19725

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

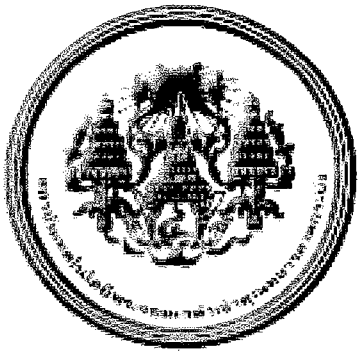
การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดเพื่อรักษาความกรอบ

T096912

นาวสาวชนิกา ศิริมังคลากุล
นางสาวเพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์
นางสาวรวีวรา ดิ่งแก้ว

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ฟพ.
ส133ก
2547
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96912
วัน,เดือน,ปี.....- 5 JUN 2009



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดเพื่อรักษาความกรอบ

โดย

นาวสาวชนิกา	**ศิริมังคลากุล**	**รหัสนักศึกษา**	**43040681**
นางสาวเพ็ญพรรณ	**ธรรมขันธ์**	**รหัสนักศึกษา**	**43040685**
นางสาวรวีวรา	**ดิ่งแก้ว**	**รหัสนักศึกษา**	**43040689**

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 22/3/47 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ)

คณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

นางสาวชนิกา ศิริมังคลากุล นางสาวเพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์ และ นางสาวรวีวรา ดิ่งแก้ว. 2547 : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดเพื่อรักษาความกรอบ ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.กิตติชัย บรรจง

เฟรนฟรายทอดเป็นอาหารสูญเสียคุณภาพบริโภคง่ายจากความชื้น ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อทิ้งเฟรนฟรายไว้ระยะหนึ่งเฟรนฟรายจะมีลักษณะนิ่มและไม่กรอบ การวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการทำให้เฟรนฟรายทอดคงความกรอบไว้ให้ได้นานขึ้น โดยการใช้สารดูดความชื้นคือ ซิลิกาเจล , โพลีอะคลิลิกแอซิกที่ปริมาณต่างๆกันตามประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด และการออกแบบบรรจุภัณฑ์โดยการเจาะรูกล่องขนาดพื้นที่ช่องว่าง 2% ,4% และ 6% ของพื้นที่กล่อง จากนั้นเปรียบเทียบโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบหัวตัดวัดค่าแรงที่ใช้ตัดเฟรนฟรายทอด พบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารดูดความชื้นมากค่าแรงที่ใช้ตัดเฟรนฟรายก็จะมากขึ้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือใช้ซิลิกาเจล 0.67 กรัม และใช้โพลีอะคลิลิกแอซิก 0.004 กรัม ส่วนการเก็บเฟรนฟรายในลักษณะเจาะรูกล่องพบว่าถ้าใช้พื้นที่ช่องว่าง 6%จะทำให้เฟรนฟรายมีความกรอบมากที่สุด เมื่อทดลองนำการเจาะกล่องใช้ร่วมกับการใช้สารดูดความชื้น พบว่าการใช้โพลีอะคลิลิกแอซิก 0.004 กรัม ในกล่องปิด กับกล่องที่เปิด 4 % ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ชนิกา ศิริมังคลากุล
(นางสาวชนิกา ศิริมังคลากุล)

เพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์
(นางสาวเพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์)

รวีวรา ดิ่งแก้ว
(นางสาวรวีวรา ดิ่งแก้ว)
ลายมือชื่อนักศึกษา

(ดร.กิตติชัย บรรจง)
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

22 / 3 / 47
วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวเรื่องการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดเพื่อรักษาความกรอบได้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ได้ให้เกียรติเป็นที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ ข้อคิดเห็น และคำแนะนำอันมีค่าและเป็นประโยชน์ตลอดมาในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือขณะทำการวิจัยให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ชนิกา ศิริมังคลากุล
เพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์
รวีวรา ดิ่งแก้ว
17 มีนาคม 2547

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 สาเหตุที่ทำให้เฟรนฟรายมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปภายหลังการทอด	2
2.2 การใช้สารดูดความชื้น	3
2.3 การออกแบบรูปแบบภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอด	8
3. อุปกรณ์และวิธีการ	10
3.1 วัตถุดิบ	10
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	10
3.3 วิธีการทดลอง	11
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	15
4.1 ผลการหาปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ	15
4.2 ผลการใช้ซิลิกาเจลในการดูดความชื้น	17
4.3 ผลการใช้โพลีอะคริลิกในการดูดความชื้น	18
4.4 ผลการใช้กล่องเจาะรูที่มีขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่างๆกัน	20
4.5 ผลของการเปรียบเทียบค่าความกรอบของเฟรนฟรายทอดเมื่อใช้ซิลิกาเจล และโพลีอะคริลิกแอซิดในการดูดความชื้น	22
4.6 ผลของการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.004 กรัม ร่วมกับ การเจาะรูกล่องที่ขนาด ช่องเปิด 6% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด	23
5. สรุปผลการทดลอง	24
เอกสารอ้างอิง	25

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ลักษณะทั่วไปของซิลิกาเจลแต่ละชนิด	4
ตารางที่ 4.1	แสดงน้ำหนักของเฟรนฟรายทอด	15
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ	16
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการคำนวณน้ำหนักของสารดูดความชื้นที่ใช้ในการทดลอง	16
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการใช้ซิลิกาเจล	17
ตารางที่ 4.5	แสดงค่าแรงตัดที่ระดับการใช้โพลีอะคริลิกแอซิด 3 ระดับ	19
ตารางที่ 4.6	แสดงค่าแรงตัดที่ระดับการเจาะรูกล่อง 3 ระดับ	21
ตารางที่ 4.7	แสดงค่าแรงที่ใช้ในการตัดเฟรนฟรายทอดโดยใช้ โพลีอะคริลิกแอซิด 0.004 กรัมในกล่องที่มีพื้นที่ เจาะรู 6%	24

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1	Moisture sorption isoterm ของเฟรนฟรายภายหลังการทอดแล้ว	2
ภาพที่ 2.2	แสดงลักษณะของซิลิกาเจล	3
ภาพที่ 2.3	ลักษณะการดูดซับน้ำของโพลีอะคริลิกแอซิดแอซิด	6
ภาพที่ 2.4	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของโพลีอะคริลิกแอซิด	7
ภาพที่ 2.5	กล่องกระดาษแบบถาด	9
ภาพที่ 3.1	กล่องกระดาษแข็งแบบถาดที่เจาะรูเป็นพื้นที่ 2% 4% และ 6% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด	10
ภาพที่ 3.2	หัววัดแรงตัดชนิด hdp/bsk blade set with knife	11
ภาพที่ 3.3	ลักษณะการติดภาชนะบรรจุซิลิกาเจลที่กล่อง	12
ภาพที่ 3.4	ลักษณะการติดภาชนะบรรจุโพลีอะคริลิกแอซิด	13
ภาพที่ 4.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกาเจลและแรงที่ใช้ในการตัด	18
ภาพที่ 4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิดและแรงที่ใช้ในการตัด	20
ภาพที่ 4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าการเจาะรูกล่องที่พื้นที่ต่างๆและแรงที่ใช้ตัด	22
ภาพที่ 4.4	กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารและแรงที่ใช้ตัดโดยเปรียบเทียบระหว่าง ซิลิกาเจลและโพลีอะคริลิกแอซิด	23

บทที่ 1

บทนำ

ในบรรดาอาหารทอดที่เรารับประทานกันอยู่ทุกวันนี้ อาจกล่าวได้ว่าเฟรนฟรายทอดเป็นอาหารทอดที่ผู้บริโภคนิยมซื้อมารับประทานกันอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากเฟรนฟรายทอดเมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งจะมีลักษณะนิ่มและไม่กรอบ โดยเกิดจากความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นผลทำให้ความชื้นของเฟรนฟรายทอดภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยหาวิธีการที่จะทำให้ความเฟรนฟรายคงความกรอบไว้ได้โดยการนำสารดูดความชื้นคือซิลิกาเจลและโพลีอะคริลิกแอซิดมาใช้ในการดูดซับความชื้น โดยสารทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการเก็บกักความชื้นไว้ภายในที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการออกแบบรูปแบบของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อให้สามารถระบายความชื้นออกจากภาชนะบรรจุภัณฑ์ได้

วัตถุประสงค์

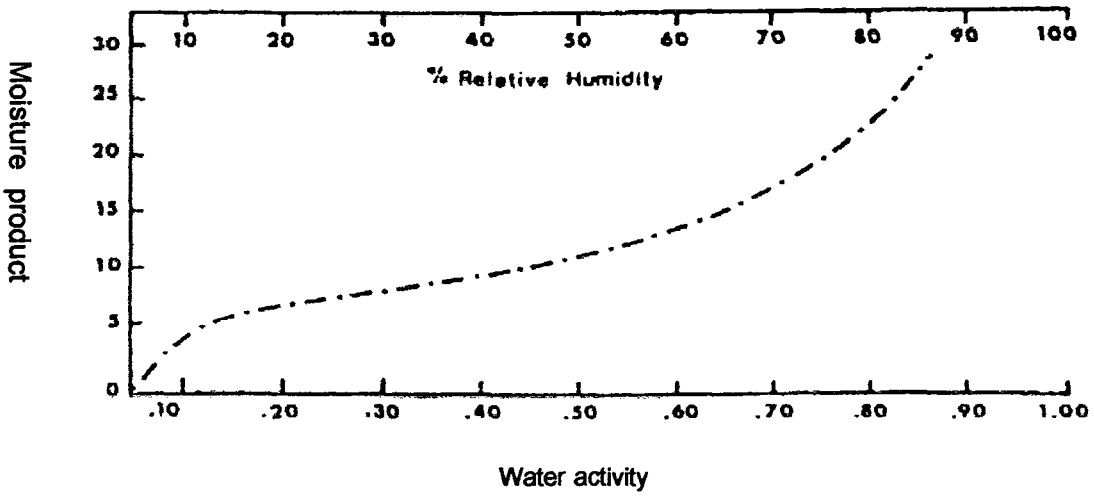
เพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดให้สามารถรักษาความกรอบไว้ได้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 สาเหตุที่ทำให้เฟรนฟรายทอดมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปภายหลังจากการทอด

สำหรับสาเหตุที่ทำให้เฟรนฟรายทอดที่บรรจุในภาชนะบรรจุภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปเป็นผลมาจากระดับของไอน้ำภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ ณ ขณะนั้นมากเกินกว่าความสามารถของอากาศจะรองรับได้ไอน้ำจึงเกิดการควบแน่นและกลายเป็นหยดน้ำในที่สุดทำให้เฟรนฟรายทอดมีลักษณะนิ่มและไม่กรอบจึงจำเป็นต้องหาวิธีลดความชื้นภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุดเพื่อรักษาคุณภาพให้ได้ตามต้องการ



ภาพที่ 2.1 Moisture sorption isoterm ของเฟรนฟรายภายหลังการทอดแล้ว
ที่มา : ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ (2541)

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงศึกษาหาแนวทางที่จะทำให้เฟรนฟรายภายหลังการทอดแล้ว สามารถที่จะคงความกรอบไว้ได้นานที่สุดโดยการใช้สารดูดความชื้นและการออกแบบรูปแบบของบรรจุภัณฑ์

2.2 การใช้สารดูดความชื้น

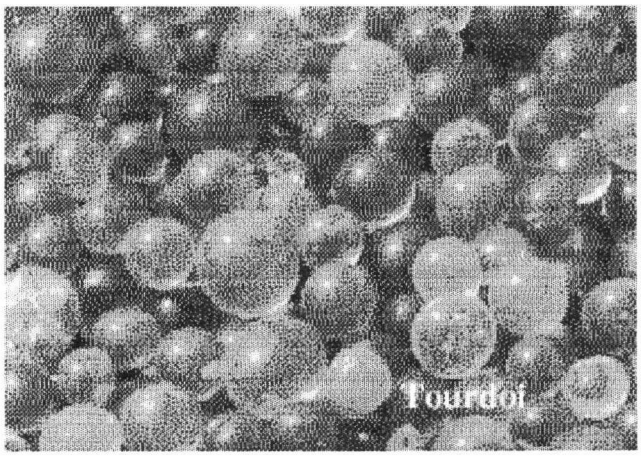
เป็นวิธีการลดและควบคุมความชื้นภายในกล่องโดยการดูดและเก็บกักไว้ที่ตัวเองจนระดับความชื้นลดลงหรือถูกควบคุมภายในกล่องนั้นๆ โดยไม่เป็นอันตรายต่อผลิตภัณฑ์อีกต่อไป นอกจากนี้ต้นทุนในการใช้สารดูดความชื้นค่อนข้างต่ำมากเมื่อเทียบกับมูลค่าของเฟรนฟรายทอด (ประทีบ โคว้นนฤมิตร ,2541)

2.2.1 ชนิดของสารดูดความชื้น

เป็นตัวกำหนดความสามารถในการดูดความชื้น (Adsorption capacity และ Adsorption Rate) โดยปกติสารดูดความชื้นแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการดูดความชื้น ความเร็วในการดูดความชื้นและความสามารถในการกักเก็บความชื้นไว้ภายในตัวเองที่แตกต่างกันภายใต้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งในการวิจัยนี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดความชื้นของสารดูดความชื้นสองชนิดคือ

2.2.1.1 ซิลิกาเจล (Silica gel)

เป็นสารสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีคือ $Sio.nH_2o$ โดยจะเป็นโพลิเมอร์ของกรดซิลิซิก (silicic acid) ซึ่งจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักและลักษณะโครงสร้างของพื้นผิวเป็นรูพรุน (porous) ที่มีการกระจายขนาดของรูและขนาดของอนุภาค อีกทั้งพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก ประมาณ 800 ตารางเมตร ต่อ 1 กรัม และลักษณะที่สำคัญอีกอันหนึ่งของซิลิกาเจลคือความมีขั้วของผิว



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของซิลิกาเจล

ที่มา : นุชรี ชาญด้วยกิจ และ จิราพร กิ่งขจี (2529)

สมบัติทั่วไปของซิลิกาเจลที่มีอยู่ทั่วไปมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละชนิดที่มีขนาดพื้นที่ผิว ช่องว่างภายในที่แตกต่างกัน ซึ่งได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดเม็ดซิลิกากับตัวแปรต่าง ๆ พบว่า อัตราการดูดซับและการแพร่กระจายของความชื้นเป็นฟังก์ชั่นของขนาดและความชื้นภายในซิลิกาเจล ดังนั้นในการเลือกชนิดของซิลิกาเจล จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบที่ต้องการ

ตารางที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของซิลิกาเจลแต่ละชนิด

ชนิด	ขนาดอนุภาค (mm)	ความหนาแน่น (kg/m^3)		พื้นที่ผิว (m/g)	ค่าความร้อนจำเพาะ (J/kg)	รูพรุน	
		รวม	อนุภาค			ปริมาตร (cm/g)	เส้นผ่าศูนย์กลาง
Division 03	2	0.72	1.2	750	0.92	0.43	2.2
Division 59	2-7	0.4	-	340	-	1.15	14
BASF E	3-5	0.75	-	750	1	343	2.3
BASFWF	1-2	0.46	-	370	1	0.97	10.6

ที่มา :นุชรี ชาญด้วยกิจ และ จิราพร กิ่งขจี (2529)

การดูดความชื้นของซิลิกาเจลเป็นลักษณะทางกายภาพ โดยซิลิกาเจลจะเก็บกักความชื้นไว้ที่โพรงโครงสร้างภายใน โดยในระหว่างขบวนการดูดซับจะมีการถ่ายเทพลังงานเข้าหรือออกจากขบวนการ โดยค่าพลังงานความร้อนที่มีการถ่ายเทในขบวนการดูดซับนี้เรียกว่า "Heat of Adeorpyion / Desorption" ปกติซิลิกาเจลสามารถดูดความชื้นได้ระหว่าง 24-40 % ของน้ำหนักตัวเอง เมื่อนำมาใช้สำหรับสภาวะการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่มวลสูงสุดและมีความดันลดต่ำสุดเมื่อเทียบกับสารดูดความชื้นที่เป็นของแข็งทั้งหมด และก่อนที่จะทำการใช้ควรนำซิลิกาเจลไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 176.67 องศาเซลเซียส นานมากกว่า 3 ชั่วโมง และเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อมรอบข้างสูงมากกว่า 40 % จะทำให้สีน้ำเงินบนเม็ดซิลิกาเจลนี้ค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีชมพู

ในปัจจุบันซิลิกาเจลได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วสารประกอบอินทรีย์จะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 45ซึ่งจะเป็นตัวถูกดูดซับที่ดี นอกจากนี้ยังมีการนำซิลิกาเจลมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเครื่องสำอาง และเภสัชกรรม รวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

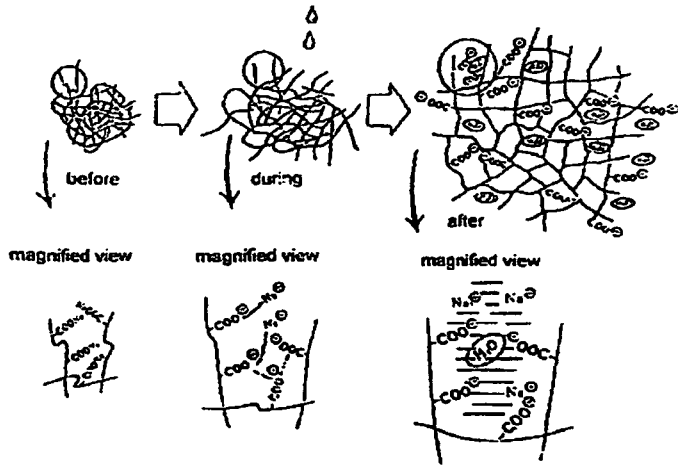
ซิลิกาเจลโดยส่วนใหญ่จะผลิตมาจากทราย แต่ในปัจจุบันได้มีผลิตซิลิกาเจลจากขี้เถ้าแกลบ เนื่องจากแกลบขาวมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบถึง 89-99% ซึ่งซิลิกาเจลที่ได้จะลักษณะอสัณฐานที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 600 m/g และมีความบริสุทธ์มากถึง 99.912 % สามารถนำมาใช้เป็น Stationary phase สำหรับ Thin Layer chromatography (TLC)

อย่างไรก็ตามการใช้ซิลิกาเจลควรใช้งานอย่างระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัย เช่น European commission และ International Agent for research on cancer ได้จัดให้สาร cobalt chloride ที่ทำให้เกิดสีน้ำเงินบนเม็ดซิลิกาเจลอยู่ในประเภทของสารที่ทำให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) หากสูดดมเข้าไป และอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้

2.2.2.2. โพลีอะคริลิกแอซิด (polyacrylicacid)

ตั้งแต่ปี 1970 เป็นต้นมาได้มีการนำโพลีอะคริลิกแอซิดซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งมาใช้ในอุตสาหกรรม อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการนำมาใช้เป็นสารประกอบในผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูปให้สามารถเก็บกักน้ำปัสสาวะได้นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในการเกษตร,อุตสาหกรรมยา,ผ้าพันแผล ระบบบำบัดน้ำเสียและอื่นๆเป็นสารที่ซึ่งในปัจจุบันสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากและมีความต้องการในการใช้สารนี้เพิ่มมากขึ้นทุกๆปี

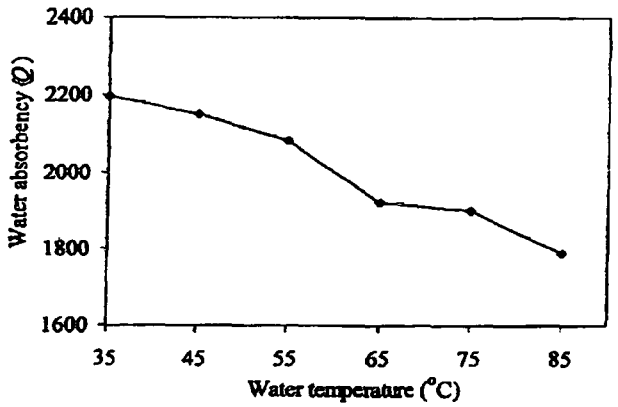
ลักษณะของโพลีอะคริลิกแอซิด คือ เม็ดเล็กคล้ายเม็ดทรายหรือน้ำตาลทราย แห้ง แข็งเมื่อนำใส่ลงไปในน้ำจะทำให้เม็ดโพลีอะคริลิกแอซิดเริ่มนิ่มและกลายเป็นเจลในที่สุด โดยปกติแล้วเส้นใยที่สามารถดูดความชื้น จะมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ 12 กรัม / กรัมเส้นใย แต่โพลีอะคริลิกแอซิดจะสามารถดูดน้ำได้มากถึง 100 กรัม/กรัมของโพลีอะคริลิกแอซิด ซึ่งการที่โพลีอะคริลิกแอซิดสามารถดูดซับน้ำได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นร่างแหนั้นเอง



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการดูดซับน้ำของโพลีอะคริลิกแอซิด
ที่มา : รัตนา วงศ์วัฒนเสถียร(2543)

จากภาพที่ 2.3 ก่อนที่โพลีอะคริลิกแอซิดจะดูดซับน้ำสายพันธะที่ยาวของพอลิเมอร์จะเชื่อมสานกันเป็นร่างแห ทำให้มีโครงสร้างเป็นแบบสามมิติที่มีรูปร่างแน่นทึบ ซึ่งหมู่ sodium carboxylate จะยังคงอยู่ในรูปของเกลือระหว่างที่มีการดูดซับน้ำจะเคลื่อนที่โดยจะแพร่เข้าไปในโมเลกุลของโพลิเมอร์ทำให้ Sodium cation (Na^+) แยกออกจาก caboxylate anion (coo^-) หลังจากการดูดซับโมเลกุลของน้ำจะถูกรวมเข้าไว้กับโครงสร้างที่เป็นร่างแหของโพลิเมอร์ ทำให้โมเลกุลของโพลิเมอร์ขยายขนาดใหญ่ขึ้นและอยู่ในรูปของเจล

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของโพลีอะคริลิกแอซิดอย่างหนึ่งคืออุณหภูมิ โดยถ้าอุณหภูมิของตัวถูกดูดซับเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำให้ความสามารถในการดูดซับของโพลีอะคริลิกแอซิดลดลง เนื่องมาจากสายพอลิเมอร์ที่เป็นโครงสร้างแบบร่างแหมีน้อยลงนั่นเอง



ภาพที่ 2.4 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำของโพลีอะคริลิกแอซิด
ที่มา:Ruthven,D.M(1984)

ผลของโพลีอะคริลิกแอซิดที่มีต่อมนุษย์ คือถ้าหายใจเข้าไปในระยะเวลาอันสั้นจะทำให้ระบบการหายใจเกิดการระคายเคืองและอักเสบ และถ้าสัมผัสโดยตรงกับโพลีอะคริลิกแอซิด ที่อยู่ในรูปสารละลายจะทำให้เกิดการระคายเคืองได้เช่นกัน

2.2 ปริมาณของสารดูดความชื้น

ถ้าใช้สารดูดความชื้นในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้สารดูดความชื้นสามารถลดหรือควบคุมความชื้นปริมาณความชื้นที่ต้องการได้ดี ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของความชื้นที่ต้องการดูดซับ และสภาพแวดล้อมภายในบรรจุภัณฑ์

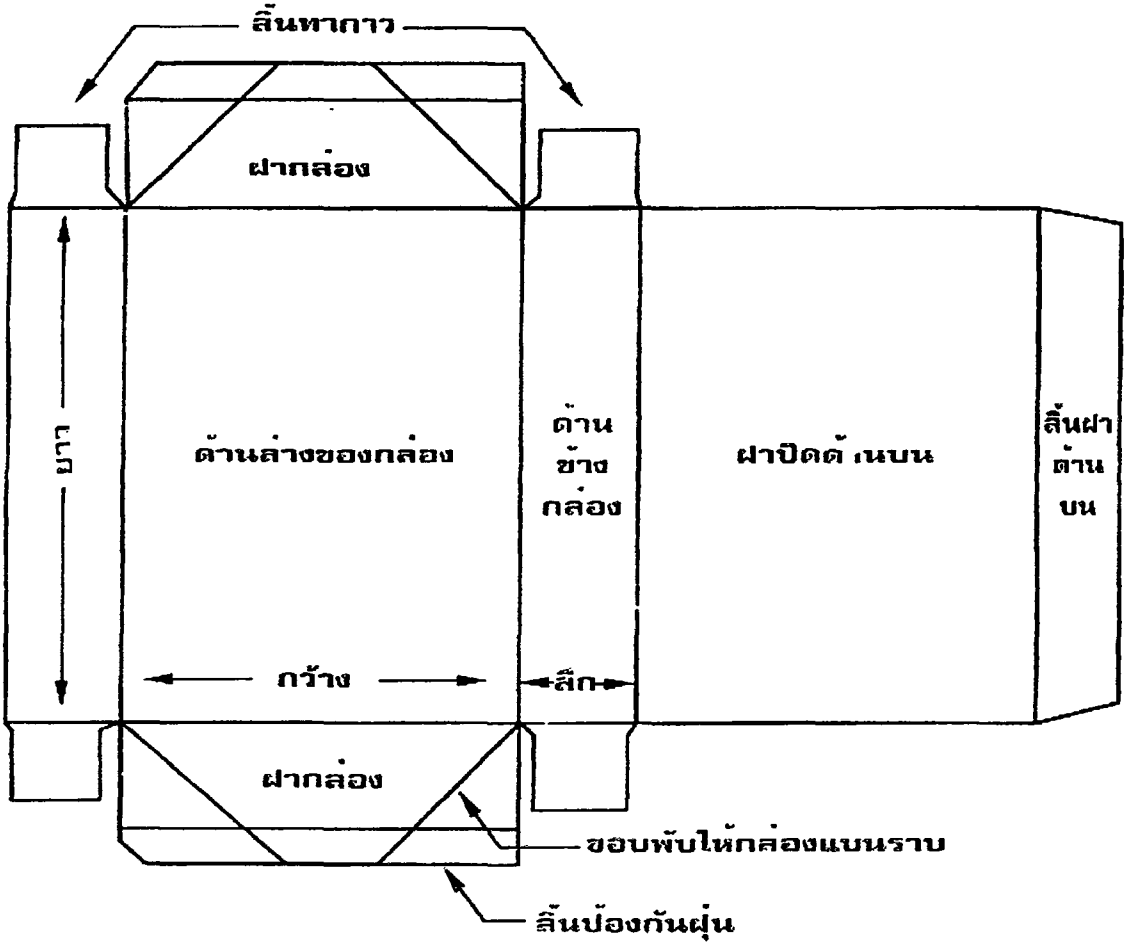
2.3 บรรจุภัณฑ์ของสารดูดความชื้น (Dissicant Bag หรือ Cover Back)

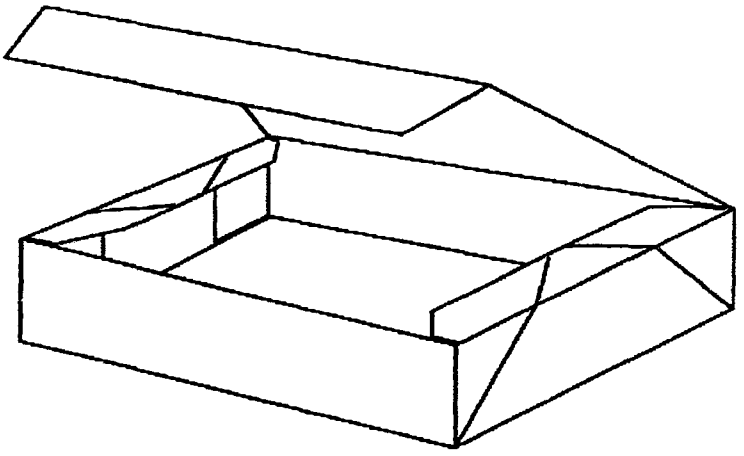
ควรได้รับการรับรองจากหน่วยงานสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องว่ามีความเหมาะสมซึ่งบรรจุภัณฑ์ของสารดูดความชื้นจะมีผลโดยตรงต่อความสามารถของสารดูดความชื้นและหากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุสารดูดความชื้นไม่มีความเหมาะสมอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค(ไม่สามารถลดหรือควบคุมปริมาณความชื้นได้ตามความต้องการ หรือทำให้สารดูดความชื้นหลุดลอดออกจากบรรจุภัณฑ์และปนเปื้อนต่อผลิตภัณฑ์อาหารได้) นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ของสารดูดความชื้นจะมีผลต่อภาพลักษณ์ของสินค้าโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการแสดงให้เห็นถึงความสะอาด อนามัย หรือประสิทธิภาพสูงเป็นอย่างยิ่งดังนั้น (ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ,2541)

การเลือกใช้สารดูดความชื้นที่บรรจุภัณฑ์ไม่สะอาดหรือไม่สวยงามเพียงพอย่อมทำให้ความน่าเชื่อถือหรือความประทับใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลดลงเป็นอย่างมากสำหรับเฟรนฟรายทอดนั้น แหล่งที่มาของความชื้นเกิดจากตัวสินค้าเองจึงควรจัดวางสารดูดความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ไว้ในบริเวณที่สามารถดูดความชื้นบริเวณรอบๆ ได้เป็นอย่างดี

2.3 การออกแบบรูปแบบภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับเฟรนฟรายทอด

เฟรนฟรายทอดนิยมใช้ภาชนะบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกล่องกระดาษแบบถาด ซึ่งตั้งชื่อตามรูปแบบของกล่อง โดยกล่องจะมีฐานด้านล่างรองรับอาหาร เป็นด้านที่เต็มไม่มีรอยพับและมีด้านข้างของกล่อง 2 ด้านที่ติดกับฐาน ประกบด้วยด้านข้างทั้งสี่ด้านด้วยวิธีทากาวเพื่อขึ้นเป็นรูปถาดโดยตัวกล่องทั้งเคลือบด้วยพลาสติก และการเจาะรูกล่องจะทำให้ความชื้นที่เกิดจากเฟรนฟรายทอดภายในกล่องสามารถระบายออกไปภายนอกกล่องได้





ภาพที่ 2.5 กล่องกระดาษแบบถาด

ที่มา : ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ(2541)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

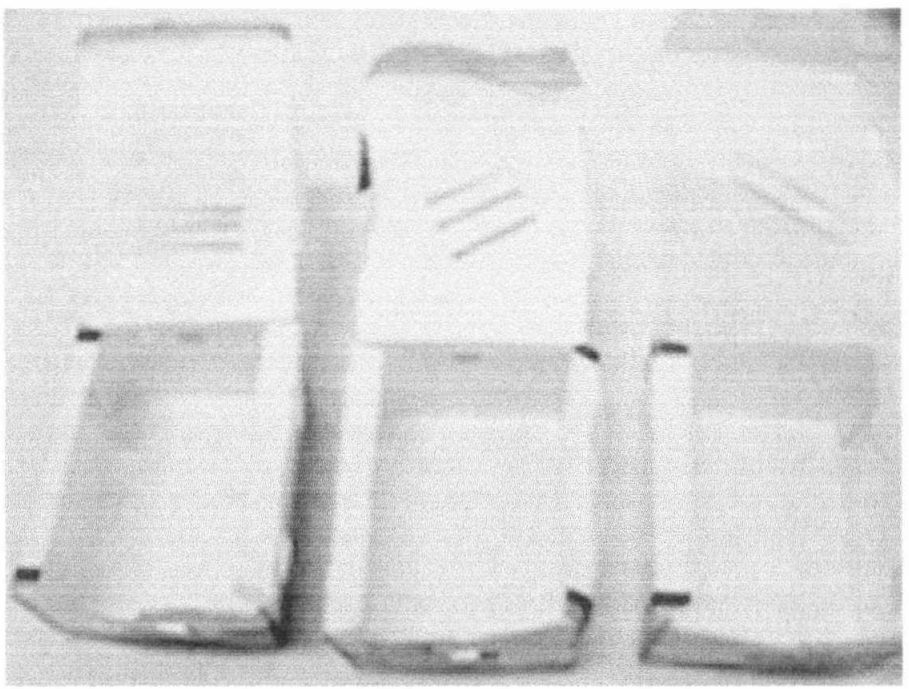
เฟรนฟรายแบบแท่งสั้นยี่ห้อซันนี่เดย์

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

กล่องกระดาษแข็งแบบถาดขนาด 11X8X5 cm ที่ไม่เจาะรู

3.2.1 กล่องกระดาษแข็งแบบถาดขนาด 11x8x5 cm ที่เจาะรู โดยจะแบ่งเป็น 3 ระดับคือ

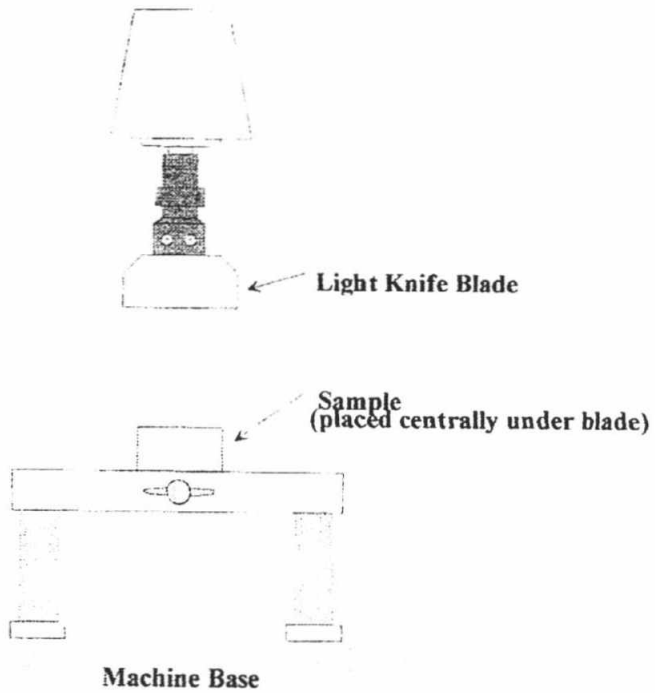
1. พื้นที่ที่เจาะรู 2 %ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด = (2/100) (366) =7.32 cm^2
2. พื้นที่ที่เจาะรู 4 %ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด = (4/100) (366) =14.64 cm^2
3. พื้นที่ที่เจาะรู 6 %ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด = (6/100) (366) = 21.96 cm^2



ภาพที่ 3.1 กล่องกระดาษแข็งแบบถาดที่เจาะรูเป็นพื้นที่ 6% 4% และ 2% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด

19725

3.2.2 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texturometer รุ่น TAXT2i หัววัดชนิด hdp/bsk blade set with knife



ภาพที่ 3.2 หัววัดแรงตัดชนิด hdp/bsk blade set with knife

ที่มา : http://www.stablemicrosystems.com (2004)

3.2.3. เครื่องทอดควบคุมอุณหภูมิ

3.2.4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.5 สารดูดความชื้น

1. ซิลิกาเจล Type. Division 03
2. โพลีอะคริลิกแอซิด

3.2.6. น้ำมันพืช

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ

เพื่อศึกษาหาปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ แล้วคำนวณหาปริมาณสารดูดความชื้นที่สามารถดูดซับปริมาณน้ำนั้นได้ โดยมีวิธีการดังนี้

1) ชั่งเฟรนฟราย 150 กรัม นำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน 1 นาที

2) นำเฟรนฟรายทอดใส่ลงในกล่องกระดาษแบบถาดเปิดฝากล่องชั่งน้ำหนักเฟรนฟรายทอดทุก 5 นาที ในช่วงเวลา 30 นาที ทำ 3 ซ้ำ บันทึกผลในตาราง

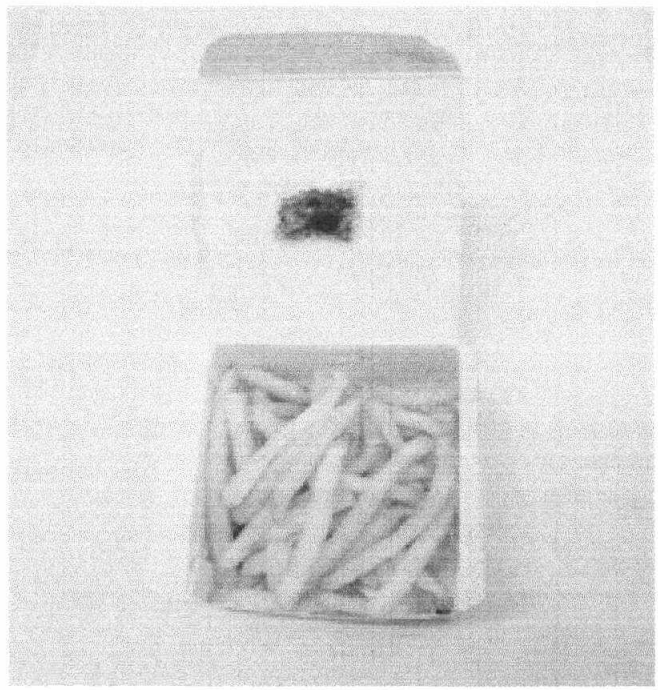
3) คำนวณปริมาณของสารดูดความชื้นที่จะใช้

3.3.2 การศึกษาผลของการใช้ซิลิกาเจลที่มีต่อความกรอบของเฟรนฟรายทอด

ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้ ซิลิกาเจล ในการดูดซับน้ำ โดยใช้การวัดค่าแรงตัดจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยมีวิธีการดังนี้

1) ชั่งเฟรนฟราย 150 กรัม นำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน 1 นาที

2) นำเฟรนฟรายทอดใส่ลงในกล่องกระดาษแบบถาดที่ไม่เจาะรูร่วมกับซิลิกาเจล 3 ระดับที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.3.1 จากนั้นปิดฝากล่องให้สนิท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที



ภาพที่ 3.3 ลักษณะการติดภาชนะบรรจุซิลิกาเจลที่กล่อง

3) นำเฟรนฟรายทอดมาวัดความกรอบโดยใช้เครื่องวัด เนื้อสัมผัส วัด 3 ซ้ำอ่านค่าแรงที่ตัดบันทึกผล

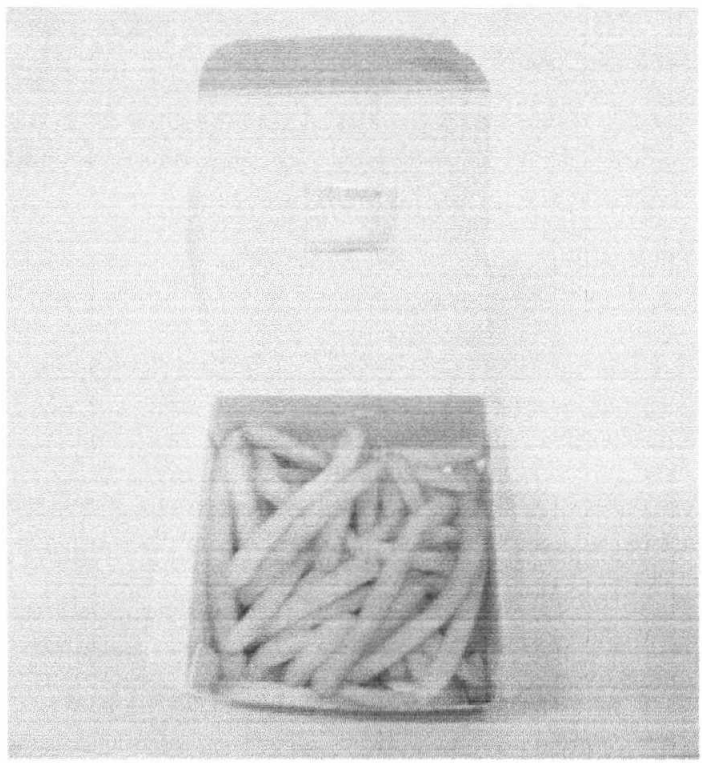
3.3.3 การศึกษาผลของการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดที่มีต่อความกรอบของเฟรนฟรายทอด

ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้โพลีอะคริลิกแอซิด 3 ระดับที่ได้จากการคำนวณที่ ข้อ 3.3.1 ในการดูดซับน้ำ แล้วเปรียบเทียบค่าแรงตัดที่ได้จากการใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยมีวิธีการดังนี้

1. ชั่งเฟรนฟราย 150 กรัม นำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสนาน 5นาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน 1 นาที

2. นำเฟรนฟรายทอดใส่ลงในกล่องกระดาษแบบถาดที่ไม่เจาะรูร่วมกับโพลีอะคริลิกแอซิด 3 ระดับที่ได้จากการคำนวณในตอนที่ 1 จากนั้นปิดฝากล่องให้สนิท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที

3. นำเฟรนฟรายทอดมาวัดความกรอบโดยใช้เครื่องวัด เนื้อสัมผัส วัด 3 ซ้ำ อ่านค่าแรงที่ใช้ตัด บันทึกผล



ภาพที่ 3.4 ลักษณะการติดภาชนะบรรจุโพลีอะคริลิกแอซิดที่กล่อง

3.3.4 ศึกษาผลของการใช้กล่องเจาะรูที่มีต่อความกรอบของเฟรนฟรายทอด

ทำการทดลองเพื่อศึกษาการใช้กล่องเจาะรูในระดับต่างๆเพื่อระบายไอน้ำว่าการเจาะรูระดับใดให้ผลดีที่สุด โดยมีวิธีการดังนี้

1) ชั่งเฟรนฟราย 150 กรัม นำมาทอดในน้ำมันพืชที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสนาน 5 นาที จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน 1 นาที

2) นำเฟรนฟรายทอดใส่ลงในกล่องกระดาษแบบถาดที่เจาะรู 3 ระดับคือที่พื้นที่เจาะรู 2%, 4% และ 6%ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด จากนั้นปิดฝากล่องให้สนิท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที

3. นำเฟรนฟรายทอดมาวัดความกรอบโดยใช้เครื่องวัด เนื้อสัมผัส วัด 3 ซ้ำ อ่านค่าแรงตัด บันทึกผล

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการหาปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ

แสดงค่าของน้ำหนักเฟรนฟรายทอดที่หาได้จากการทดลองหัวข้อ 3.3.1 ณ เวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนักของเฟรนฟรายทอด

เวลา (นาที)	น้ำหนัก(กรัม)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	91.7115	91.6805	91.9390
5	91.6196	91.5360	91.7588
10	91.5540	91.4671	91.6011
15	91.4924	91.4422	91.5263
20	91.4463	91.4140	91.4760
25	91.4137	91.3891	91.4240
30	91.3841	91.3460	91.3970

ปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ = ปริมาณน้ำที่หายไป

= น้ำหนักที่เวลา 30 นาที - น้ำหนักที่เวลา 0 นาที

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำที่ต้องการดูดซับ (กรัม)
1	0.3274
2	0.3345
3	0.5420
เฉลี่ย	0.3009

จากประสิทธิภาพของซิลิกาเจลสามารถดูดความชื้นได้ 24 % ของน้ำหนักตัวมันเอง

ดังนั้น ต้องใช้ซิลิกาเจล = (100 x 0.4013) / 0.24

= 1.672 กรัม

จากประสิทธิภาพของโพลีอะคริลิกแอซิดสามารถดูดความชื้นได้ 100 กรัมต่อกรัมของโพลีอะคริลิกแอซิด

ดังนั้น ต้องใช้โพลีอะคริลิกแอซิด = (1x 0.4013) / 100

= 0.0040 กรัม

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักของสารดูดความชื้นที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดของสารดูดความชื้น	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
ซิลิกาเจล	Y - 50%	0.836
	Y	1.672
	Y + 50%	2.508
โพลีอะคริลิกแอซิด	Z - 50%	0.002
	Z	0.004
	Z + 50%	0.006

4.1 ผลของการใช้ซิลิกาเจลในการดูดความชื้น

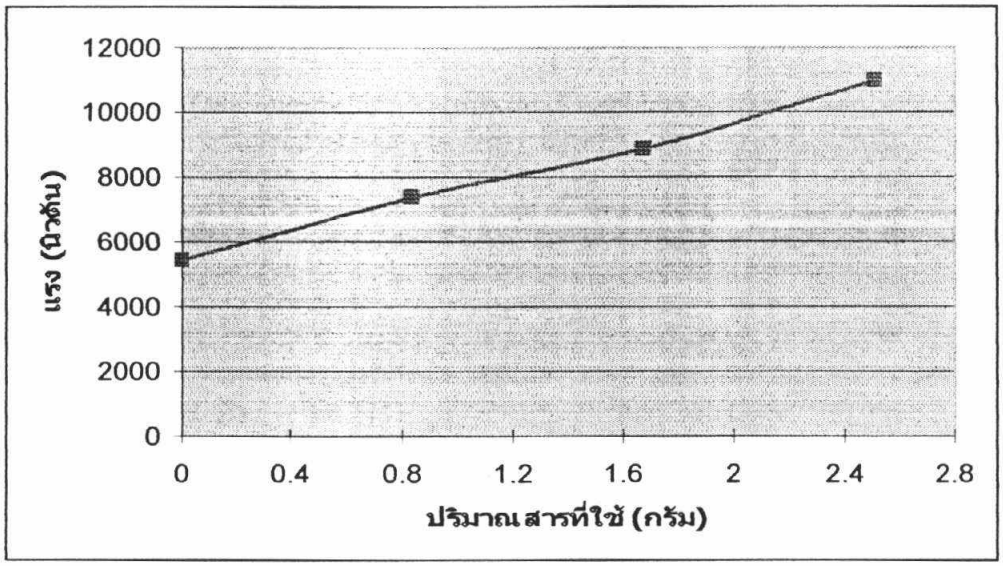
เมื่อใช้ปริมาณซิลิกาเจลมากขึ้น แรงในการตัดเฟรนฟรายจะมากขึ้น นั่นคือเฟรนฟรายมีความกรอบมากขึ้นและเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณซิลิกาเจลจะได้ว่า ปริมาณซิลิกาเจล 0.83 กรัม และปริมาณซิลิกาเจล 1.67 กรัม ให้ผลต่อความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการใช้ซิลิกาเจล

เวลา (นาที)	ปริมาณสาร (กรัม)	แรงที่ใช้ (นิวตัน)	แรงที่ใช้เฉลี่ย* (นิวตัน)
30	0.83603	7959.44 7094.38 7465.12	7384.98[a]
	1.67203	9221.45 10334.79 7092.98	8883.09[a]
	2.50803	9604.79 12517.59 10869.28	10997.13[a]

* ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

96912



ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกาเจล(กรัม)และแรงที่ใช้ในการตัด(นิวตัน)

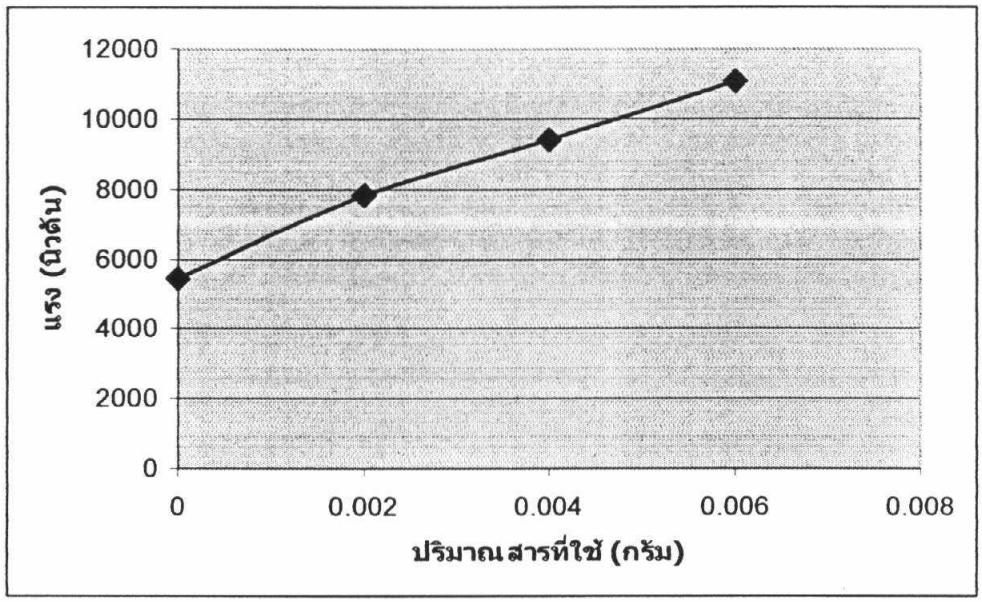
4.3 ผลของการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดในการดูดความชื้น

เมื่อใช้ปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิดมากขึ้น จะทำให้ใช้แรงในการตัด เฟรนฟรายมากขึ้นนั่นคือ เฟรนฟรายมีความกรอบมากขึ้น

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าแรงตัดที่ระดับการใช้โพลีอะคริลิกแอซิด 3 ระดับ

เวลา (นาที)	ปริมาณสาร (กรัม)	แรงที่ใช้ (นิวตัน)	แรงที่ใช้เฉลี่ย* (นิวตัน)
30	0.002	8613.12 7671.98 7203.18	7829.42[a]
	0.004	8259.67 10382.19 9539.195	9393.69[b]
	0.006	12086.75 11169.37 9961.44	11072.51[b]

* ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิด (กรัม) และแรงที่ใช้ในการตัด (นิวตัน)

4.4 ผลของการใช้กล่องเจาะรูที่มีขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่างๆกัน

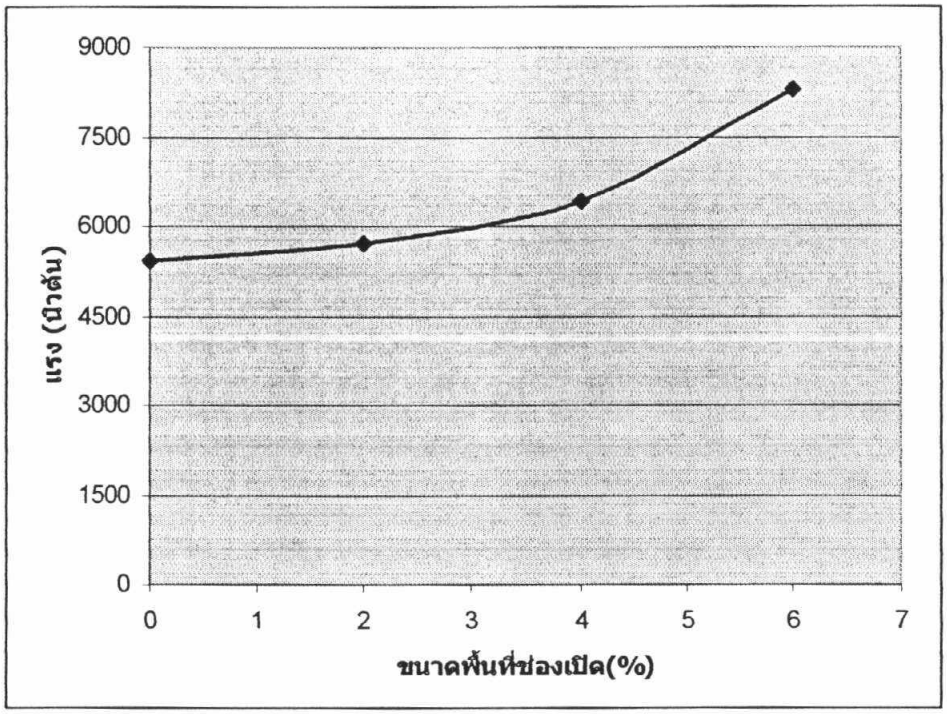
เมื่อใช้กล่องที่มีขนาดพื้นที่ช่องเปิดมากขึ้น จะทำให้ใช้แรงในการตัดเฟรนฟรายมากขึ้น นั่นคือ เฟรนฟรายมีความกรอบมากขึ้น

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าแรงตัดที่ระดับการเจาะรูกล่อง 3 ระดับ

ขนาดพื้นที่ช่องเปิด	แรงที่ใช้ (นิวตัน)	แรงเฉลี่ย (นิวตัน)*
0%	5334.24 5421.40 5532.87	5429.51[a]
2%	5805.43 6513.25 5831.55	5716.58[a]
4%	6513.25 6322.77 6415.33	6417.11[b]
6%	8031.176 7895.446 8634.115	8286.91[c]

* ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

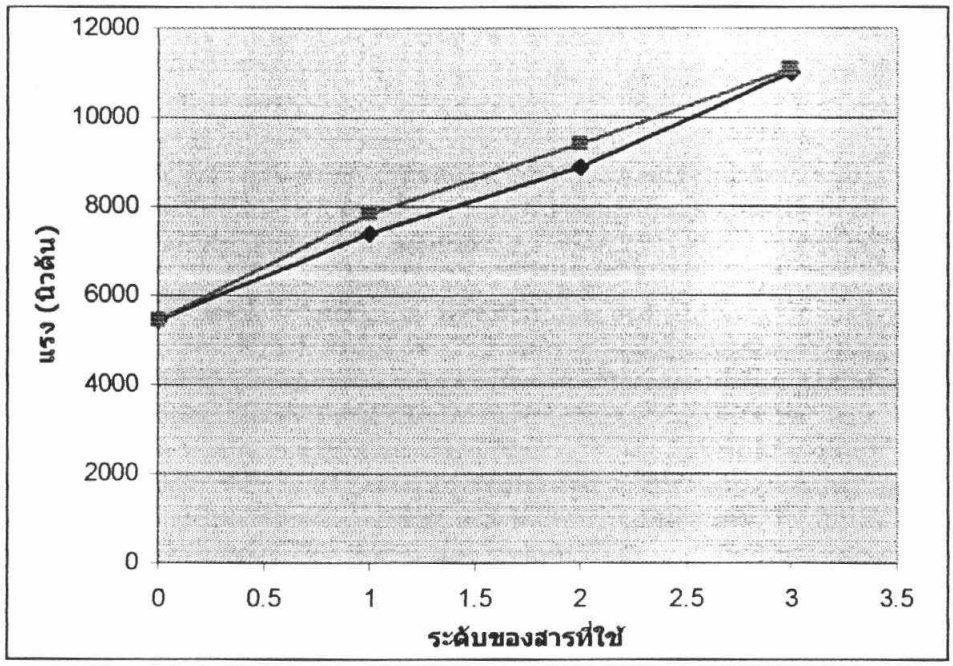
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเจาะรูกล่องที่พื้นที่ต่างๆและแรงที่ใช้ตัด (นิวตัน)

4.5 ผลของการเปรียบเทียบค่าความกรอบของเฟรนฟรายทอดเมื่อใช้ซิลิกาเจลและโพลีอะคริลิกแอซิดในการดูดความชื้น

เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารดูดความชื้นทั้งสองชนิดดูดซับน้ำในปริมาณที่เท่ากันโดยใช้ปริมาณของสารที่แตกต่างกันที่แตกต่างกันตามประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิด พบว่า เมื่อใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.006กรัม จะทำให้ใช้แรงในการตัดมากกว่าการใช้ซิลิกาเจลที่นั่นคือเฟรนฟรายทอดจะมีความกรอบมากกว่านั่นเอง



ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารและแรงที่ใช้ตัดโดยเปรียบเทียบระหว่างซิลิกาเจล และโพลีอะคริลิกแอซิด

4.6 ผลของการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.004 กรัม ร่วมกับการเจาะรูกล่องที่ขนาดช่องเปิด 6% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด

ถ้าใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.004 กรัม ร่วมกับการเจาะรูกล่องที่ขนาดช่องเปิด 6% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมดค่าแรงที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันกับการใช้โพลีอะคริลิกแอซิด 0.004 กรัม ร่วมกับกล่องปิด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแรงที่ใช้ในการตัดเฟรนฟรายทอดโดยใช้โพลีอะคริลิกแอซิด 0.004 กรัมในกล่องที่มีพื้นที่ เจาะรู 6%

ปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิด (กรัม)	แรงที่ใช้(นิวตัน)	แรงเฉลี่ย
0	12086.75 11169.37 9961.44	11072.51[a]
0.004	8259.67 10382.19 9539.195	9393.69[a]

* ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยอักษรต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธีของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับเฟรนฟรายทอดเพื่อรักษาความกรอบสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. การศึกษาการใช้ซิลิกาเจลในการดูดซับความชื้นภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณซิลิกาเจลเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ซิลิกาเจลปริมาณ 0.83 กรัม และปริมาณ 1.67 กรัม จะให้ผลต่อความกรอบของ เฟรนฟรายทอดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรจะเลือกใช้ซิลิกาเจลปริมาณ 0.83 กรัม เพื่อเป็นการประหยัดในการใช้สารดูดความชื้น

2. การศึกษาการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดในการดูดซับความชื้นภายในภาชนะบรรจุภัณฑ์พบว่าเมื่อใช้ปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.004 กรัม และปริมาณ 0.006 กรัม จะให้ผลต่อความกรอบของเฟรนฟรายทอดไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรจะเลือกใช้โพลีอะคริลิกแอซิดปริมาณ 0.004 กรัม มากกว่าเพื่อเป็นการประหยัดในการใช้สารดูดความชื้น

3. การศึกษาการใช้กล่องเจาะรูที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่างๆกัน พบว่าเมื่อใช้กล่องเจาะรูที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดมากจะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากขึ้น นั่นคือที่ขนาดช่องเปิด 6%ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด จะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากที่สุด

4. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ซิลิกาเจลและโพลีอะคริลิกแอซิดในการดูดความชื้น พบว่าการใช้โพลีอะคริลิกแอซิดในปริมาณ 0.006 กรัม จะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากกว่าการใช้ซิลิกาเจล

เมื่อนำการใช้สารดูดความชื้นและการเจาะรูกล่องที่ทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากที่สุดมาใช้ร่วมกันคือ ใช้ปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิด 0.004 กรัม และการเจาะรูกล่องที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิด 6% ของพื้นที่ผิวกล่องทั้งหมด พบว่าความกรอบที่ได้ไม่มีความแตกต่างกับการใช้ปริมาณโพลีอะคริลิกแอซิด 0.004 กรัม และการปิดกล่องทางนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ดังนั้นจึงสรุปการวิจัยนี้ได้ว่า การใช้สารดูดความชื้นคือโพลีอะคริลิกแอซิดที่ปริมาณ 0.004 กรัม ร่วมกับใช้กล่องปิด จะทำให้เฟรนฟรายทอดมีความกรอบมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ปุ่น และ สมพร คงเจริญเกียรติ.2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม :โรงพิมพ์แพคเมทส์ .

ประทีบ โควันนฤมิตร. 2541. การศึกษาสมรรถนะการควบคุมความชื้นโดยซิลิกาเจลสำหรับระบบอบแห้ง.: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รัตนา วงศ์วัฒนเสถียร.2543 . การสังเคราะห์และการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของ Superabsorbant ที่มีรูพรุนของพอลิ (อะคลิลิก-โค-อะคลิลาไมด์).:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมบัติ ของทวีวัฒนา.2527. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นุชรี ชาญด้วยกิจ, จิราพร กิ่งขจี .2529. อสัณฐานซิลิกาเจล.:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Dennis,R.H.,Paul,R.S.1981.Food Processing Enginioring.:Bocarater Woodhead Publishing.

Maynard, A.J., Held, J.L.1975. Food Processing Enginioring.:Ellis Horwood Publishing.

Norman, N.P.,Joseph H,N,1995. Food Science.: Ellis Horwood Publishing.

Ruthven,D.M.1984 .Principle of Adsorption and Adsorption Processes, Newyork,John Wiley.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชนิกา ศิริมังคลากุล เกิดวันที่ 25 ธันวาคม 2523 จังหวัดลำปาง จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลำปางกัลยาณี ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวเพ็ญพรรณ ธรรมขันธ์ เกิดวันที่ 24 พฤษภาคม 2522 จังหวัดราชบุรี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวรวีวรา ดิ่งแก้ว เกิดวันที่ 23 กรกฎาคม 2525 จังหวัดอุดรธานี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง