงมา คือ แอลฟาไซโคลเด็กซ์ทริน และ มอลโตเด็กซ์ทริน (DE19) เป็นผนังห่อหุ้มที่ดูดความชื้นได้ต่ำที่สุด

5.1.4 ผลของความร้อนที่มีผลต่อเสถียรภาพของสารห่อหุ้มที่เหมาะสม

เมื่อตรวจวัดขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคเคที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย จะพบว่าอนุภาคที่พบจะมีขนาด 15 – 25 μm โดยลักษณะของการกระจายตัวมีการแจกแจงปกติ มีลักษณะกราฟคล้ายระฆังคว่ำ และเมื่อเพิ่มอากาศร้อนเข้าในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่ามีผลโดยตรงต่อความชื้นของอนุภาคผงเค เมื่อศึกษาชนิดของสารห่อหุ้มที่มีผลต่อกระบวนการเอนแคปซูลชันของเค พบว่าแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินสามารถกักเก็บกลิ่นของสารสกัดเคได้ดีที่สุด นอกจากนี้แอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินยังมีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE19) และ มอลโทเด็กซ์ตริน (DE25) ในงานวิจัยนี้ยังพบอีกว่าแอลฟาไซโคลเด็กซ์ตรินยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีผนังห่อหุ้มชนิดใดมีคุณสมบัติครบทุกประการ จึงควรศึกษาการผสมกันระหว่างมอลโทเด็กซ์ตรินผสมกับไซโคลเด็กซ์ตริน เนื่องจากไซโคลเด็กซ์สามารถกักเก็บกลิ่นได้ดี สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ จึงควรนำมาผสมกับมอลโทเด็กซ์ตรินที่ขึ้นรูปได้ดี เพื่อให้การกักเก็บสารละลายของสารสกัดเคด้วยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สารในเคสามารถย่อยต่อการเกิดออกซิเดชันจึงควรศึกษาการเก็บรักษาผงเคที่ 15, 30, 45 วัน เพื่อในอนาคตสามารถพัฒนาเคให้อยู่ในรูปอาหารเสริมแคปซูล จะได้เป็นการยืดอายุการเก็บรักษาเคได้ และควรทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ผงเคอบแห้ง เช่น ควรทดสอบว่าอุณหภูมิแช่แข็งที่ -5 องศาเซลเซียส มีผลต่อกลิ่นคงเหลือของเคอย่างไร และในอนาคตเมื่อพัฒนาเป็นผงเคปรุงรส ซึ่งอาจนำไปผสมในก๋วยเตี๋ยวสำหรับเพื่อเพิ่มรสชาติ ดังนั้นจึงควรทดสอบการปลดปล่อยกลิ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ว่ามีการปลดปล่อยกลิ่นอย่างไร

รายการอ้างอิง

- A. Madene, M. J., J. Desobry. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1-21.
- Akira Konno, M. M., Jun Toda, Takeo Wada & Katsuharu Yasumatsu. (1982). Bitterness Reduction of Naringin and Limonin by β -Cyclodextrin. *Agricultural and Biological Chemistry*, 46(9), 2203-2208.
- Alvarenga Botrel, D., Vilela Borges, S., Victória de Barros Fernandes, R., Dantas Viana, A., Maria Gomes da Costa, J. and Reginaldo Marques, G. . (2012). Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. . *International Journal of Food Science & Technology*, 47(11), 2289-2296.
- AP, S. (1991). omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The american Journal of Clinical Nutrition*(54), 438-463.
- Apintanapong, M. a. N., A. (2003). The use of spray drying to microencapsulation 2-acetyl-1-pyrroline, a major flavour component of aromatic rice. *Journal of Food Science and Technology* 38, 95-102.
- Asep Bayu Dani Nandiyanto, K. O. (2011). Progress in developing spray-drying methods for the production of controlled morphology particles: From the nanometer to submicrometer size ranges. *Advanced Powder Technology*(22), 1-19.
- B. Sun Pan, J.-M. K. (1994). *Flavour of shellfish and kamaboko flavorants*.
- Bayram, Ö. A., Bayram, M., & Tekin, A. R. (2005). Spray drying of sumac flavour using sodium chloride, sucrose, glucose and starch as carriers. *Journal of Food Engineering*, 69(2), 253-260. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2004.08.012
- Bernhard, E. I. a. R. A. (1996). Solid-Phase Microextraction (SPME) of Pyrazines in Model Reaction Systems *J Sci Food Agric*, 72, 91-96.
- Bhandari BR, H. T. (1999). Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. *J Food Eng.*, 40, 71-79.

- C.W. Ho, W. M. W. A., M.Y.Maskat, H. Osman. (2006). Optimization of headspace solid phase microextraction (HS-SPME) for gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) analysis of aroma compound in palm sugar (*Arenga pinnata*).
- Chang, S.-m., & Doong, R.-a. (2006). Concentration and fate of persistent organochlorine pesticides in estuarine sediments using headspace solid-phase microextraction. *Chemosphere*, 62(11), 1869-1878. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.07.023>
- Dimitra A. Lambropoulou, T. A. A. (2001). Optimization of headspace solid-phase microextraction conditions for the determination of organophosphorus insecticides in natural waters. *Journal of Chromatography*, 922, 243-255.
- Drusch, S. M., Saverio. (2009). Patent-based review on industrial approaches for the microencapsulation of oils rich in polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science & Technology*, 20(6-7), 237-244. doi: 10.1016/j.tifs.2009.03.007
- Fernandes, R. V. d. B., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101(0), 524-532. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>
- Fujimoto, S. (1981). Prevention of quality deterioration in rice. *Jpn. Kokai JP*.
- Furia, T. E. (1972). *Sequestrants in food*. CRC Press, Boca Raton,.
- G. Astray , C. G.-B., J.C. Mejuto , R. Rial-Otero , J. Simal-Ga´ndara (2009). A review on the use of cyclodextrins in foods. *Food Hydrocolloids*, 23, 1631–1640.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Gibbs, B. F. (1999). Encapsulation in the food industry. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*(50), 213-224.
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G., & Kazakis, N. A. (2004). Influence of Spray Drying Conditions on Tomato Powder Properties. *Drying Technology*, 22(5), 1129-1151. doi: 10.1081/DRT-120038584

- Grosch, C. M. W. (1996). Changes in the Odorants of Boiled Salmon and Cod As Affected by the Storage of the Raw Material. *J. Agric. Food Chem*, 44(8), 2366-2371.
- Hamner WM, H. P., Strand SW, Gilmer RW. (1983). Behavior of Antarctic Krill, *Euphausia* *superba*: Chemoreception, Feeding, Schooling, and Molting. *Science* (220), 433-435.
- Hiroyuki Kataokaa , H. L. L., Janusz Pawliszynb. (2000). Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography*, 880, 35-62.
- Hogan SA, O. R. E., O'Sullivan M. (2003). Microencapsulation and oxidative stability of spray-dried fish oil emulsions. *J Microencapsul*, 20(5), 675-688.
- Idham, Z., Muhamad, I.I. and Sarmidi, M.R. (2012). Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Food Process Engineering.*, 35, 522-542.
- K.Kawashima. (1980). Prevention of discoloration of food colorants. *Jpn. Kokai JP*.
- Koji Hara, K. M. (2002). Effects of Cyclodextrins on Deodoration of “Aging Odor”. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 44, 241-245.
- Koomyart, I., Nagamizu, H., Khuwijitjaru, P., Kobayashi, T., Shiga, H., Yoshii, H. and Adachi, S. (2015). Compositions, flavour and antiradical properties of products from subcritical water treatment of raw *Isada* krill. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 1632-1639.
- Krishnan, S., Bhosale, R., & Singhal, R. S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61(1), 95-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.02.020>
- kwanhathai Nakchu, J. M., ,Sumitra Boonbumrung,กาญจนา มหัทธนนที,Wanwimol Klaypradit. (2003). *Flavor characterization of natural shrimp flavor obtained from shrimp head by using HS-SPME/GC-MS.*
- Kwon Tae young, P. J., Jung MY. (2013). Headspace-solid phase microextraction-gas chromatography-tandem mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS2) method for

- the determination of pyrazines in perilla seed oils: impact of roasting on the pyrazines in perilla seed oils. *J Agric Food Chem.*, 61(36), 8514-8523.
- López-Nicolas JM, P.-L. A., Carbonell-Barrachina A, García-Carmona F. (2007). Use of natural and modified cyclodextrins as inhibiting agents of peach juice enzymatic browning. *J Agric Food Chem.*, 55(13), 5312-5319.
- Lorenzo, J. M. (2014). Influence of the type of fiber coating and extraction time on foal dry-cured loin volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME). *Meat Science*, 96(1), 179-186. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.017>
- Louise Emy Kurozawa, K. J. P., Miriam Dupas Hubingera. (2006). Spray Drying of Chicken Meat Protein Hydrolysate: Influence of Process Conditions on Powder Property and Dryer Performance. *Drying Technology*, 29(2), 163-173.
- Lu, F. S. H., Bruheim, I. and Jacobsen, C. . (2015). Maillard reaction and lipid peroxidation contribute to non-enzymatic browning in krill-based products: A model study on proposed mechanisms. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 117, 421-430.
- M.I.Re. (1998). Microencapsulation by spray dring. *Drying Technology*.
- Mahamaktudsanee, T. (2009). *Microencapsulation of macadamia oil by spray drying*. Chulalongkorn university.
- Mahdavee Khazaei, K., Jafari, S. M., Ghorbani, M., & Hemmati Kakhki, A. (2014). Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. *Carbohydrate Polymers*, 105(0), 57-62. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.042>
- Mandeville, S., Yaylayan, V., & Simpson, B. (1992). GC/MS analysis of flavor-active compounds in cooked commercial shrimp waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(7), 1275-1279. doi: 10.1021/jf00019a039
- Masters, K. (1991). *Spray Dying Handbook*. London: Longman Scientific & Technical.

- Nishimura, S. M. (1990). Investigation of 2-hydroxy-2-cyclopenten-1-ones in roasted coffee. *J. Agric. Food Chem*, 38(4), 1038-1041.
- Ortega-Rivas, E., Juliano, Pablo, Yan, Hong. (2005). *Food Powders Physical Properties, Processing, and Functionality*: Springer US.
- Özgür Arslan Bayram, M. B., Ali R Tekin. (2005). Spray drying of sumac flavour using sodium chloride, sucrose, glucose and starch as carriers. *J Food Eng. Journal of Food Engineering*, 69(2), 253-260.
- Puvipiom, J. (2003). *Production Factor Affecting Flavor Compounds in Thai Coffee*. Kasertsart University.
- Puwanart Fuggate, C. W.-A., Sompoch Noichinda and Sirichai Kanlayanarat. (2010). Applications of SPME for detection of aroma volatile compositions in hybrid netted melon. *Agricultural Science Journal*, 41(1), 31-34.
- Qi, Z. H. X., A. (1999). Starch -based ingredients for flavor encapsulation. *Cereal Foods World*, 44, 460-465.
- Quek, S. Y. C., N.K.; Swedlund, P. . (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing 2007*, 46, 386-392., 46(5), 386-392.
- R. Partanen, J. R., R. Seppänen, J. Buchert, E. Kauppinen, P. Forsell. (2008). Effect of relative humidity on oxidation of flaxseed oil in spray dried whey protein emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5717-5722.
- Reineccius, G. A. (1989). Flavour encapsulation. *Food Rev.*, 5(147).
- S.Anandaraman. (1986). Stability of encapsulated orange peel oil. *Food Technology*, 40(11), 88-93.
- Seda Ersus Bilek, U. Y. (2007). Microcapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 805-812.
- Shahidi, F. a. H., X. Q. . (1993). Encapsulation of food ingredients. . *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(6), 501-547.
- Shiga H., Y. H., Ohe H, Yasuda M, Furuta T, Kuwahara H, Ohkawara M, Linko P. (2004). Encapsulation of shiitake (*Lenthinus edodes*) flavors by spray drying. *Biosci Biotechnol Biochem.*, 68(1), 66-71.

- Sobel, R., Versic, R., & Gaonkar, A. G. (2014). Chapter 1 - Introduction to Microencapsulation and Controlled Delivery in Foods. In A. G. Gaonkar, N. Vasisht, A. R. Khare & R. Sobel (Eds.), *Microencapsulation in the Food Industry* (pp. 3-12). San Diego: Academic Press.
- Sriratanatham, T. (2012). *Encapsulation of Anthocyanin from mulberry using spray drying under vacuum*. Chulalongkorn university.
- Sritasaen, D. (2011). *Production of seasoning powder from liquid by product of shrimp fermentation*. silpakorn university.
- Szente, L., & Szejtli, J. (2004). Cyclodextrins as food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 137-142. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.019>
- Tae Young Kwon , J. S. P., and Mun Yhung Jung *. (2013). Headspace–Solid Phase Microextraction–Gas Chromatography–Tandem Mass Spectrometry (HS-SPME-GC-MS2) Method for the Determination of Pyrazines in Perilla Seed Oils: Impact of Roasting on the Pyrazines in Perilla Seed Oils. *J. Agric. Food Chem*, 8514-8523.
- Takeungwongtrakul, S. (2014). *Micro-encapsulation of Pacific white shrimp oil as affected by emulsification condition*. (วิทยาศาสตร์บัณฑิต), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. กรมมหาวิทยาลัย
- Tanon RV, B. C., Pallet C, Brat D, Brat P. Hubinger MD. . (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.*, 88, 411-418.
- Turchiuli C., F. M., Bohin M., Cuvelier M.E., Ordonnaud C., Peyrat-Maillard M.N. & Dumoulin E. . (2005). Oil encapsulation by spray drying and fluidized bed agglomeration. . *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(1), 29-35.
- Tuyen C. Kha, M. H. N. P. D. R. (2010). Effects of Spray Drying Conditions on the Physicochemical and Antioxidant Properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) Fruit Aril Powder. . *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385-392.

- Wanwimol Klaypradit, Y.-W. H. (2008). Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 41(6), 1133-1139.
- Xiang-Dong LIU, T. F., Hidefumi YOSHII, Pekka LINKO & W. Jan (2000). Cyclodextrin Encapsulation to Prevent the Loss of l-Menthol and its Retention during Drying. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 64(8).
- จิตสัมพันธ์เวช, ว. (2005). สารอินทรีย์ระเหยง่ายของดอกกลีลาวดี.
- ตั้งดวงดี, ส. ส. แ. ช. (2011). ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำ สับประรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., 34(3), 203-215.
- ประดิษฐ์ดวง, อ. ล. ป. ภ. แ. (2552). การใช้ประโยชน์ของเหลวจากการหมักกะปิ (pp. 96). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ปรัชญาถาวรกุล, ธ. ผลของอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อปริมาณซี-ไฟโคไซยานิน และสมบัติ การต้าน
- ออกซิเดชันของสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*).
- วรรณาลัย, จ. (2010). *Production of pangastus bocourti Sauvage oil microcapsule by spray drying and freeze drying* มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศรีตาแสน, ด. (2011). การผลิตกะปิผงจากของเหลวที่ได้จากการหมักกะปิ. (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.

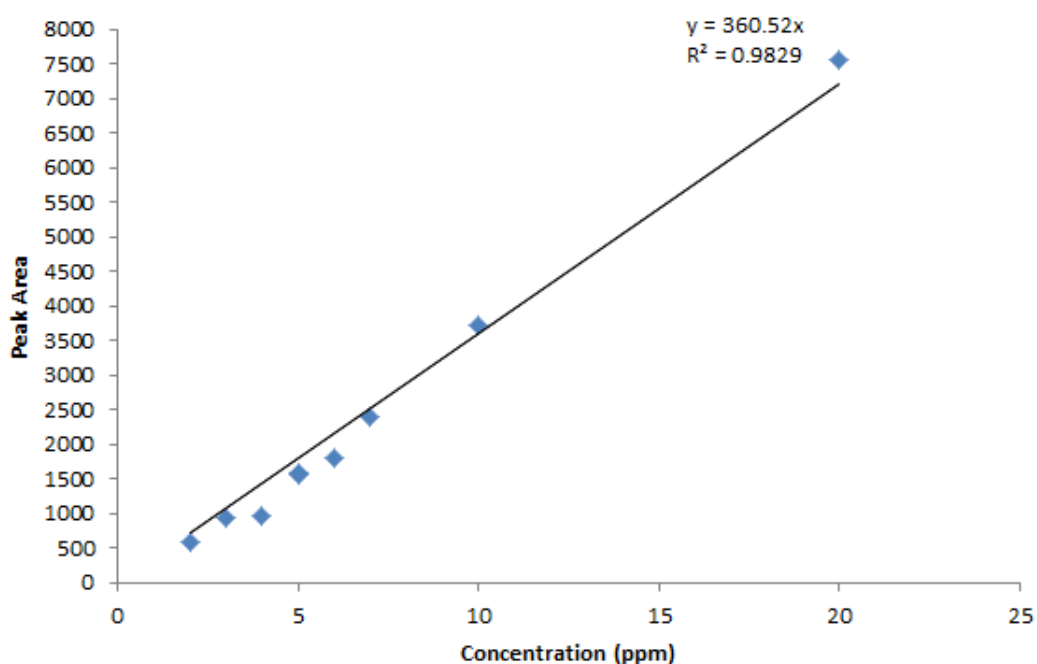


ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กราฟมาตรฐานแสดงความเข้มข้นของสารเคมี

นำสารละลายมาตรฐาน 2,3,5- trimethylpyrazine เพื่อมาเตรียมโดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลายโดยได้ความเข้มข้นในช่วง 3- 25 ppm เพื่อนำมาตรวจวัดหาชนิดของสารองค์ประกอบของอนุภาคเคด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี จากนั้นจะได้กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเคมี โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) 0.9829 ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ ก-1 กราฟแสดงความเข้มข้นของสารเคมี(Calibration curve) ของสารมาตรฐาน 2,3,5-trimethylpyrazine ที่ความเข้มข้นช่วง 3-25 ppm

เมื่อนำผงอนุภาคเคโดยใช้ผนังท่อหุ้มชนิดแอลฟาไซโคลเต็กซ์ตรินด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยศึกษาที่อุณหภูมิ 140, 160, 180, 200 °C ผลการวิจัยดังตารางที่4.4พบว่า ที่อุณหภูมิร้อนเข้าที่ 140°C จะพบกลิ่นของสาร 2,3,5- trimethylpyrazine ที่ความเข้มข้น 2.879 ppm ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลิ่นที่อุณหภูมิอื่น เพราะที่อุณหภูมิ 140°C สารละลายเคจะระเหยได้อย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป จะสูงเกินกว่า Ballooning temperature ทำให้อนุภาคนั้นทนความร้อนไม่ได้จึงเกิดการแตกออก ทำให้สารไพราซีนภายในอนุภาคถูกทำลายเนื่องจากทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงไม่ได้ (M.I.Re, 1998) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhandariและคณะ(1992) ซึ่งศึกษาการกักเก็บกลิ่นของ Citral และ Linalyl Acetate พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเข้าที่สูงขึ้นจะทำให้สูญเสียกลิ่นของซีตรัล

ตารางที่ ก-1 ตารางการแสดงความเข้มข้นของกลี้น 2,3,5-trimethylpyrazine

Krill Powder 0.6 g + Water 1.0g	Concentration (ppm)
40°C	2.879
160°C	1.117
180°C	1.683
200°C	1.919



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ : นางสาวศีลวรรณ อัครกุลพร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548-2550 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

พ.ศ. 2551-2555 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เกียรติประวัติ

- รางวัล เกียรติบัตรคะแนนอันดับหนึ่งของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
- รางวัล งานวิจัยยอดเยี่ยม ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2554 ในหัวข้อ การใช้โครงสร้างเส้นใยนาโนในการตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สระเหยในอากาศ
- ได้รับทุนศึกษาวิจัยจากองค์การสนับสนุนนักศึกษาแห่งประเทศไทย (JASSO - Japan Student Services Organization) ที่ Kagawa University ประเทศญี่ปุ่น เป็นเวลา 6 เดือน
- รางวัล การนำเสนอยอดเยี่ยมในการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 (Tiche2015) จัดขึ้นในวันที่ 8-10 พฤศจิกายน 2015