

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การใช้แป้งคัดแปรเก็บกลิ่นวันเทียนเหลวด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย  
(The use of Modified starch in the encapsulation by spray dryer)

จัดทำโดย

นายนิธิวัฒน์ กสิพร้อง รหัสประจำตัว 47040160  
นางสาวปาริชาติ พรทิสัญญโชค รหัสประจำตัว 47040163

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

22 ..... พ.ศ. .... 2551

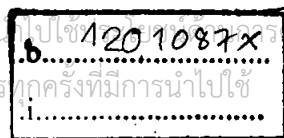
(รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

ศ.พ.

๑๖ ๖/๒๕ ๗

๑๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 85372  
วัน,เดือน,ปี 1.1. ๗.๕. 2551



นิธิวัจน์ กสิพร้อง และปาริชาติ พรพิสิฏฐ์ โขก.2550 : การใช้แป้งคัดแปรเก็บกลิ่นควันทึนเทียมเหลว  
ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย.(The use of Modified starch in the encapsulation by spray dryer)  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์

### บทคัดย่อ

จากการทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแป้งคัดแปร เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch พบว่าความเข้มข้นของแป้งคัดแปรและอุณหภูมิอากาศเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสม คือ 30% และ 160°C เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงใช้ระยะเวลาการทำแห้งที่สั้น แต่เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified Starch พบว่าความเข้มข้นของแป้งคัดแปรและอุณหภูมิอากาศเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสม คือ 35% และ 150°C เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงใช้ระยะเวลาการทำแห้งที่สั้น และใช้อุณหภูมิอากาศเข้าต่ำ เพื่อลดการสูญเสียปริมาณสารระเหยขณะทำแห้ง เมื่อศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร พบว่าแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch มีความสามารถในการเก็บกลิ่นดีกว่า แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch เนื่องจากแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch มีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี จึงสามารถลดการสูญเสียสารระเหยขณะทำแห้งได้ และเมื่อทำการศึกษาผลของการเติมกัมอะราบิกต่อปริมาณสารระเหยคงเหลือของควันทึนเทียม พบว่าการเติมกัมอะราบิกมีผลทำให้ปริมาณสารระเหยคงเหลือเพิ่มขึ้น เนื่องจากกัมอะราบิกเป็นอิมัลซิไฟเออร์สามารถช่วยทำให้เกิดความเสถียรของอิมัลชันและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี นอกจากนี้กัมอะราบิกยัง ดูดความชื้นต่ำ มีความหนืดต่ำ โดยปริมาณกัมอะราบิกที่เหมาะสมในการเติมลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาสารระเหยคงเหลือ คือ 40% เนื่องจากสามารถรักษาสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นซึ่งในที่นี้ ได้แก่ สารประกอบในกลุ่มแอลดีไฮด์ ได้ดีที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

.....22...พ.ค...2551....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลงด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์เป็นอย่างสูง ซึ่งอาจารย์เป็นผู้คอยให้คำปรึกษารวมทั้งช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้ให้ความถูกต้องและทำให้รายงานฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ขอขอบพระคุณคุณวรรณวรงค์ วัชรานานันท์และคุณวีระพงศ์ วิรุฬห์รัตนกฤษณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมกันแก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องเป็นอย่างสูงที่ให้ความรักความอบอุ่น และเป็นกำลังใจเสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 เทียนอบ	2
2.2 แป้งคัดแปร	2
2.3 กัมอะราบิก	4
2.4 การเอนแคปซูเลชัน	5
2.5 การทำแห้ง	6
2.6 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	13
2.7 แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี	14
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วัตถุประสงค์ และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์	18
3.2 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง	18
3.3 วิธีการทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ศึกษาความเข้มข้นของแป้งคัดแปรกับอุณหภูมิขาของเครื่อง ทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมเพื่อทำวันเทียนผง	21
4.2 ศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร	23
4.3 ศึกษาผลของการทดแทนด้วยกัมอะราบิกในการเก็บรักษากลิ่นควันเหลว	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก ก	33
ภาคผนวก ข	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรและอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบ พ่นฝอยที่ทำการทดลอง	19
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณความชื้นของ แป้งคัดแปรหลังการทำแห้ง และ ปริมาณผลผลิต ของแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch	21
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณความชื้นของแป้งคัดแปร หลังการทำแห้ง และ ปริมาณผลผลิต เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch	22
4.3 ปริมาณสารระเหยคงเหลือในควันเทียนผงเมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch และ Oxidized starch	25
4.4 ปริมาณสารระเหยคงเหลือในควันเทียนผงเมื่อเติมกับอะราบิก 0 20 30 และ 40% ของน้ำหนักแป้งคัดแปร	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างกัมอะราบิก	5
2.2 หัวฉีดแบบต่าง ๆ (1) หัวฉีดใช้ความดัน (2) หัวฉีดแบบจานหมุน (3) หัวฉีดแบบพลุติด	10
2.3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในห้องทำแห้ง	11
2.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการเปรียบเทียบค่า Retention Timeของสารตัวอย่างกับสาร องค์ประกอบมาตรฐาน	15
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและใน ควันเทียนผงด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อใช้แป้งดัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch [ 1 = เพนทานเนล, 2 = เฮกซานเนล, 3 = เฮปทานเนล, 4 = ออกทานเนล, 5 = โนนานเนล, 6 = เดคาเนล]	24
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผง ด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อใช้แป้งดัดแปรชนิด Oxidized starch [ 1= เพนทานเนล, 2= เฮกซานเนล, 3= เฮปทานเนล, 4 = ออกทานเนล, 5 = โนนานเนล, 6 = เดคาเนล]	24
4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยด้วยเครื่อง GC-MS ของส่วนผสมก่อนทำแห้ง และในควันเทียนผงเมื่อเติมกัมอะราบิก 0 20 30 และ 40 %ของน้ำหนักแป้งดัดแปร ตามลำดับ [ 1 = เพนทานเนล, 2 = เฮกซานเนล, 3 = เฮปทานเนล, 4 = ออกทานเนล, 5 = โนนานเนล, 6 = เดคาเนล]	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ขนมไทยเป็นเอกลักษณ์ของชาติไทยอย่างหนึ่ง ลักษณะที่สำคัญของขนมไทย นอกจากจะอยู่ที่รสชาติกลมกล่อมและรูปลักษณะงดงามแล้ว กลิ่นหอมก็เป็นปัจจัยสำคัญเช่นเดียวกัน กลิ่นหอมของขนมไทยนอกจากจะได้จากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ แล้ว กลิ่นจากควันเทียนอบจัดเป็นกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะตัว

เนื่องจากการใช้เทียนอบเพื่ออบขนมไทยมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก เสียเวลา และต้องระมัดระวังไม่ให้เถ้าดำจากไส้เทียนอบหล่นหรือปลิวไปถูกขนม ทำให้ขนมเปรอะเปื้อนดูไม่น่ารับประทาน ประกอบกับปัจจุบันได้มีการผลิตแป้งผสมสำหรับทำขนมไทยในรูปแบบผงสำเร็จรูปขึ้น แต่แป้งผสมนี้ยังขาดกลิ่น ดังนั้นการทำกลิ่นเทียนอบให้อยู่ในรูปผงจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ก่อให้เกิดความสะดวกและช่วยให้ประหยัดเวลาในการใช้งานและยังสามารถนำมาใช้ในแป้งผสมสำเร็จรูป

การทำปัญหาพิเศษนี้จะศึกษาความเข้มข้นของตัวพา (carrier) ในการทำแห้งซึ่งในที่นี้คือ แป้งดัดแปร(modified starch) Hi-Cap100 ชนิด enzyme hydrolysis starch จากบริษัท National Starch และ modified tapioca starch ชนิด oxidized starch จากบริษัท Asia Modified Starch ร่วมกับอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมเพื่อผลิตควันเทียนผง และศึกษาผลของการเติมกำมะถันต่อการเก็บรักษากลิ่นในควันเทียนผง

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของแป้งดัดแปรกับอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมเพื่อทำควันเทียนผง
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งดัดแปรแต่ละชนิด
3. เพื่อศึกษาผลของการเติมกำมะถันต่อปริมาณสารระเหยคงเหลือของควันเทียนผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### 2.1 เทียนอบ

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มพข.988/2548 เทียนอบหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไข่ผึ้งและพาราฟินมาผ่านความร้อนให้หลอมละลายรวมกัน ผสมกับเครื่องหอมบดละเอียด เช่น พิมเสน ผิวมะกรูด ชะลูด แก่นจันทน์เทศ กำยาน นวดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อาจเติมน้ำมันหอมระเหย แล้วแผ่เนื้อเทียนให้เป็นแผ่น นำใส่เทียนที่ผ่านการอบร่ววางไว้ตรงกลาง ฟันเทียนโดยคลึงเนื้อเทียนคลุมใส่เทียนให้เรียบเนียนเสมอกัน เหลือใส่เทียนไว้ทั้งสองด้าน ตัดแต่งปลายใส่เทียน แล้วขจัดขึ้นรูปให้สวยงาม วัตถุประสงค์เพื่อให้ควันสำหรับอบให้เกิดกลิ่นหอม เช่น อบขนม อบน้ำอบ อบบุหงารำรวย

##### 2.1.1 คุณลักษณะของเทียนอบ

ลักษณะทั่วไป ต้องมีรูปแบบรูปทรงที่เหมาะสม ไม่แตก หัก หรือมีฟองอากาศ ปราศจากตำหนิที่ไม่พึงประสงค์ ใส่เทียนต้องมีขนาดและความยาวที่เหมาะสมกับชิ้นงาน  
สี ต้องมีสีที่คีตตามธรรมชาติของเทียนอบ  
กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่คีตตามธรรมชาติของเทียนอบ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์  
การติดแน่นของ ใส่เทียน ต้องไม่หลุดหรือแยกออกจากเนื้อเทียน

##### 2.1.2 ชนิดของเทียนอบ

โดยทั่วไปเทียนอบมี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดที่ใช้เครื่องหอมหลายชนิดมาผสมกันแล้วปั้นเป็นแท่ง เทียนอบชนิดนี้จะจุดที่ใส่ให้ไฟลุกทั้ง 2 ด้าน วางในภาชนะ เช่น ถ้วย แล้วนำไปใส่ภาชนะที่มีขนมที่ต้องการอบแล้วปิดฝา ไฟจะดับและมีควันอบอวลอยู่ในภาชนะ จะเปิดก็ต่อเมื่อควันหมด
2. ชนิดที่ใช้ขี้ผึ้งแท้เป็นแท่งใหญ่ ๆ นำมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วอบ เทียนอบชนิดนี้จะใช้ถ่านแดงก้อนเล็ก ๆ วางในกะลา ผ่านขี้ผึ้งวางบนถ่าน นำไปใส่ภาชนะที่มีขนมอยู่แล้ว การอบชนิดนี้ส่วนใหญ่จะให้เทียนอบอยู่ด้านล่างของภาชนะ เพื่อให้ควันขึ้นด้านบน ส่วนใหญ่จะอบในลังถึง เทียนอบชนิดนี้จะมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ตามธรรมชาติ (จริยา, 2549)

#### 2.2 แป้งคัดแปร

##### 2.2.1 จุดประสงค์ในการคัดแปรแป้ง

เนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งบางครั้งไม่เป็นที่ต้องการในการใช้ในอุตสาหกรรม หรือยังไม่เหมาะสมกับสภาวะบางอย่าง จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเรียกว่าแป้งคัดแปร (modified starch) ความหมายตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1073-2535 หมายถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือทางฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์ และ/หรือ สารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ลักษณะจำเพาะของแป้งนั้นอาจเป็นลักษณะพิเศษมาจากแหล่งผลิต เช่น แป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะจำเพาะ เช่น ขนาด รูปร่าง และการพองตัว แต่สิ่งที่แป้งทุกชนิดคล้ายกัน คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อมีปัจจัยความร้อน แรงเฉือน และเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแป้งแต่ละชนิดจะแสดงการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน เมื่อตรวจสอบด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) หรือ เครื่อง Brabender Viscoamylograph ถ้าสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านี้ได้ จะทำให้สามารถนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้มากขึ้น จึงได้เริ่มมีผู้ค้นคว้าวิจัยการคิดแปรแป้งขึ้นทั้งทางกายภาพและทางเคมี ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้ดีมาก

แป้งดิบโดยทั่วไปมีสมบัติบางประการ ไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงความหนืดแคบ มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่าง ๆ ค่า ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำและสิ้นเปลืองงบประมาณในการผลิต โดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงมีการคิดแปรสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น คงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี การเกิดเจลลาคีโนซ์ (gelatinization) การคืนตัว (retrogradation) และการสูญเสียน้ำของเจลลดลง ความคงตัวในการคืนรูปจากเยือกแข็ง (freeze-thaw) เพิ่มขึ้น ลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น มีคุณสมบัติเป็นกาวดีขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวทำละลายอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

## 2.2.2 การแบ่งประเภทของแป้งดัดแปร

### (1) การดัดแปรทางเคมี (chemical modification)

#### 1) การเกิดอนุพันธ์ (derivatization)

- การแทนที่สารในโมเลกุลเดี่ยวของแป้ง (monostarch substitution) ทั้งปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน เช่น แป้งแอซิเตต (starch acetate) หรือปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน เช่น แป้งไฮดรอกซีเอทิล (hydroxyethyl starch)
- การแทนที่โมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ เช่น แป้งครอสลิง (cross-linked starch)

#### 2) การลดขนาดโมเลกุลแป้งด้วยกรด (acid thinning) เช่น แป้งย่อยด้วยกรด (acid-modified starch) หรือ thin-boiling starch

#### 3) เดกซ์ทริไนเซชัน (dextrinization) เป็นการลดขนาดหรือเปลี่ยนการจับเกาะ (depolymerization/tranglycosylation) โดยใช้ความร้อน หรือความร้อนกับกรด เช่น เดกซ์ทรีน (dextrin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) ออกซิเดชัน (oxidation) ทำให้เกิดการฟอกสีและลดขนาดของโมเลกุลโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (bleaching และ depolymerization) เช่น แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch)
- 5) การย่อยสลาย (hydrolysis) โดยใช้เอนไซม์หรือกรดเพื่อย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก เช่น มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin)

## (2) การดัดแปรทางกายภาพ (physical modification)

- 1) เจลาติไนเซชัน (gelatinization) เป็นการให้ความร้อนแก่แป้งจนผ่านชั้นคอนของเจลาติไนเซชันแล้วทำแห้งทันที เช่น แป้งพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinized starch)
- 2) แป้งละลายน้ำเย็น (Granular-Cold-Water-Soluble-Starch:GCWSS) เป็นการแปรรูปแป้งได้แป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเกิดเจลาติไนเซชัน
- 3) การลดขนาดเม็ดแป้งโดยทางกล การทำให้เม็ดแป้งแตกโดยทางกล จะได้เม็ดแป้งเล็กกว่าขนาดปกติ
- 4) การแช่ (annealing) เป็นการให้ความร้อนในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเจลาติไนเซชัน
- 5) การแปรรูปด้วยความร้อนชื้น (heat moisture treatment) เป็นการให้ความร้อนสูงกว่าจุดเจลาติไนเซชันแก่แป้งในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ

## (3) การดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnological modification)

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

- 1) waxy starch คือ แป้งที่มีอะมิโลสต่ำหรือไม่มีเลย
- 2) high-amylose starch คือ แป้งที่มีอะมิโลสสูง

## 2.3 กัมอะราบิก

กัมอะราบิก บางครั้งเรียกว่า กัมอะคาเซีย (acacia gum) เป็นกัมจากต้น *Acacia* โดยเฉพาะจาก *Acacia senegal* L. เมื่อบริเวณกิ่งและลำต้นเกิดบาดแผล เช่น จากการกรีดด้วยมีด จะมีกัมเหลวข้นจืดซึมออกมาในลักษณะเป็นก้อนรูปร่างคล้ายหยดน้ำตา เมื่อนำมาอบแห้งแล้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-7 เซนติเมตร มีสีอำพันและเป็นของแข็งอสัณฐาน เรียกว่า กัมหยาบ ซึ่งจะต้องทำความสะอาดก่อนเพื่อแปรรูปเป็นกัมอะราบิกที่มีขนาดและเกรดต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เช่น อาหารและยา กัมอะราบิกมีความชื้น 15-20% ชนิดผงมีความชื้น 12% กัมอะราบิกเกรดดี ที่มีความบริสุทธิ์มากจะให้สารละลายที่ไม่มีสีและไม่มีรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ซึ่จับโดยปกติมักเป็นของเหลว แต่สามารถเป็นของแข็งหรือก๊าซได้ โดยเรียกส่วนที่ถูกห่อหุ้มว่า core material active fill internal phase หรือ payload ส่วนวัตถุที่นำมาเป็นตัวห่อหุ้ม เรียกว่า capsule wall material membrane carrier หรือ shell แคปซูลสามารถทำได้จาก น้ำตาล กัม โปรตีน พอลิแซ็กคาไรด์คัดแปลง พอลิแซ็กคาไรด์จากธรรมชาติ ไขมัน และพอลิเมอร์สังเคราะห์

ปัจจุบันกลิ่นถือเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาอาหารซึ่งมีผลต่อรสชาติ เนื่องจากในกระบวนการผลิตจะมีการสูญเสียกลิ่นเกิดขึ้น การเก็บกลิ่นภายในแคปซูลนี้ทำให้กลิ่นสามารถทนต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกได้และยังเป็นการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีรสชาติแปลกใหม่ อีกด้วย จุดประสงค์ในการทำกลิ่นผง (encapsulating flavors) มี 3 ข้อ คือ

2.2.1 ผลิตกลิ่นที่อยู่ในรูปของเหลวให้อยู่ในรูปผงแห้งที่ไหลอิสระ (free-flowing powders)

2.2.2 เนื่องจากสารองค์ประกอบกลิ่นรสไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียกลิ่นหรือทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติได้ การเก็บกลิ่นภายในแคปซูลทำให้กลิ่นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น กล่าวคือ สามารถทนต่อปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลง

2.2.3 ช่วยควบคุมอัตราการปลดปล่อยของกลิ่นสารออกจากแคปซูล

## 2.5 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารเพื่อการเก็บรักษา โดยลดปริมาณน้ำในอาหารลงให้เหลือในระดับต่ำกว่าการทำให้เข้มข้น คือเหลือความชื้นประมาณ 20% หรือต่ำกว่า การลดปริมาณน้ำจากอาหารอาจทำได้โดยการระเหย การระเหิด การสกัดน้ำออกโดยตัวทำละลายที่เหมาะสม หรือใช้กระบวนการออสโมติกด้วยสารละลายน้ำตาลหรือเกลือ นอกจากนี้จะช่วยในการยืดอายุการเก็บแล้ว การทำแห้งยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตร ทำให้ไม่เปลืองเนื้อที่การเก็บ เป็นกระบวนการแปรรูปที่ประหยัด นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น อาหารเข้า ผลิตภัณฑ์พาสต้า ผักผลไม้ น้ำตาลแป้ง กาแฟ ผลิตภัณฑ์นม อาหารขบเคี้ยว อาหารสัตว์ เป็นต้น (กิตติพงษ์, 2536)

การทำแห้งอาหารอาจแบ่งได้เป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ คือ

### 1. การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงหรืออุณหภูมิห้อง

- การทำแห้งโดยใช้อากาศร้อน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก การถ่ายเทความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นการพาความร้อน

- การทำแห้งโดยใช้พื้นผิวร้อน (heated surfaces) การถ่ายเทความร้อนมักจะเป็นการนำความร้อน

- การทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงและลดความดันลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อโปร่ง

- การทำแห้งโดยใช้หลักออสโมซิส

### 2. การทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ

- การทำแห้งในสภาวะแช่แข็ง (freeze dehydration) เป็นการทำแห้งโดยทำให้เกิดการระเหิดของน้ำในกระบวนการไม่มีการใช้ความร้อน จึงช่วยสงวนรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ได้ดี ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.1 ผลกระทบต่ออาหาร

### 1. การเคลื่อนที่ของตัวถูกละลายในอาหาร

ตัวถูกละลายซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำในอาหารจะมีการเคลื่อนที่ในระหว่างการทำแห้ง เนื่องจากน้ำภายในอาหารซึ่งเป็นตัวทำละลายขององค์ประกอบเหล่านี้เกิดการเคลื่อนที่ย้ายตำแหน่ง จึงพาท้องค์ประกอบเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปด้วย

เมื่อนำอาหารมาทำแห้งด้วยลมอุ่น การหดตัวของชิ้นอาหารที่ผิวจะทำให้ส่วนของอาหารที่อยู่ภายในเกิดแรงอัด ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลของของเหลวจากภายในออกมาสู่ภายนอก ลักษณะการยอมให้ผ่านของผนัง (cell permeability) ในเนื้อเยื่ออาหารจะเป็นตัวกำหนดการไหลของน้ำจากภายในสู่ภายนอก ขณะที่น้ำเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวเพื่อเกิดการระเหยนั้น ก็จะพาเอาตัวถูกละลายออกมาด้วย เมื่อน้ำระเหยออกไปจากผิว ตัวถูกละลายจะตกค้างอยู่ที่ผิว ทำให้ที่ผิวนอกมีปริมาณตัวถูกละลายมากกว่าภายใน

ในขณะที่เดียวกันจะเกิดกลไกอีกอย่างหนึ่งซึ่งตรงกันข้าม คือ ในขณะที่ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่ผิวมากกว่าความเข้มข้นภายใน จะเกิดการแพร่ของตัวถูกละลายนี้จากด้านนอกเข้าไปสู่ด้านในด้วยทิศทางตรงกันข้ามกับกรณีแรก ในการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบนี้ การที่จะเกิดการเคลื่อนที่แบบใดมากกว่านั้นจะขึ้นกับสมบัติเฉพาะตัวของอาหารและสภาวะในการทำแห้ง แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะเกิดการเคลื่อนที่แบบแรกมากกว่า

### 2. การหดตัวของอาหาร

กระบวนการทำแห้งทุกแบบขยกเว้นการทำแห้งในสภาวะแช่แข็ง จะทำให้เกิดการหดตัวของอาหารมากน้อยต่างกันไปในแต่ละวิธี แม้อาหารที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ก็จะมีการหดตัวด้วย ในช่วงต้นการหดตัวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ลดลง แต่ในช่วงปลายของการทำแห้ง การหดตัวจะลดลง อาหารจะมีขนาดและรูปร่างคงที่ก่อนที่การทำแห้งจะสิ้นสุด

การป้องกันการหดตัวนี้ อาจทำโดยควบคุมความดันของบรรยากาศให้มีความดัน 500-1,500 psig ด้วยก๊าซต่าง ๆ เช่น มีเทน ไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ อากาศ ฟรีออน หรือฮีเทน แล้วนำไปแช่แข็ง จากนั้นจึงทำแห้งโดยใช้อากาศ ผลึกกัมมันต์จะโปร่งพรุนและไม่หดตัว วิธีอื่นที่ช่วยลดการหดตัว คือ ใช้การทำแห้งแบบพัฟ

### 3. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส

ข้อบกพร่องที่พบบ่อยมากในด้านการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส คือ เนื้อสัมผัสหลังคืนรูปแข็งหรือเหนียวเกินไป และมีการสูญเสียความชุ่มน้ำ เป็นต้น เหตุผลทางกายภาพเคมีของการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ยังไม่ทราบแน่ชัด ในกรณีเนื้อเยื่อพืช การสูญเสียความตึงของเซลล์และการตกผลึกของพอลิแซ็กคาไรด์ อาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง การตกผลึกของพอลิแซ็กคาไรด์เช่น แป้ง หรือ เซลลูโลส จะเกิดจากการลดปริมาณน้ำ ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของแป้ง

หลักชนิดอื่น มักเกิดปฏิกิริยาวิโทรเกรเคชันควบคู่ไปกับการทำแห้ง ในกรณีเนื้อเยื่อสัตว์ ความนุ่ม

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะแอกโตไมโอซิน (actomyosin) การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดจากการรวมตัวหรือการเชื่อมข้ามของโปรตีนที่ยังไม่แปรสภาพธรรมชาติ หรือเกิดการแปรสภาพธรรมชาติของโปรตีนก่อนการรวมตัว หรือเกิดจากปฏิกิริยาของโปรตีนทั้งที่แปรสภาพธรรมชาติแล้วและยังไม่แปรสภาพธรรมชาติกับไขมันหรือคาร์โบไฮเดรต ส่วนสำคัญที่เกิดการเชื่อมข้ามในแอกโตไมโอซิน คือ ไมโอซิน (myosin) คาดว่าการเชื่อมข้ามเกิดจากพันธะไดซัลไฟด์ (S-S bond) พันธะนี้อาจเกิดขึ้นได้แม้ในสภาวะแช่แข็ง การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์นั้นจะพบได้ทั้งในการทำแห้งด้วยอากาศร้อนและการทำแห้งในสภาวะแช่แข็งซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิของการทำแห้งจะเป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้

การแก้ไขการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์จะทำได้โดยใช้สภาวะหรือกระบวนการที่ลดการหดตัวของอาหารหรือโดยการเติมสารบางอย่างลงไป พวกเนื้อสัตว์จะเติมฟอสเฟต (phosphate) ซีเลตติ้งเอเจนต์ (chelating agent) และบัฟเฟอร์ (buffer) ส่วนพวกผักจะเติมพลาสติกไซเซอร์ (plasticiser) เช่น กลีเซอรอล (glycerol)

#### 4. การสูญเสียสารระเหย

เมื่อน้ำระเหยออกจากอาหารจะพาเอาสารระเหยบางส่วนออกไปด้วย ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่ต้องการ ปริมาณการสูญเสียจะขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้และความดันไอของสารแต่ละชนิดที่อุณหภูมินั้น ในอาหารประเภทสารละลายคาร์โบไฮเดรต โมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตจะเกาะเกี่ยวกันและเก็บกักสารระเหยเอาไว้ภายใน ช่วยให้การสูญเสียสารระเหยลดลง องค์ประกอบของอาหารบางอย่างจะช่วยดูดซับสารให้กลิ่นรสเอาไว้ได้ด้วยเหมือนกัน

มีการทดลองหาวิธีการลดการสูญเสียสารให้กลิ่นรสเหล่านั้น เช่น มีการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) หรือสารอื่นเพื่อดูดซับสารระเหยเหล่านี้ไว้จากอากาศร้อนที่ถูกปล่อยออกจากเครื่องอบแห้งแล้วคืนกลับลงไปในผลิตภัณฑ์เพื่อให้คุณภาพดีขึ้น แต่ยังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วไป

#### 5. การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้ ปฏิกิริยานี้บางครั้งเป็นที่ต้องการในอาหารบางชนิด เช่น เกิดเปลือกสีน้ำตาลของก้อนขนมปัง แต่ในด้านการทำแห้งโดยมากจะถือว่าเป็นข้อบกพร่อง (defect) ด้านคุณภาพที่สำคัญ ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่รุนแรงนักจะสังเกตเห็นเพียงการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ถ้าปฏิกิริยาเกิดขึ้นรุนแรงจะมีผลต่อกลิ่นรสและการคืนรูปของผลิตภัณฑ์ด้วย

ปฏิกิริยาสำคัญที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลนี้มักเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิล (carbonyl group) และกลุ่มอะมิโน (amino group) ปฏิกิริยาจะเป็นแบบลูกโซ่เกิดสารที่มีสีชมพูหรือแดงก่อนและในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์สีน้ำตาล ในทาง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารปฏิกิริยามักเกิดระหว่างน้ำตาลกับ โปรตีน ดังนั้น นอกจากจะทำให้ลักษณะปรากฏไม่น่าดูแล้ว ปฏิกิริยานี้ยังก่อให้เกิดการสูญเสียสารอาหารไปในตัวด้วย

#### 6. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

สำหรับการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทำแห้ง และสภาวะการเก็บที่ต่างกันไป

##### 2.5.2 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเครื่องมือสำคัญที่นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารเหลว อาหารจะถูกฉีดให้เป็นฝอยเข้าไปในห้องอบแห้ง สัมผัสกับไอน้ำหรืออากาศร้อนทำให้เกิดการระเหยของน้ำ หยตอาหารเหลวจะมีขนาดเล็กมาก อยู่ในช่วง 10-200 ไมโครเมตร จึงใช้เวลาทำแห้งสั้น คือระหว่าง 1-10 วินาที เนื่องจากอาหารที่ถูกฉีดพ่นเป็นหยดจะมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง จึงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและมวลสารได้ดี ช่วงเวลาการทำแห้งในห้องทำแห้งนี้จะอยู่ในระยะอัตราคงที่ (constant rate) อุณหภูมิของอาหารจะไม่สูงกว่าอุณหภูมิระเปาะเปียกของตัวกลางให้ความร้อนที่ใช้มากนัก อาหารที่แห้งแล้วจะลอยอยู่ในตัวกลางคืออากาศ แล้วจึงผ่านเข้าเครื่องแยกซึ่งจะแยกอาหารออกจากอากาศแล้วเก็บรวบรวมไว้ ขั้นตอนแม้ว่าจะดูง่าย ๆ แต่ในทางปฏิบัติจริงจะซับซ้อนและอาศัยสมรรถทางด้านวิศวกรรมมาก ต้องมีการควบคุมสมบัติต่าง ๆ ของอาหารที่จะฉีดพ่นเข้าเครื่อง เช่น ความหนืด แรงตึงผิว และองค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น ขั้นตอนการฉีดพ่นเป็นฝอย (atomization) ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะต้องควบคุมดูแล การถ่ายเทความร้อนและมวลสารมีลักษณะซับซ้อน การแยกอาหารแห้งออกจากอากาศจะยุ่งยากและปรับกระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงได้ยาก สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งของผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจขัดกับสภาวะรวมของกระบวนการ เช่น การทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซต (protein hydrolyzate) ควรจะทำให้ผนังของเครื่องมือเย็น เพื่อลดการเกาะของโปรตีน แต่ทางปฏิบัติจริงจะทำได้ เพราะผนังเครื่องมือจะต้องสัมผัสกับตัวกลางให้ความร้อน ทำให้มีอุณหภูมิสูง ลักษณะความซับซ้อนของการถ่ายเทความร้อนทำให้ยากที่จะอธิบายด้วยสมการทางวิศวกรรมอย่างง่าย ๆ ในทางปฏิบัติ การขยายขนาดเครื่องมือจากขนาดทดลองต้นแบบเป็นขนาดใหญ่ที่ใช้จริงทางอุตสาหกรรมก็ทำได้ยากเช่นกัน (กิตติพงษ์, 2536)

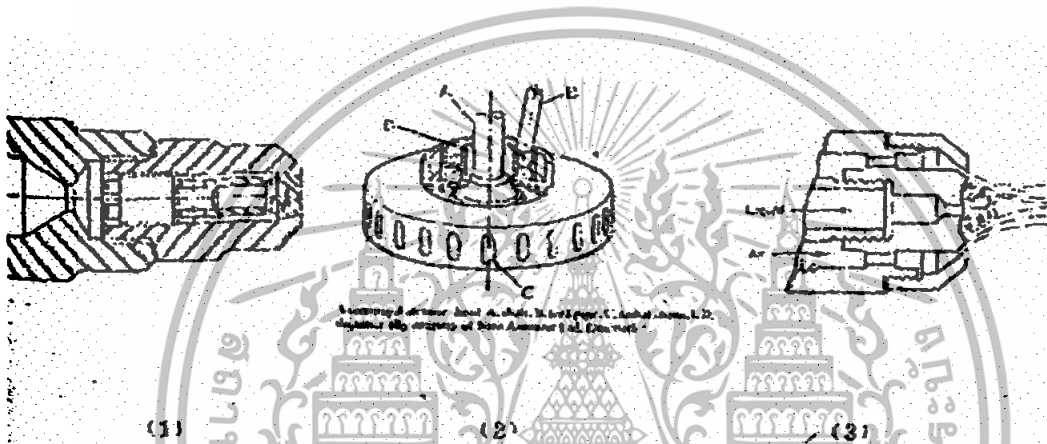
เครื่องมือจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

1. ส่วนตัวกลางให้ความร้อนและระบบหมุนเวียน
2. ส่วนพ่นกระจายเป็นฝอย
3. ห้องอบแห้ง
4. ส่วนแยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการให้ความร้อนนั้น การให้ความร้อนโดยตรงจากการเผาไหม้ของก๊าซจะใช้ในเครื่องมือแบบนี้้น้อยมาก นิยมใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือก๊าซร้อนทางอ้อม ความร้อนจากเครื่องกำเนิดความร้อนไฟฟ้าก็มีที่ใช้น้อย ส่วนการหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องมักใช้พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนที่ภายในระบบ

การฉีดพ่นอาหารเหลวให้เป็นฝอยมีขนาดสม่ำเสมอตามต้องการ และการทำให้หยดของเหลวเหล่านี้แพร่กระจายอย่างทั่วถึงในกระแสน้ำร้อนนับเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของเครื่องมือ หัวฉีดที่ใช้สำหรับอบแห้งแบบนี้จะมีอยู่ 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หัวฉีดที่ใช้ความดัน (pressure nozzles) หัวฉีดแบบจานหมุน (centrifugal atomizers) และหัวฉีดแบบฟลูอิด (two-fluid nozzles) ดังรูป



รูปที่ 2.2 หัวฉีดแบบต่าง ๆ (1) หัวฉีดใช้ความดัน (2) หัวฉีดแบบจานหมุน (3) หัวฉีดแบบฟลูอิด  
ที่มา : กิตติพงษ์ (2536)

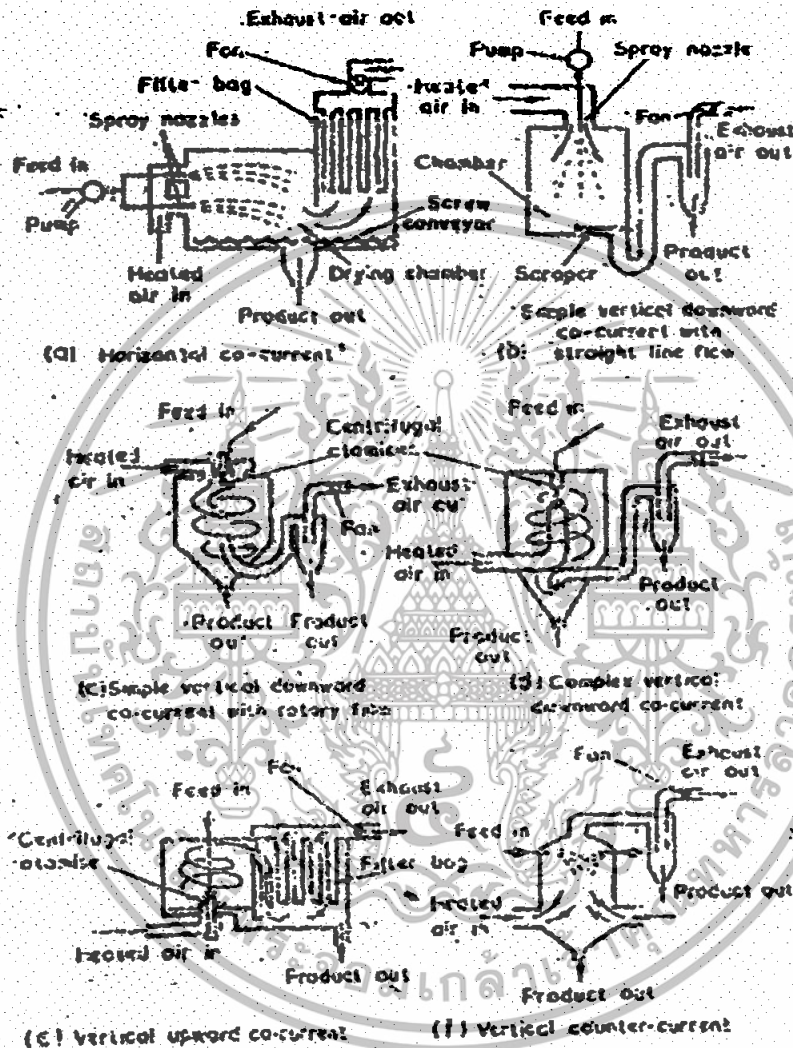
หัวฉีดแบบแรงดันนี้จะใช้ความดันสูงอีกให้ของเหลวผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ แรงดันที่ใช้จะอยู่ในช่วง 500-7,000 psig (3.6-4.4 เมกะนิวตัน/ตร.ม.) พลังงานจากความดันสูงจะดันของเหลวให้ออกมาเป็นละอองฝอย หัวฉีดแบบนี้ถ้าควบคุมความดันให้สม่ำเสมอจะได้ละอองที่ละเอียดและสม่ำเสมอ ข้อจำกัดคืออาจมีการอุดตันของช่องเปิด หรือถ้าในอาหารมีชิ้นส่วนของแข็งระหว่างใช้งานของแข็งจะอุดช่องเปิด ทำให้เกิดการสึกกร่อน และช่องมีขนาดใหญ่ขึ้น

หัวฉีดแบบจานหมุน จะมีลักษณะเป็นจานหมุนที่ขอบจะมีช่องเปิด อาหารเหลวจะถูกป้อนเข้าตรงกลาง และถูกเหวี่ยงออกมาโดยรอบตามแนวช่องเปิดที่ขอบ จานนี้จะมีรูปร่างต่าง ๆ กัน มีขนาดและความเร็วในการหมุนต่างกัน ตั้งแต่ขนาด 2 นิ้ว หมุนด้วยความเร็ว 50,000 รอบ/นาที ไปจนถึง 30 นิ้ว และหมุนด้วยความเร็ว 3,450 รอบ/นาที ถ้าเครื่องมือมีการทำงานถูกต้องจะได้ละอองของเหลวขนาดเล็กสม่ำเสมอ หัวฉีดแบบนี้มีการอุดตันหรือการสึกกร่อนน้อยกว่า และสามารถใช้กับอาหารที่มีความหนืดสูง และไม่ค่อขเป็นเนื้อเดียวกัน

หัวฉีดแบบฟลูอิด จะมีของไหลชนิดที่ 2 ซึ่งโดยมากมักจะเป็นอากาศหรือไอน้ำเป็นตัวทำให้อาหารเหลวซึ่งถูกอัดผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ออกมา ขนาดเป็นหยดเล็ก ๆ แรงดันที่ใช้ดันของเหลว

ออกมาจะน้อยกว่าหัวฉีดแบบแรก หัวฉีดแบบนี้จะมีกำลังการทำงานต่ำ และทำให้เกิดหยดของเหลวที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ จึงไม่ค่อยนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ส่วนห้องทำแห้งจะเป็นส่วนที่อากาศร้อนสัมผัสกับหยดอาหารเหลวและเกิดการระเหยของน้ำ ห้องทำแห้งอาจมีลักษณะต่าง ๆ กัน ได้หลายแบบการเลือกแบบของห้องทำแห้งที่เหมาะสมอาจทำได้โดยการทดลองกับเครื่องต้นแบบหรือลองผลิตลงถูกกับเครื่องขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในห้องทำแห้ง  
ที่มา : กิตติพงษ์ (2536)

ในการเก็บรวบรวมและแยกผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วออกจากอากาศ การแยกบางส่วนอาจเกิดขึ้นในห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่อาจตกลงสู่ด้านล่างของห้องอบและถูกขนถ่ายออกมาภายนอก ผลิตภัณฑ์ที่ติดไปกับอากาศร้อนจึงจะถูกนำมาแยกในส่วนนี้ วิธีทั่วไปที่ใช้ในการแยกจะมี 3 วิธี คือ ใช้ไซโคลน (cyclone separator) ใช้วิธีเวทสครับเบอร์ (wet scrubbers) หรือใช้เครื่องกรอง (filter) การแยกนี้เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำ เพราะนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์กลับคืนมาแล้ว ยังช่วยลดมลภาวะในอากาศที่จะปล่อยออกจากเครื่องอีกด้วย

เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เครื่องแยกแบบไซโคลน อาศัยการแยกโดยโมเมนตัมและแรงเหวี่ยงอาจใช้ไซโคลนขนาดใหญ่เพียงตัวเดียว หรือใช้ขนาดเล็กต่อกันเป็นชุด ซึ่งจะให้ผลดีกว่าโดยเฉพาะเมื่อผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ไซโคลนเป็นเครื่องมือที่ใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย และสามารถแยกผลิตภัณฑ์กลับคืนมาได้ 90-97%

วิธีทศวรรษเบอร์ จะทำโดยผ่านอากาศร้อนที่มีผลิตภัณฑ์หลงเหลืออยู่เข้าไปในของเหลวของเหลวนี้มักจะเป็นของเหลวก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ติดปะปนมาในอากาศร้อนจะละลายกลับเข้าไปอยู่ในของเหลวนี้ ซึ่งนอกจากจะช่วยเก็บผลิตภัณฑ์กลับคืนและช่วยให้อากาศร้อนที่จะปล่อยทิ้งไปบริสุทธิ์ขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มอุณหภูมิ (preheat) หรือทำให้ของเหลวนั้นเข้มข้นขึ้น (preconcentrate) ทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้น วิธีนี้จะแยกผลิตภัณฑ์คืนได้ 95-98% แต่ข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ได้ และในผลิตภัณฑ์บางชนิด ผลิตภัณฑ์ที่แยกออกมาจากอากาศร้อน เมื่อถูกนำมาทำแห้งในห้องทำแห้งอีกครั้ง อาจเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนได้

ส่วนการใช้เครื่องกรองก็จะช่วยแยกผลิตภัณฑ์กลับคืนมาได้เช่นเดียวกัน แต่วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการใช้เครื่องแยกแบบไซโคลน 4-6 เท่า ระดับการแยกผลิตภัณฑ์กลับคืนจะได้ 95-98% เหมือนกับวิธีที่ 2 ถ้าการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในส่วนนี้ไม่ดีพอ อาจเกิดการอุดตันขึ้นได้

การทำแห้งบางเครื่องอาจใช้วิธีแยกหลาย ๆ วิธีประกอบกันไป เช่น แยกด้วยไซโคลนก่อน จากนั้นจึงผ่าน ไปเข้าเครื่องกรอง เป็นต้น

การทำแห้งด้วยวิธีนี้สามารถลดความชื้นของอาหาร ได้จนเหลือ ไม่ต่ำกว่า 5% การเสื่อมเสียจากความร้อนมีน้อย แต่อาจมีการเสื่อมเสียได้ในระหว่างเก็บ แรงเดือนที่เกิดขึ้นที่หัวฉีดอาจมีผลต่อสมบัติของอาหารบางชนิด เช่น คุณภาพในการตี (whipping quality) ของโปรตีน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่กระจายตัวในน้ำได้ยาก เมื่อใส่ในน้ำ อาหารจะจับเป็นก้อน ไม่ยอมกระจาย อาจช่วยทำให้เกิดการกระจายดีขึ้น โดยให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ด้วยไอน้ำในสถานะควบคู่ ซึ่งจะช่วยให้ผิวของเม็ดอาหารเปื่อยขึ้น เกิดการกระจายตัวได้ดีขึ้น

เมื่อตรวจสอบ โครงสร้างของอาหารซึ่งทำแห้งด้วยวิธีนี้ พบว่าโครงสร้างมีลักษณะกลวงจากการตรวจโครงสร้างของนมผงซึ่งใช้เครื่องอบแบบนี้ พบว่าอนุภาคมีลักษณะกลวงเป็นโพรง เปลือกด้านนอกมีโครงสร้างคล้ายแก้ว (glassy structure) เป็น amorphous lactose ซึ่งห่อหุ้มไขมันเอาไว้ ไขมันส่วนที่เหลือจะเป็นอิสระ และอยู่ตามผิว

ผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้การทำแห้งวิธีนี้ เช่น นมและผลิตภัณฑ์นม ไข่ ไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mix) อาหารเด็ก ซา กาแฟ ครีมใส่ซากาแฟ (whiteners) โปรตีน ยีสต์เอ็กแทรกซ์ (yeast extract) ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีและข้าวโพด น้ำผักและผลไม้ เป็นต้น การทำแห้งอาจทำภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ (aseptic) เช่น ในอุตสาหกรรมยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศ จะทำแห้งด้วยวิธีนี้ยาก เพราะมีน้ำตาลและของแข็งที่ละลายอื่น ๆ ในปริมาณสูง เมื่อได้รับความร้อนจะเกิด amorphous thermoplastic ทำให้เหนียวติดผนังห้องอบ ซึ่งอาจช่วยได้โดยเติมสารบางชนิด เช่น โปรตีนลงไป เพื่อลดการเกาะติดกัน

## 2.6 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) (มนิษา, 2546)

การสกัดด้วยตัวทำละลายจะอาศัยความสามารถในการละลายในตัวทำละลายของสารระเหย ถ้าต้องการศึกษาสารระเหยทั้งหมดก็ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายที่จำเพาะ แต่ถ้าต้องการศึกษาสารระเหยประเภทใดประเภทหนึ่งจะต้องเลือกตัวทำละลายที่สามารถแยกสารดังกล่าวได้ดีและไม่ละลายสารอื่นออกมา ส่วนใหญ่ตัวทำละลายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ไดเอทิลอีเทอร์, สารผสมของไดเอทิลอีเทอร์/เพนเทน, ฟร็อนและเมทิลลีนคลอไรด์ ซึ่งฟร็อนและเมทิลลีนคลอไรด์จะมีข้อดีคือ ไม่ติดไฟ การเลือกตัวทำละลายในการสกัด มีหลักดังนี้

1. ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (non polar) เช่นฟร็อนและไฮโดรคาร์บอน จะใช้กับตัวอย่างที่เป็นแอลกอฮอล์
2. ตัวทำละลายที่สามารถใช้ได้ทั่วไป ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์และเมทิลลีนคลอไรด์ แต่สารไดเอทิลอีเทอร์ มีข้อเสียคือ สามารถที่จะเกิดเปอร์ออกไซด์ (peroxides) ได้ และมีสารป้องกันการถูกออกซิไดซ์ (oxidize) เช่น BHT อยู่ด้วยจึงทำให้เห็นสาร BHT ในโครมาโตแกรมของ GC-MS diethyl ether
3. การสกัดมักใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำ ซึ่งสามารถกลั่นแยกออกได้หลังจากการสกัดเพื่อทำให้เข้มข้น ถ้าต้องการศึกษาสารระเหยที่มีจุดเดือดต่ำมากสามารถใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำมาก ๆ ได้เช่นกัน เช่น ไตรคลอโรฟลูออโรมีเทน(23°C) หรือ เอทิลคลอไรด์ (12°C)
4. ในกรณีที่สารระเหยที่จุดเดือดต่ำ อาจทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยไปในขณะที่ทำการระเหย จึงใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงได้ เช่น glycerol (290°C) หรือ propylene glycol (188°C)
5. การสกัดโดยใช้คาร์บอน ไดออกไซด์เหลว (liquid carbon dioxide) มีข้อดีคือ ไม่เป็นสารพิษ และราคาถูก คุณสมบัติของคาร์บอน ไดออกไซด์เหลวคล้ายกับ diethyl ether ซึ่งจะมีความเฉพาะต่อสารประเภท เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ คีโตน และแอลกอฮอล์
6. ตัวทำละลายที่ใช้ต้องไม่ละลายน้ำ เพราะจะไปละลายน้ำในสารตัวอย่างที่ใช้ออกมาด้วย
7. ต้องเป็นสารเฉื่อยทางเคมี เพื่อจะได้ไม่ทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของสารที่สกัดได้
8. ควรมีราคาถูกและไม่ติดไฟได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 แก๊สโครมาโทกราฟี –แมสสเปกโทรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry)

ในการนำเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) กับเทคนิคแมสสเปกโทรเมทรี (Mass Spectrometry, MS) มาต่อควบคู่กันนั้น ถือว่าเป็นการจับคู่ที่เหมาะสมวิธีหนึ่ง ทั้งนี้ เพราะแต่ละเทคนิคได้นำหลักการคนละอย่างมาเข้าคู่เป็นหนึ่งเดียวกัน เครื่อง GC สามารถใช้แยกสารที่ระเหยง่ายและระเหยได้บางส่วนออกจากกันได้ดี แต่ไม่สามารถจับสังเกตลักษณะเอกลักษณ์ของสารนั้น ขณะที่เครื่อง MS สามารถระบุข้อมูลทางโครงสร้างของสารประกอบทั้งหลายซึ่งพิสูจน์เอกลักษณ์ได้แน่ชัดแล้ว แต่ก็ไม่สามารถแยกออกจากกันได้สมบูรณ์ ดังนั้นการนำเทคนิคทั้งสองมารวมกันจึงได้รับการพัฒนาอยู่เรื่อยมา หลังจากที่เริ่มใช้เครื่อง GC มาได้ไม่นาน ตั้งแต่ช่วงกลางปี 1950 เป็นต้นมา

### 2.7.1 เทคนิคการวิเคราะห์

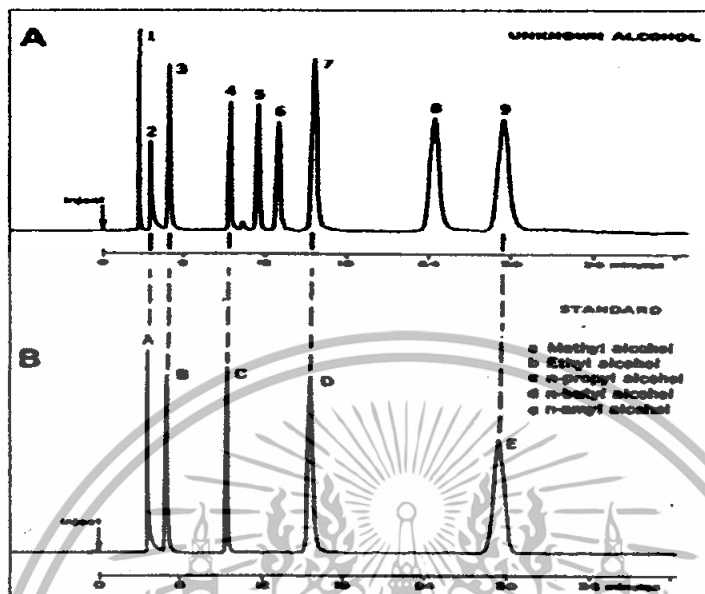
GC-MS จัดเป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่งในการพิสูจน์เอกลักษณ์และหาปริมาณสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยง่ายและระเหยได้บ้างในสารผสม เมื่อสารผสมที่ระเหยกลายเป็นไอ ไต่ง่ายถูกผ่านเข้าไปในคอลัมน์ที่มีตัวแยกเป็นเฟสที่อยู่กับที่ สารผสมดังกล่าวจะถูกแก๊สที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ชะออกจากคอลัมน์ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารผสมจะถูกแยกออกจากคอลัมน์ด้วยเวลาที่ต่างกัน อันเนื่องมาจากการกระจายของสารผสมในระหว่างเฟสทั้งสองที่แตกต่างกัน (ค่าสัมประสิทธิ์การแจกแจงต่างกัน) ทำให้เวลาการคงไว้ก็ต่างกันด้วย แก๊สจึงเป็นตัวการสำคัญในการแยกสารผสม การกระจายของสารผสมในภาวะสมดุลระหว่างสองเฟส (distribution equilibria) จะขึ้นอยู่กับความดันไอขององค์ประกอบของสารผสม และความสามารถในการถูกดูดซึมของเฟสที่อยู่กับที่ ดังนั้นการแยกสารผสมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับจุดเดือดที่ต่างกันของสารผสม มวลโมเลกุล และสูตร โครงสร้างที่ต่างกันของสารผสม การที่จะเลือกใช้สารใดเป็นเฟสที่อยู่กับที่จึงต้องพิจารณาโครงสร้างของสารตัวอย่างที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้มีความใกล้เคียงกับเฟสที่อยู่กับที่ สำหรับการประยุกต์ใช้วิเคราะห์สารอื่น ๆ นั้น นิยมใช้เครื่อง GC-MS วิเคราะห์สารที่เป็นมลพิษที่ตกค้างในน้ำดื่มและน้ำอุปโภค นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิเคราะห์หาตัวชนและสารเมตาโบไลต์ชนิดต่าง ๆ ในเลือดและปัสสาวะ เทคนิค GC-MS สามารถใช้พิสูจน์เอกลักษณ์ของสารอินทรีย์โดยเทียบกับสเปกตรัมมาตรฐาน หรือแปลข้อมูลจากสเปกตรัมของสารตัวอย่างนั้นโดยตรง ใช้ศึกษาสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารอินทรีย์

### 2.7.2 ข้อมูลเชิงวิเคราะห์

#### 2.7.2.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (วนิดา, 2550)

Retention time (RT) คือ เวลาที่สารแต่ละชนิดใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์นับจากเวลาเริ่มต้นของการวิเคราะห์ถึงตำแหน่งเวลาที่ detector อ่านค่าสัญญาณสูงสุด (peak) จากการตรวจวัดของสารนั้น ๆ โดย retention time เป็นลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิดในสภาวะการวิเคราะห์เดียวกันทั้งชนิดของ column และอุณหภูมิที่ใช้ ค่า retention time ของสารชนิดเดียวกันที่วิเคราะห์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ควรจะต้องคงที่หรือมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้น การตรวจพิสูจน์ชนิดของสารองค์ประกอบใด ๆ ในของผสมตัวอย่างสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า retention time ระหว่างสารองค์ประกอบในของผสมตัวอย่าง (unknown) กับสารองค์ประกอบมาตรฐาน ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการเปรียบเทียบค่า Retention Time ของสารตัวอย่างกับสารองค์ประกอบมาตรฐาน

ที่มา : วนิศา(2550)

2.7.2.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย GC ได้รับความนิยมสูงมากโดยเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการหาปริมาณของสารมี 3 เทคนิคคือ

1. วิธีปรับพื้นที่เป็นปกติ (Normalization)

การวิเคราะห์องค์ประกอบร้อยละของสารผสมนิยมใช้วิธีปรับพื้นที่เป็นปกติหรือปรับพื้นที่รวมทั้งหมดเป็น 1 วิธีนี้ทำได้ง่ายและสะดวก การวิเคราะห์ทำได้โดยการฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี สารผสมตัวอย่างจะถูกแยกและจะออกจากคอลัมน์ที่ละตัว องค์ประกอบร้อยละของสารแต่ละตัวคำนวณโดย

$$\text{องค์ประกอบ (\%)} = \frac{A_i \times 100}{\sum A_i}$$

โดย  $A_i$  = พื้นที่ที่คของพีคที่ 1,2,3,...i

2. การใช้สารมาตรฐานภายนอก (External Standardization)

วิธีนี้คล้ายคลึงกับวิธีปรับพื้นที่เป็นปกติ จะแตกต่างกันก็แต่เพียงใช้สารบริสุทธิ์เป็นสารมาตรฐานอ้างอิงเพียงตัวเดียวฉีดเข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีในปริมาณที่แน่ชัด การฉีดสารอาจจะฉีดเพียงครั้งเดียวหรือมากกว่าโดยฉีดในปริมาณแตกต่างกัน หลังจากนั้นจึงฉีดสารผสมที่ต้องการวิเคราะห์ จากปริมาตรของผสมที่ฉีดเข้าไปจะสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารที่จะไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Krishnan และคณะ (2005) ตรีชนที่ขบความสามารถในการเก็บกลืนจากธรรมชาติชนิดโอรีโอเรซิน (oleoresin) ของตัวพา 3 ชนิด ได้แก่ กัมอะราบิก มอลโตเดคซ์ทรินและแป้งคัดแปรทางเคมี (Hi-Cap100) ชนิด enzyme hydrolysis starch พบว่ากัมอะราบิกมีความสามารถในการเก็บกลืนได้สูงสุด และสามารถรักษากลิ่นที่อยู่ภายในแคปซูลได้ดีกว่ามอลโตเดคซ์ทรินและแป้งคัดแปร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85372

### บทที่ 3

#### วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

##### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 ซีฟี่ง	จากจังหวัดเชียงใหม่
3.1.2 ผิวมะกรูด	จากตลาดไท
3.1.3 ก้ำชาน	จากเขาวราช
3.1.4 ไม้จันทน์	จากจังหวัดชุมพร
3.1.5 แป้งดัดแปรทางเคมี (chemical modification)	
- Hi-Cap100 ชนิด Enzyme hydrolysis starch	จากบริษัท National Starch
- modified tapioca starch ชนิด Oxidized starch	จากบริษัท Asia Modified Starch
3.1.6 กัมอะราบิก (Gum arabic)	จากบริษัท Matrix
3.1.7 โพรพิลีน ไกลคอล (propylene glycol)	จากบริษัท Ajax finechem

##### 3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	AND รุ่น HR200
3.2.2 เครื่องโฮโมจีไนซ์	CAT HOMOGENIZER X120
3.2.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	BUCHIMini Spray dry B191
3.2.4 เครื่อง Gas Chromatography/Mass Spectrometer (GC-MS)	
3.2.5 เครื่องอบลมร้อน	

##### 3.3 วิธีการทดลอง

###### 3.3.1 การทำเทียนอบและควันเทียนเหลว

ชั่งซีฟี่ง 97 กรัม นำมาให้ความร้อนจนซีฟี่งละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้ซีฟี่งแข็งตัวประมาณ 5 นาที จากนั้นใส่ก้ำชาน ผิวมะกรูด และ ไม้จันทน์อย่างละ 1 กรัม เคี่ยวให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำมาแผ่เป็นแผ่นหุ้มรอบได้เทียนที่ทำจากด้ายดิบ จุดเทียนอบและใช้ปั๊มดูดควันเทียนผ่าน โพรพิลีน ไกลคอล โดยใช้ปริมาณ โพรพิลีน ไกลคอล 30 กรัมต่อเทียนอบ 25 กรัม จากนั้นนำควันเทียนเหลวหรือสารละลายของควันในโพรพิลีน ไกลคอล ไปวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่ให้กลิ่นด้วยเครื่อง GC-MS

### 3.3.2 การเตรียมตัวอย่างควันทึนหนง

ซังแป้งคัดแปรและควันทึนหนง นํามาผสมกัน การผสมต้องค่อย ๆ ใส่แป้งคัดแปรลงไปและควรคนสารละลายตลอดเวลาเพื่อให้สารละลายเข้ากันดี นำไปโฮโมจิไนซ์ด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ ความเร็วรอบ 16100-21300rpm เป็นเวลา 5 นาที

ตั้งค่าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยกำหนด flow control %pump และ %aspirator เท่ากับ 700 kg/h 25 และ 100 ตามลำดับ ปรับอุณหภูมิอากาศขาเข้า (inlet temperature) รอกจนได้ตามต้องการจึงป้อน (feed) สารละลายแป้งคัดแปรที่เตรียมไว้เข้าไปในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

### 3.3.3 ศึกษาความเข้มข้นของแป้งคัดแปรกับอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมเพื่อทำควันทึนหนง

เตรียมตัวอย่างตามวิธีข้อ 3.3.2 โดยใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch โดยยังไม่ต้องเติมกลีเซอรอล แปรค่าความเข้มข้นของแป้งคัดแปรและอุณหภูมิอากาศขาเข้าตามสภาวะในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรและอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ทำการทดลอง

สภาวะ	ความเข้มข้นของแป้งคัดแปร (%w/w)	อุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (°C)
1	20	180
2	25	170
3	30	160
4	35	150

ทดลอง 3 ซ้ำเก็บข้อมูลจากการทดลอง ดังนี้

3.3.3.1 เวลาในการทำแห้งตั้งแต่เริ่มพ่นสารละลายตัวอย่างเข้าเครื่องทำแห้งจนสารละลายหมด

3.3.3.2 ปริมาณความชื้นของแป้งคัดแปรหลังการแห้งทำแห้ง (AOAC, 2000)

3.3.3.3 ปริมาณผลผลิต (%yield) โดยเทียบจากน้ำหนักฐานแห้ง (dry basis)

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองข้อ 3.3.3.1-3.3.3.3 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 15 โดยใช้แผนการทดลองปัจจัยเดียวแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Range เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทดลองต่อไป

ทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของแป้งคัดแปรเป็นชนิด Oxidized Starch จาก Asia Modified Starch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 ศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร

เปรียบเทียบความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งของแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch และชนิด Oxidized Starch จาก Asia Modified Starch จากข้อ 3.3.3 เติมน้ำวันทีชนเหลวตามข้อ 3.3.1 และเติมน้ำอย่างตามข้อ 3.3.2 ทดลอง 4 จำ วิเคราะห์ปริมาณสารให้กลิ่นในตัวอย่างหลังทำแห้งด้วยเครื่อง GC-MS

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 15 โดยใช้แผนการทดลองปัจจัยเดียวแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New multiple Range เพื่อเลือกแป้งคัดแปรที่สามารถเก็บกลิ่นได้ดีเพียงชนิดเดียวเพื่อทดลองต่อไป

### 3.3.5 ศึกษาผลของการเติมอะราบิกต่อปริมาณน้ำตาลของกลิ่นวันทีชนผง

จากสภาวะและชนิดของแป้งคัดแปรที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.3 และ 3.3.4 ศึกษาปริมาณอะราบิกที่เหมาะสม โดยเติมกับอะราบิก 0 20 30 และ 40% ของน้ำหนักแป้งคัดแปร ทดลอง 3 จำ วิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 ศึกษาความเข้มข้นของแป้งคัดแปรกับอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมเพื่อทำควันทึบย่น

จากการทดลองเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแป้งคัดแปร 2 ชนิดด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เมื่อทดลองที่สภาวะต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ผล ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

**ตาราง 4.1** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณความชื้นของแป้งคัดแปรหลังการทำแห้ง และ ปริมาณผลผลิต ของแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch

ความเข้มข้น (%w/w)	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	ระยะเวลาทำแห้ง (นาที)	ปริมาณความชื้นหลังทำแห้ง (%)	ปริมาณผลผลิต (%)
20	180	15.00±1.00 <sup>b</sup>	8.09±0.61	58.01±6.17 <sup>b</sup>
25	170	17.00±1.00 <sup>b</sup>	8.45±0.10	60.85±5.70 <sup>b</sup>
30	160	31.67±1.53 <sup>b</sup>	8.34±0.56	76.87±4.22 <sup>a</sup>
35	150	124.33±20.74 <sup>a</sup>	7.70±0.25	84.25±3.78 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1) ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวดิ่งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p > 0.05$ )

จากตาราง 4.1 การใช้สภาวะในทำแห้งแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ที่ต่างกัน มีผลทำให้ระยะเวลาการทำแห้ง และ ปริมาณผลผลิตที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ทำให้ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ระยะเวลาในการทำแห้ง จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิขาเข้าลดลง จะมีผลทำให้ระยะเวลาการทำแห้งเพิ่มขึ้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปร 35% (w/w) และอุณหภูมิอากาศขาเข้า 150°C จะใช้ระยะเวลาการทำแห้งนานที่สุด เนื่องจากเมื่อใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปร 35% (w/w) ความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นมาก ความหนืดสูงขึ้นนี้ทำให้ยากต่อการดูดสารละลาย (pumping) และทำให้สารละลายอยู่ในรูปละออง (atomization) ได้ยาก จึงทำให้ระยะเวลาการทำแห้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสภาวะอื่น (Grabowski, 2006)

ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้ง จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิขาเข้าลดลง ไม่มีผลทำให้ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการสังเกตนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีนัยสำคัญทางสถิติ อัตราการกำจัดความชื้นออกจากหอยของเหลวระหว่างการทำแห้งจะขึ้นกับ อุณหภูมิและปริมาณความชื้นของอากาศ (รุ่งนภา, 2535) ซึ่งในการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ความชื้นของแป้งคัดแปรสูงขึ้นและใช้อุณหภูมิของอากาศขนเข้าต่ำลง ทำให้ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณผลผลิต จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้ความชื้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้นและ อุณหภูมิอากาศขาเข้าลดลง มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ความชื้นของแป้งคัดแปร 35% (w/w) อุณหภูมิอากาศขาเข้า 150°C และ ความชื้น 30%(w/w) อุณหภูมิอากาศขาเข้า 160°C จะได้ปริมาณผลผลิตสูง ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะต่างจากการใช้ความชื้น 25% (w/w) อุณหภูมิอากาศขาเข้า 170°C และ ความชื้น 20% (w/w) อุณหภูมิอากาศขาเข้า 180°C ซึ่งจะได้ปริมาณผลผลิตต่ำกว่า อาจเนื่องจากการใช้อุณหภูมิ อากาศขาสูงในการทำแห้ง มีผลให้เกิดเปลือกแข็งหุ้มรอบหอยของเหลวอย่างรวดเร็ว ทำให้ความชื้น ไม่สามารถระเหยออกจากหอยของเหลวได้ ผลึกกลูโคสจึงมีลักษณะขึ้นและเกาะติดกัน ไม่เป็นผงแห้ง จึง ได้ปริมาณผลผลิตต่ำกว่า (Chegini and Ghobadian, 2007)

จากการทดลองจะเห็นว่า การทำแห้งแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch โดยใช้ ความชื้นของแป้งคัดแปรเท่ากับ 35% (w/w) และอุณหภูมิขาเข้าเท่ากับ 150°C กับใช้ความ ชื้นของแป้งคัดแปร 30% (w/w) และอุณหภูมิอากาศขาเข้า 160°C จะได้ปริมาณผลผลิตสูงไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อทำการพิจารณาถึงระยะเวลาการทำแห้ง พบว่าเมื่อใช้ ความชื้นของแป้งคัดแปร 30% (w/w) และอุณหภูมิอากาศขาเข้า 160°C จะใช้ระยะเวลาการทำ แห่น้อยกว่ามาก ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะเลือกใช้ความชื้นของแป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ที่ 30%(w/w) และอุณหภูมิอากาศขาเข้า 160°C ในการผลิตควินเทินผง

**ตาราง 4.2** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณความชื้นของแป้งคัดแปร หลังการทำแห้ง และ ปริมาณผลผลิต เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch

ความชื้น (%)w/w)	อุณหภูมิขาเข้า (°C)	ระยะเวลาทำแห้ง <sup>a</sup> (นาที)	ปริมาณความชื้น หลังทำแห้ง <sup>b</sup> (%)	ปริมาณผลผลิต (%)
20	180	12.33±0.57	5.73±0.85	87.11±2.47 <sup>c</sup>
25	170	13.00±1.73	6.71±0.97	90.24±1.85 <sup>b</sup>
30	160	13.67±2.08	5.96±0.96	90.43±0.91 <sup>b</sup>
35	150	14.00±0.00	5.92±1.45	93.90±0.46 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1) ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%( $p \leq 0.05$ )

2) ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%( $p > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.2 การใช้สภาวะในการทำแห้งแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch ที่ต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ไม่ทำให้ระยะเวลาการทำแห้ง และปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระยะเวลาในการทำแห้ง จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิอากาศขาเข้าลดลง ไม่มีผลทำให้ระยะเวลาการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจาก แป้งชนิด Oxidized starch จะมีความหนืดต่ำแม้จะมีความเข้มข้นของแป้งสูง (กุลฤดี, 2548) จึงทำให้แป้งคัดแปรที่ความเข้มข้นต่างกันมีความหนืดไม่แตกต่างกัน การลดสารละลายทำได้รวดเร็ว และสารละลายอยู่ในรูปตะกอนได้ง่าย ระยะเวลาในการทำแห้งจึงไม่แตกต่างกัน

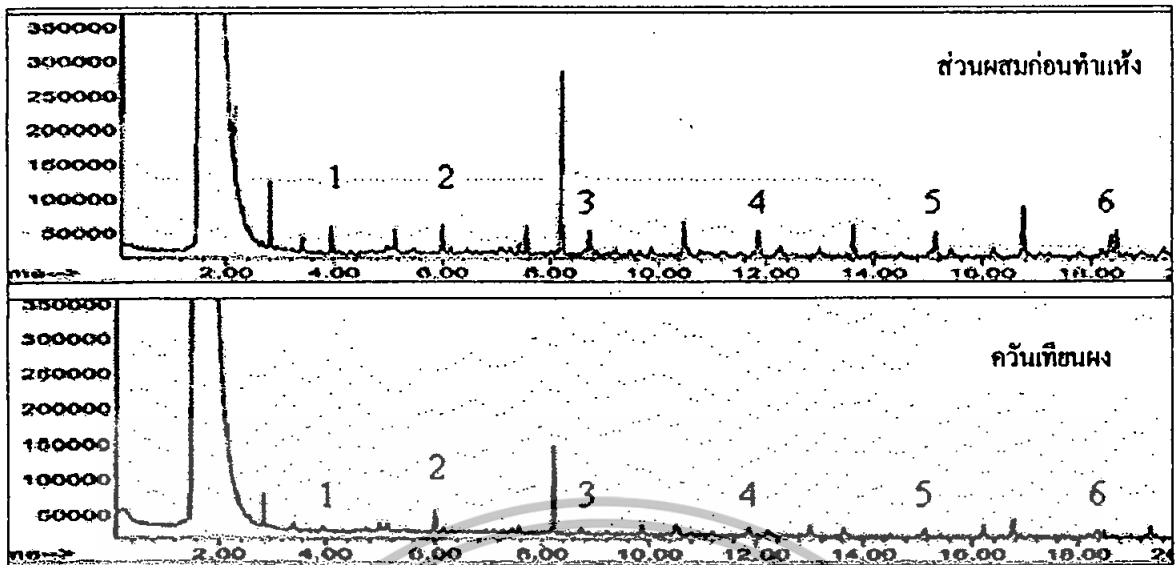
ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้ง จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิอากาศขาเข้าลดลง ไม่มีผลทำให้ปริมาณความชื้นหลังการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รุ่งนภา, 2535)

ปริมาณผลผลิต จากการทดลองจะเห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปรเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิอากาศขาเข้าลดลง มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปร 35% (w/w) อุณหภูมิขาเข้า 150°C จะได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด (Chegini and Ghobadian, 2007)

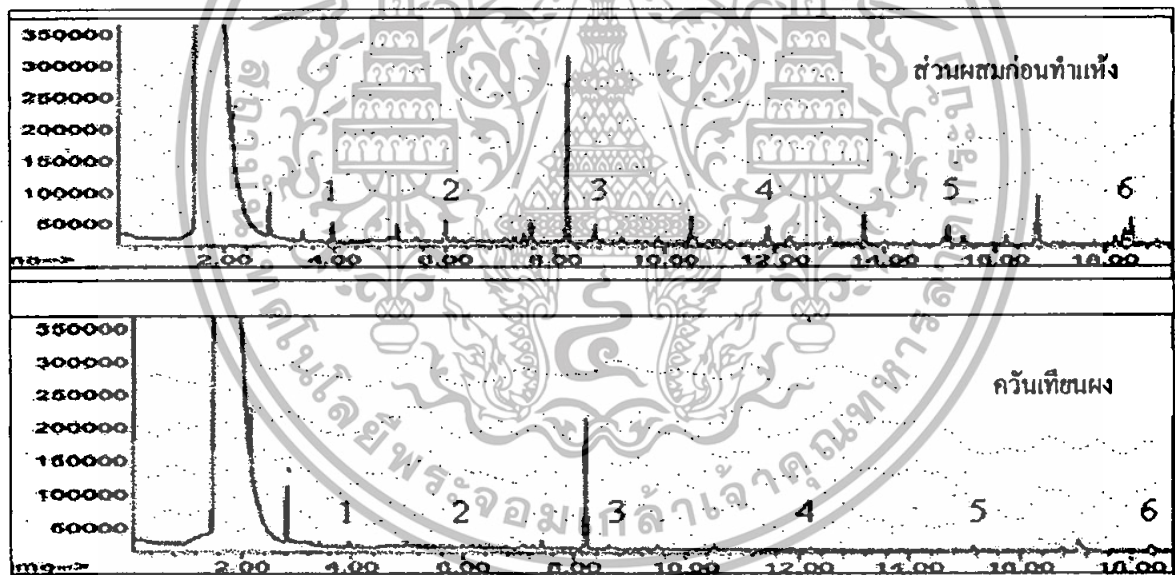
จากการทดลองจะเห็นว่า ในการทำแห้งแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch โดยใช้ความเข้มข้นของแป้งคัดแปร 35% (w/w) และอุณหภูมิอากาศขาเข้า 150°C จะได้ปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงเลือกใช้สภาวะนี้เพื่อใช้ในการผลิตควันทึยผสม

#### 4.2 ศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปรแต่ละชนิด

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปรแต่ละชนิดคือ แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch และชนิด Oxidized starch โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งจากข้อ 4.1 เพื่อทำควันทึยผสม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยของส่วนผสมก่อนทำแห้งเปรียบเทียบกับควันทึยผสมที่ได้เมื่อใช้แป้งคัดแปรทั้ง 2 ชนิด ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.1 – 4.2



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch [ 1 = เพนทานเนล, 2 = เฮกซานเนล, 3 = เฮพทานเนล, 4 = ออกทานเนล, 5 = โนแนนเนล, 6 = เดคาเนล]



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch [ 1 = เพนทานเนล, 2 = เฮกซานเนล, 3 = เฮพทานเนล, 4 = ออกทานเนล, 5 = โนแนนเนล, 6 = เดคาเนล]

จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงที่ได้จากการทำแห้งด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีคของโครมาโตแกรมที่ได้พบว่าพื้นที่ใต้พีคหมายเลข 1 - 6 ที่ได้จากควันเทียนผงเมื่อใช้แป้งคัดแปรทั้งสองชนิดลดลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ใต้พีคที่ได้จากส่วนผสมก่อนทำแห้ง แต่พื้นที่ใต้พีคที่ได้จากควันเทียนผงเมื่อใช้แป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัลดแปรชนิด Oxidized starch มีขนาดเล็กกว่ามากเมื่อเทียบกับเมื่อใช้แป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch

เมื่อนำพื้นที่ใต้พิภพของสารสำคัญ 6 ชนิดที่ได้จากส่วนผสมก่อนทำแห้งและจากควินเทียสนผงเมื่อใช้แป้งคัลดแปรต่างกันมาคำนวณความเข้มข้นของสารระเหย แล้วนำมาเทียบกันเพื่อหาปริมาณสารระเหยคงเหลือ และวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3

**ตาราง 4.3** ปริมาณสารระเหยคงเหลือในควินเทียสนผงเมื่อใช้แป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch และ Oxidized starch

สารระเหย	ปริมาณสารระเหยคงเหลือ (%)	
	Enzyme hydrolysis starch	Oxidized starch
เพนทานอล	21.84±1.47 <sup>a</sup>	8.45±2.82 <sup>b</sup>
เฮกซานอล	33.54±3.18 <sup>a</sup>	2.97±1.37 <sup>b</sup>
เฮปทานอล	22.05±2.61 <sup>a</sup>	1.96±1.23 <sup>b</sup>
ออกทานอล	26.25±2.50 <sup>a</sup>	5.08±3.06 <sup>b</sup>
โนนทานอล	26.52±1.63 <sup>a</sup>	5.99±3.22 <sup>b</sup>
เดคาแนล	23.10±1.86 <sup>a</sup>	6.73±1.15 <sup>b</sup>

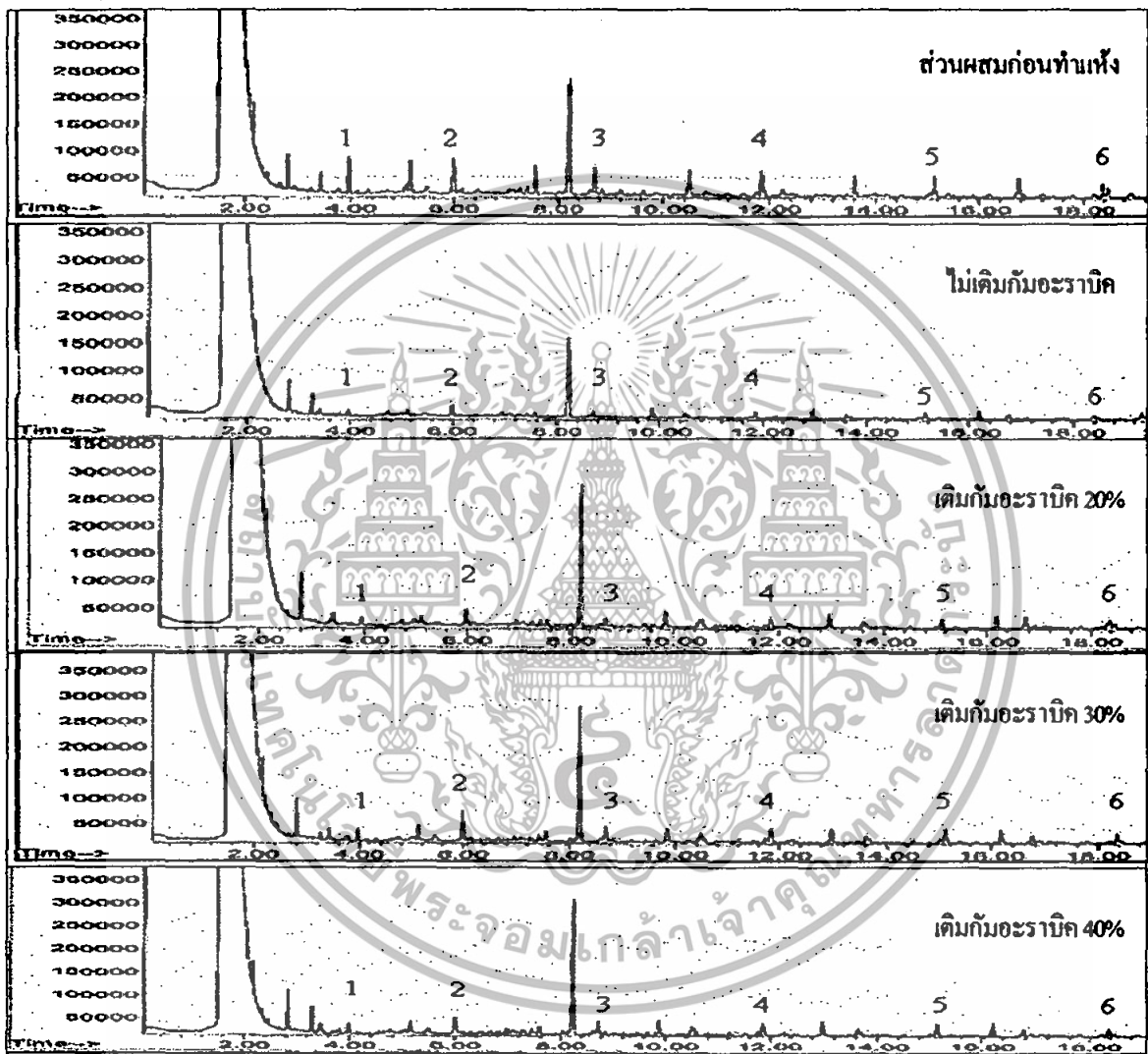
หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

จากตาราง 4.3 การใช้แป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch และแป้งคัลดแปรชนิด Oxidized starch มีผลทำให้ปริมาณสารระเหยคงเหลือในควินเทียสนผงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพบว่าการใช้แป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จะทำให้มีปริมาณสารระเหยคงเหลือในควินเทียสนผงมากกว่าการใช้แป้งคัลดแปรชนิด Oxidized starch อาจเนื่องจากแป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch สามารถทำให้อิมัลชันของควินเทียสนผงก่อนการทำแห้งเสถียรและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มขณะทำแห้งได้ดี (Risch and Reineccius, 1989) เนื่องจากอิมัลชันที่เสถียรจะช่วยลดการแตกตัวด้วยแรงเฉือนที่เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยและ การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มทำให้สารระเหยไม่ระเหยออกและยังคงเหลืออยู่ในหยดของเหลว (Tamon *et al*, 2005) จึงช่วยลดการสูญเสียสารระเหยขณะทำแห้งได้ ขณะที่แป้งคัลดแปรชนิด Oxidized starch มีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2543) แต่ไม่สามารถทำให้อิมัลชันเสถียร จึงทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยขณะทำแห้งได้ ดังนั้นจึงเลือกแป้งคัลดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ในการทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ศึกษาผลของการเติมกำมะถันต่อปริมาณสารระเหยคงเหลือของควันเทียนผง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเติมกำมะถันต่อปริมาณสารระเหยคงเหลือในควันเทียนผงเมื่อใช้สภาวะการทำแห้งและชนิดของแป้งคัดแปรที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยในของผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงด้วยเครื่อง GC-MS เมื่อเติมกำมะถันในปริมาณ 0 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้งคัดแปรแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยด้วยเครื่อง GC-MS ของส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงเมื่อเติมกำมะถัน 0 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้งคัดแปรตามลำดับ [1 = เพนทานแนล, 2 = เฮกซานแนล, 3 = เฮปทานแนล, 4 = ออกทานแนล, 5 = โนนาแนล, 6 = เดคาแนล]

เมื่อนำโครมาโตแกรมของปริมาณสารระเหยในส่วนผสมก่อนทำแห้งและในควันเทียนผงเมื่อเติมและไม่เติมกำมะถันมาเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีค พบว่าการเติมกำมะถันในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นที่ใต้พีคของควันเทียนผงที่ได้มีขนาดเพิ่มขึ้นนั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำพื้นที่ได้พืชของสารสำคัญ 6 ชนิดที่ได้จากส่วนผสมก่อนทำแห้งและจากวัน  
เทียนผงเมื่อเติมกัมอะราบิกในปริมาณต่างกันมาคำนวณความเข้มข้นของสารระเหย แล้วนำมา  
เทียบกันเพื่อหาปริมาณสารระเหยคงเหลือ และวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

**ตาราง 4.4** ปริมาณสารระเหยคงเหลือในควันเทียนผงเมื่อเติมกัมอะราบิก 0 20 30 และ 40% ของ  
น้ำหนักแป้งคัสแคเรีย

สารระเหย	ปริมาณสารระเหยคงเหลือ (%)			
	0%	20%	30%	40%
เพนทาเนล	22.10±2.20 <sup>b</sup>	25.08±1.80 <sup>b</sup>	33.53±1.13 <sup>a</sup>	30.52±1.32 <sup>a</sup>
เฮกซาเนล	33.49±2.21 <sup>b</sup>	38.85±4.47 <sup>b</sup>	61.75±5.75 <sup>a</sup>	54.76±1.25 <sup>a</sup>
เฮปทาเนล	21.22±3.25 <sup>b</sup>	28.16±7.00 <sup>b</sup>	40.11±5.30 <sup>a</sup>	39.52±2.32 <sup>a</sup>
ออกทาเนล	27.06±2.15 <sup>c</sup>	40.62±6.17 <sup>b</sup>	35.22±2.93 <sup>b</sup>	50.42±3.09 <sup>a</sup>
โนนาเนล	24.37±5.03 <sup>b</sup>	27.78±3.10 <sup>b</sup>	36.94±1.55 <sup>a</sup>	36.46±3.32 <sup>a</sup>
เดคาเนล	18.64±5.32 <sup>b</sup>	25.98±2.76 <sup>a</sup>	26.59±4.40 <sup>a</sup>	30.72±0.67 <sup>a</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแต่ละแถวแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ )

จากตาราง 4.4 การเติมกัมอะราบิกลงไปปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารระเหยคงเหลือ  
ในควันเทียนผงเพิ่มขึ้นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

พบว่าเมื่อไม่เติมกัมอะราบิกและการเติมกัมอะราบิกในปริมาณ 20% ปริมาณ  
เพนทาเนล เฮกซาเนล เฮปทาเนล และ โนนาเนล ในควันผงจะไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง  
สถิติ แต่จะต่างจากเมื่อเติมในปริมาณ 30 และ 40% โดยการใช้น้ำปริมาณ 30 และ 40% จะทำให้  
ปริมาณสารระเหยคงเหลือมากกว่า

สำหรับปริมาณออกทาเนล เมื่อไม่เติมกัมอะราบิก ควันผงที่ได้จะมีปริมาณสารต่ำที่สุด  
ส่วนการเติมในปริมาณ 20 และ 30% ปริมาณออกทาเนลในควันผงจะไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ แต่จะเพิ่มขึ้นกว่าเมื่อไม่เติม ส่วนการใช้น้ำปริมาณ 40% จะทำให้ปริมาณสารระเหยคงเหลือ  
มากที่สุด

เมื่อพิจารณาปริมาณเดคาเนล การเติมกัมอะราบิกในปริมาณตั้งแต่ 20% ขึ้นไปจะทำให้  
ปริมาณเดคาเนลในควันผงไม่ต่างกันและจะเพิ่มขึ้นกว่าเมื่อไม่เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการทดลองจะเห็นว่า การเติมกัมอะราบิกมีผลทำให้ปริมาณสารระเหยในควันผงเพิ่มขึ้น  
ทั้งนี้เนื่องจากกัมอะราบิกมีคุณสมบัติที่ทำให้เกิดความเสถียรของอิมัลชันและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี  
จึงสามารถป้องกันการสูญเสียสารระเหยขณะทำแห้งได้ดีขึ้น (Gharsallaoui et al., 2007) นอกจากนี้  
กัมอะราบิกยัง มีความชื้นต่ำ มีความหนืดต่ำ ไม่มีกลิ่นรส และปลดปล่อยกลิ่นได้เมื่อผสมกับน้ำได้  
อีกด้วย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้กัมอะราบิกเป็น Carrier ที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม  
เอ็กสารนี้เป็นเอ็กสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอ็กสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร (Risch and Reineccius, 1989) โดยปริมาณกัมมะธราบิคที่เหมาะสมในการเติมลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาสารระเหยคงเหลือจะพิจารณาจากสารระเหยที่มีความสำคัญต่อกลิ่นซึ่งในที่นี้ได้แก่สารประกอบในกลุ่มแอลคิลไฮด์ จะเห็นได้ว่าการเติมกัมมะธราบิคในปริมาณ 30 และ 40% สามารถเก็บสารเพนทาเนล เฮกซาเนล เฮปทาเนล โนนาเนล และเดคาเนลได้ดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยกเว้นออกทาเนล ซึ่งการเติมกัมมะธราบิคในปริมาณ 30% จะเก็บได้น้อยกว่าการเติมในปริมาณ 40% ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณกัมมะธราบิค 40%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสารละลายแป้งคัดแปรชนิด enzyme hydrolysis starch จากบริษัท National Starch พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแป้งและอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสม คือ 30% และ 160°C ตามลำดับ แต่เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด oxidized starch จากบริษัท Asia Modified Starch พบว่าความเข้มข้นและอุณหภูมิอากาศขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสม คือ 35% และ 150°C ที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูง ใช้ระยะเวลาการทำแห้งสั้น และใช้อุณหภูมิขาเข้าต่ำ เนื่องจากการใช้อุณหภูมิขาเข้าต่ำจะช่วยลดการสูญเสียปริมาณสารระเหยขณะทำแห้งได้
2. จากการศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร พบว่าแป้งคัดแปรชนิด enzyme hydrolysis starch จากบริษัท National Starch มีความสามารถในการเก็บกลิ่นได้ดีกว่าแป้งคัดแปรชนิด oxidized starch จากบริษัท Asia Modified Starch เนื่องจากแป้งคัดแปรชนิด enzyme hydrolysis starch สามารถทำให้อิมัลชันของควันเทียนผงก่อนการทำแห้งเสถียรและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มขณะทำแห้งได้ อิมัลชันที่เสถียรจะช่วยลดการแตกตัวด้วยแรงเฉือนที่เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยและ การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มทำให้สารระเหยไม่ระเหยออกและยังคงเหลืออยู่ในหอคของเหลว จึงสามารถลดการสูญเสียสารระเหยขณะทำแห้งได้
3. จากการศึกษาผลของการเติมกัมอะราบิกต่อปริมาณสารระเหยคงเหลือในควันเทียนผง พบว่าการเติมกัมอะราบิกมีผลทำให้ปริมาณสารระเหยคงเหลือเพิ่มขึ้น เนื่องจากกัมอะราบิกเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ได้จากธรรมชาติ จึงมีคุณสมบัติสามารถทำให้เกิดความเสถียรของอิมัลชันและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี นอกจากนี้กัมอะราบิกยัง ดูดความชื้นต่ำ มีความหนืดต่ำ ไม่มีกลิ่นรส และปลดปล่อยกลิ่นได้เมื่อผสมกับน้ำได้อีกด้วย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้กัมอะราบิกเป็น Carrier ที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร โดยปริมาณกัมอะราบิกที่เหมาะสมในการเติมลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาสารระเหยคงเหลือ คือ 40%

#### ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาความสามารถในการเก็บกลิ่นของแป้งคัดแปร ได้ศึกษาชนิดของแป้งคัดแปรที่ใช้และปริมาณสารระเหยคงเหลือของควันเทียนผง ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมและระยะเวลาในการเก็บรักษาสำหรับการเก็บรักษากวนเทียนผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กฤติ สว่างสีทอง. 2548. การศึกษาบทบาทของสภาวะในการผลิตต่อสมบัติของแป้งออกซิไดซ์ที่ผลิตจากสารออกซิไดซ์ต่างชนิดกัน. หน่วยปฏิบัติการแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง
- คณิต กฤษณ์งูร. 2546. แก๊สโครมาโตกราฟี. พิมพ์ครั้งที่ 2 หนังสือในโครงการส่งเสริมการสร้างตำรา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- จริยา เคนกฤษ. 2549. ขนมไทย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เพชรการเรือน
- มนิษา เสี่ยงประชา. 2546. การเปรียบเทียบกระบวนการสกัดกลิ่นหอมจากดอกกุหลาบมอญ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร : การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์
- วนิดา คูมรพัฒนะ, 2007.ปฏิบัติการ ANA 10 GAS CHROMATOGRAPHY. [online]. เข้าถึงได้จาก <http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egche/PDF/ANA/ANA10%20Gas%20Chromatography.pdf>
- วรรณภา ดุขธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วรรณภา ตั้งเจริญชัย. 2547. บทปฏิบัติการเคมีอาหาร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพฯ
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เทียนอบ. กระทรวงอุตสาหกรรม
- ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย. 2543. หลักการเบื้องต้น และการประยุกต์ใช้เทคนิคคู่ควบในเคมีวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเคมี วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : ขอนแก่น
- AOAC.2000. Official method of analysis of association of official analytical chemists. 17<sup>th</sup> ed. Gaithersburg. Maryland
- Carolina, B.C.; Carolina, S.; Zamora, M.C. and Jorge, C. 2007 Glass Transition Temperatures and Some Physical and Sensory Changes in Stored Spray-Dried Encapsulation Flavor. *Food Science and Technology*.40 :1792-1797.
- Gharsallaoui *et al.* 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- G.R. Chegini and B. Ghobadian. 2007. **Spray Dryer Parameters for Fruit Juice Drying.**  
World Journal of Agricultural Sciences.
- Grabowski, Julie Ann. 2006. **Development and characterization of spray dried Sweetpotatoes.** Master of science Food science North Carolina State University.
- Reineccius, G.A. n.d. **Source Book of Flavors.** ed.2<sup>nd</sup> New York
- Risch, J.S. and Reineccius, G.A. 1989. **Flavor Encapsulation ACS Symposium Series 370.** 2<sup>nd</sup> U.S.A. : n.p.
- Sara, J Risch and Gary A. Reineccius. 1993. **Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients.** Washington, DC. : American Chemical Society.
- Soottitawat, A 2007. **Encapsulation.** [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.nanotec.or.th>
- Tamon *et al*, 2005. **เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร. แปลและเรียบเรียงโดยวิรุฬห์ ตันชะพานิชกุล. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

## อุปกรณ์

1. ถังอะลูมิเนียมพร้อมฝา (Aluminum can)
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. โถอบความชื้น (Desecrator)

## วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักถังอะลูมิเนียมพร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
2. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2-5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด ( $10^1$ )
3. นำไปอบในตู้อบ โดยเปิดฝาดังด้วยอะลูมิเนียม ใช้อุณหภูมิ  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  นาน 2 ชั่วโมง
4. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝาดังด้วยอะลูมิเนียมนำมาทำให้เย็นในโถอบความชื้น ก่อนชั่งน้ำหนัก

## การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักหลังอบ}}$$

## การวิเคราะห์ปริมาณสารให้กลิ่น

## อุปกรณ์

1. กรวยแยก
2. บีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
3. ขวดduran ขนาด 100 มิลลิลิตร
4. ขวดใส่ตัวอย่างสีขาขนาดเล็ก

## สารเคมี

1. Diethyl ether
2. Pentane
3. 2 methyl-3-heptane 100 (Internal standard)

## วิธีการทดลอง

1. ตูด สารละลาย 2 methyl-3-heptane  $100\ \mu\text{L}$
2. ปรับปริมาตรโดยใช้ Diethyl Ether ให้เป็น 10 ml จะได้ 2-methyl-3-heptane 10,000 ppm
3. ตูด 2-methyl-3-heptane 10,000 ppm  $100\ \mu\text{L}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปรับปริมาตร ด้วย diethyl Ether 10 ml จะ ได้ 2-Methyl-3-heptane 100 ppm (Internal standard)
5. ใส่ผงทั้งหมดลงในกรวยแยก บันทึกน้ำหนัก
6. ปิเปิด Internal standard 1 ml , Diethyl ether 15 ml และ Pentane 15 ml เขย่ากรวยแยก ประมาณ 1 นาที
7. ปิเปิดน้ำกลั่น 8 ml เขย่ากรวยแยกนาน 30 นาที โดยขณะเขย่าต้องเปิดฝาจุกเพื่อระบายความดันเป็นระยะๆ
8. ตั้งกรวยแยกทิ้งไว้จนกระทั่งตัวทำละลายแยกชั้น จึงเปิดวาล์วแยกเอาตัวทำละลายออก
9. ทำซ้ำข้อที่ 6 - 8 อีก 2 ครั้ง โดยไม่ต้องเติม Internal standard
10. ระเหยตัวทำละลายออก เพื่อให้ได้ตัวอย่างเข้มข้นมากขึ้น โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป่าจนเหลือตัวอย่างประมาณ 1 ml
11. ฉีดตัวอย่างปริมาตร 1  $\mu$ L เข้าเครื่อง Gas chromatography

การคำนวณความเข้มข้นของสารระเหยในตัวอย่าง

$$X = \frac{As \times 402}{Ai \times Ws}$$

เมื่อ	X	= ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของสารระเหย (ng/g)
	As	= พื้นที่ใต้พีคของสารระเหยที่ต้องการทราบปริมาณ
	Ai	= พื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน 2-methyl-3-heptanone
	Ws	= น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข  
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง ข1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.1)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	24418.667	3	8139.556	74.904	.000*
Replication	869.333	8	108.667		
Total	25288.000	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณความชื้น เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.1)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	.985	3	.328	1.742	.236
Replication	1.508	8	.188		
Total	2.492	11			

ตาราง ข3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณผลผลิต เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.1)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	1432.941	3	477.647	18.623	.001*
Replication	205.187	8	25.648		
Total	1638.128	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะเวลาการทำแห้ง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.2)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	4.917	3	1.639	.855	.502
Replication	15.333	8	1.917		
Total	20.250	11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณความชื้น เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.2)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	1.696	3	.565	.483	.703
Replication	9.366	8	1.171		
Total	11.063	11			

ตาราง ข6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณผลผลิต เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified Starch โดยยังไม่เติมกลีเซอรอล (ดูตาราง 4.2)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	69.370	3	23.123	8.741	.007*
Replication	21.164	8	2.645		
Total	90.534	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเพนทานนอลของวันเทียนผง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National starch และแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	358.389	1	358.389	70.854	.000*
Replication	30.349	6	5.058		
Total	388.737	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเฮกซานนอลของวันเทียนผง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch จาก National starch และแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch จาก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	1868.791	1	1868.791	311.878	.000*
Replication	35.952	6	5.992		
Total	1904.744	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง ข9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเฮกซะนาลเดนของควันเทียนผง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ๑ก National starch และแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch ๑ก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)**

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	807.006	1	807.006	193.353	.000*
Replication	25.042	6	4.174		
Total	832.048	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตาราง ข10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยออกทานเดนของควันเทียนผง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ๑ก National starch และแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch ๑ก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)**

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	896.376	1	896.376	114.434	.000*
Replication	46.999	6	7.833		
Total	943.374	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**ตาราง ข11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยโนนาลเดนของควันเทียนผง เมื่อใช้แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ๑ก National starch และแป้งคัดแปรชนิด Oxidized starch ๑ก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)**

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	842.914	1	842.914	129.199	.000*
Replication	39.145	6	6.524		
Total	882.059	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเคตามนดลงเหลือของวันเทียบผง เมื่อใช้  
แป้งคัดแปรชนิด Enzyme hydrolysis starch ๑1ก National starch และแป้งคัดแปรชนิด  
Oxidized starch ๑1ก Asia Modified starch (ดูตาราง 4.3)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	536.149	1	536.149	224.375	.000*
Replication	14.337	6	2.390		
Total	550.486	7			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเพนทาเนดลงเหลือของวันเทียบผง  
เมื่อเติมกัมมะรามีค ๐ 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	240.359	3	80.120	28.949	.000*
Replication	22.141	8	2.768		
Total	262.500	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเฮกซานดลงเหลือของวันเทียบผง เมื่อ  
เติมกัมมะรามีค ๐ 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	1579.352	3	526.451	35.461	.000*
Replication	118.768	8	14.846		
Total	1698.120	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข15 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเฮปทาเนดลงเหลือของวันเทียบผง เมื่อ  
เติมกัมมะรามีค ๐ 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	759.100	3	253.033	10.877	.003*
Replication	186.112	8	23.264		
Total	945.212	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข16 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยออกซาเนนดลงเหลือของควันเทียนผง  
เมื่อเติมกำมะถัน 0 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	864.251	3	288.084	18.950	.001*
Replication	121.617	8	15.202		
Total	985.868	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยโนนาเนนดลงเหลือของควันเทียนผง เมื่อ  
เติมกำมะถัน 0 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	356.235	3	118.745	9.834	.005*
Replication	96.602	8	12.075		
Total	452.837	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ข18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารระเหยเดคาเนนดลงเหลือของควันเทียนผง เมื่อ  
เติมกำมะถัน 0 20 30 และ 40 % ของน้ำหนักแป้ง (ดูตาราง 4.4)

SV	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treatment	227.064	3	75.688	5.429	.025*
Replication	111.532	8	13.941		
Total	338.596	11			

\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้