8

14602

การศึกษาอัตราการเกิดเจลาติไนส์ของแป้งด้วยไมโครเวฟเทคนิค

Study on Degree of Starch Gelatinization by Microwave Technique

นางสาวสุปราณี เติมเตชาติพงศ์ รหัส 34417034

นางสาวณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ รหัส 34417035

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2538

ว/พ.
สธ2ทก
2538

ตขหมู่.....
เลขทะเบียน... 96862
วัน เดือน ปี... 5 Jun 2003

T096862

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1316

คณะเทคโนโลยีการเกษตร ห้องสมุด สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งด้วยไมโครเวฟเทคนิค

(Study of Starch Gelatinization by Microwave Technique)

โดย

นางสาวสุปราณี เติมเตชาติพงศ์

นางสาวณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....ลายมือชื่อ..... 27/03/38 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(รศ.ลายมือชื่อ)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ผศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 38

ปพ. (ศ 824 ท) 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุปราณี เติมเดชาติพงศ์ และ ณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ.2538.:การศึกษาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งด้วยไมโครเวฟเทคนิค (Study on Degree of Starch Gelatinization by Microwave Technique).ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: ผศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา.69 หน้า.

การศึกษาอัตราการเกิดเจลาติไนเซชั่นของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง หลังจากผ่านคลื่นไมโครเวฟ โดยละลายสารละลายตัวอย่าง ที่เกิดการเจลาติไนส์ใน 0.2 นอร์มอลโปตัสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ พร้อมกับเติมสารละลาย 0.1 นอร์มอลไอโอดีน เพื่อให้เกิดสารประกอบที่เกิดขึ้น โดยอาศัยค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ในการศึกษาจะนำแป้ง ที่ปริมาณความชื้นเริ่มต้น ร้อยละ 13,15,20,25 และ 27 มาผ่านการให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ต เป็นเวลา 3.5,5.0,8.5 และ 10.0 นาที เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเวลาในการให้ความร้อนโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และปริมาณความชื้นเริ่มต้นของแป้งที่มีผลต่อ ปริมาณความชื้นที่เหลือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเจลาติไนส์ และอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งทั้งสองชนิด

จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 75-158 และ 76-146 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปริมาณความชื้นที่เหลือหลังกระบานการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 5.63-12.67 และ 5.79-14.17 เปอร์เซนต์ตามละดับ และอัตราการเกิดเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง มีค่าเท่ากับ 10.03-90.90 และ 12.58-95.18 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จากการหาสหสัมพันธ์ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังพบว่าเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ มีความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงต่ออุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเจลาติไนส์ (มีค่า r เท่ากับ 0.9877 และ 0.8690 ตามลำดับ) ปริมาณความชื้นที่เหลือ (มีค่า r เท่ากับ -0.7981 และ -0.8055 ตามลำดับ) และอัตราการเกิดเจลาติไนส์ (มีค่า r เท่ากับ 0.8562 และ 0.8555) ส่วนปริมาณความชื้นเริ่มต้น มีความสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มไม่เป็นเส้นตรง ต่ออุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเจลาติไนส์ (มีค่า r

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.0677 และ 0.2975 ตามลำดับ) ปริมาณความชื้นที่เหลือ (มีค่า r เท่ากับ 0.3315 และ0.4210 ตามลำดับ) และอัตราการเกิดเจลาติไนส์ (มีค่า r เท่ากับ -0.234 และ -0.1457 ตามลำดับ)

ณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ

ลายมือชื่อนักศึกษา | อาจารย์ที่ปรึกษา | 29 / 03 / 58

วัน เดือน ปี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถ สำเร็จลุล่วงเป็นรูปเล่มโดยสมบูรณ์ได้นั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ การทดลองและตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผศ.วรรณา ตั้งเจริญชัย และอาจารย์วริพัสย์ อารีกุล กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ตึกแบรรูป และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในระหว่าง ปฏิบัติงาน รวมทั้งพี่ น้องปีสาม และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดีและเป็นกำลังใจ มาโดยตลอดจึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

สุปราณี เติมเตชาติพงศ์

ณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ

มีนาคม 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อ	ค,ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ฉ,ช
สารบัญรูป	ซ,ฌ
บทนำ	1
บทที่	2
1. วารสารปริทัศน์	2
1.1 แป้งและคุณสมบัติของแป้ง	2
1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้ง	18
1.3 ไมโครเวฟ	22
1.4 การหาอัตราการเจลาติไนส์	32
2. วิธีการทดลอง	35
3. ผลการทดลอง	42
4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	61
ประวัติผู้เขียน	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
1.	ขนาดและรูปลักษณะของเม็ดสตาร์ชจากพืชชนิดต่าง ๆ	5
2.	ปริมาณอะไมโลส และ อะไมโลเพคติน	6
3.	อุณหภูมิ การเกิดเจลในแป้งชนิดต่างๆ	12
4.	กระบวนการแปรรูปอาหาร ที่มีการใช้ไมโครเวฟ	35
5.	องค์ประกอบโดยประมาณของวัตถุดิบ	36
6.	ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปรับความชื้นแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง	38
7.	อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง ที่ความชื้นต่าง ๆ ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ	43
8.	ปริมาณความชื้นที่เหลือของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ	44
9.	อัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียวและ แป้งมันสำปะหลังภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ	45
10.	อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ ปริมาณความชื้นที่เหลือ และอัตราการเจลาติไนส์ ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง เมื่อผ่านการปรับความชื้น และให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Corrlation coefficient) 48
12. น้ำหนักของแป้งข้าวเหนียวผ่านการเจลาติไนซ์ 100% กับค่าการดูดกลืนแสง วัดที่ความยาวคลื่น 600 nm 65
13. น้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังผ่านการเจลาติไนซ์ 100% กับค่าการดูดกลืนแสง วัดที่ความยาวคลื่น 600 nm 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
1.	เม็ดสตาร์ชในพืชต่างชนิด ที่กำลังขยาย 500 เท่า (A)ข้าวโพด (B)WAXY CORN (C)ข้าวสาลี (E)มันสำปะหลัง (F)มันฝรั่ง	8
2.	โครงสร้างของอะไมโลส	9
3.	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	9
4.	Glutinous rice starch กำลังขยาย 5000 เท่า	10
5.	Topioca starch ที่ผ่านไมโครเวฟ ขยาย 1000 เท่า	10
6.	แสดงการแตกตามแนวรัศมีของเม็ดแป้งที่ย่อยด้วยอัลฟาอะมิเลส	11
7.	แสดงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง	11
8.	กลไกการเกิดเจลาติไนซ์	14
9.	ภาพถ่ายการเกิดเจลของสตาร์ชในมันฝรั่ง ระยะเวลาตั้งแต่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองตัว (A) จนกระทั่งการพองตัวสมบูรณ์ (F) เท่ากับ 10 วินาที	15
10.	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งระหว่างเกิดเจล (ปริมารสตาร์ชเป็นกรัมต่อปริมาตร 450 มิลลิตร)	17
11.	กลไกการคืนตัว (set back) ของเพสต์	18
12.	ผลของความเข้มข้นของน้ำตาล ต่อการเกิดเจล ในแป้งข้าวโพด (ความเข้มข้น 5 %) โดยวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ผลของน้ำตาลชนิดต่างๆ ต่อการเกิดเจลในแป้งข้าวโพด ความเข้มข้น 5 % โดยวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer 21
14. ผลของค่าความเป็นกรดด่างต่อการเกิดเจลของแป้ง 21
15. การจัดเรียงตัวของประจุในอาหารตามธรรมชาติ 28
16. การจัดเรียงตัวของประจุในอาหารเมื่อได้รับความร้อนจากไมโครเวฟ 28
17. กราฟ Reponse surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออุณหภูมิ ในการเจลาติไนส์ 51
18. กราฟ Reponse surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือ 52
19. กราฟ Reponse surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออัตราการเจลาติไนส์ 53
20. กราฟ Reponse surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออุณหภูมิในการเจลาติไนส์ 54
21. กราฟ Reponse surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือ 55
22. กราฟ Reponse surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออัตราการเจลาติไนส์ 56
23. สหสัมพันธ์แบบต่างๆ 64
24. กราฟมาตรฐาน 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในปัจจุบันจะไม่ค่อยพบการเตรียมอาหารจากเม็ดแป้งดิบ (Raw starch) แต่นิยมใช้แป้งที่ผ่านการทำให้สุกหรือแป้งเจลาติไนส์ ซึ่งการเจลาติไนส์ มีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหารโดยจะเป็นตัวดูดน้ำและฟอร์มตัวเป็นเจล (Gel forming) หรือความหนืดให้กับของผสมสัดส่วนระหว่างแป้งดิบและแป้งสุกจะใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์จากแป้ง ซึ่งแป้งดิบและแป้งสุกจะใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์ อบแห้งจากแป้ง ซึ่งแป้งดิบและแป้งสุก จะนำมาหาจุดในการเกิดเจลที่มีในอาหารหลายชนิดเช่น อาหารเช้าจากธัญพืช ข้าวและซุปผง จะใช้แป้งสุกในการกำหนดกรรมวิธีในการผลิต (Guraya และ Toledo,1993)

การหาอัตรการเจลาติไนส์ของแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ อาจเป็นอีกขบวนการหนึ่งที่สามารถใช้ผลิตแป้งสุกหรือแป้งเจลาติไนส์ได้โดยลดระยะเวลา และขั้นตอนในการผลิต ทั้งนี้เพราะการผลิตในรูปของ dry process จากแนวความคิดนี้ จึงทำการศึกษาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง หลังจากการผ่านการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ และปริมาณความชื้นเริ่มต้นของแป้ง ที่มีผลต่อ ปริมาณความชื้นที่เหลือ อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการเจลาติไนส์ และอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งทั้ง 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

วารสารปริทัศน์

1.1 แป้งและคุณสมบัติของแป้ง

แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืชเช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวสาลี พืชประเภทหัว เช่น มันฝรั่ง พวกรากพืช เช่น มันสำปะหลัง กรรมวิธีการผลิตถ้าเป็นธัญพืช จะเริ่มจากการสี เพื่อแยกเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ออกจากรำและจมูกข้าว นำไปแช่น้ำ ร่อนหรือบดแล้ว ทำแห้งเป็นผง ถ้าเป็นพืชประเภทหัวไม่ต้องผ่านการสี แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน ทำให้แป้งมีคุณสมบัติทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี ทางด้านกายภาพต่างกัน แป้งเป็น ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) เปลี่ยนแป้งแปลงคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน มีการนำ ไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่น ๆ

สตาร์ชที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ในรูปเม็ดแป้ง (starch granules) มีขนาดและ รูปร่างแตกต่างกันตามชนิดของพืช เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดสตาร์ช มีตั้งแต่ 2 จนถึง 150 ไมครอน เม็ดสตาร์ชของข้าวเจ้ามีขนาดเล็กที่สุดคือประมาณ 3-8 ไมครอนและมีรูปร่างหลาย เหลี่ยม (polygonal) เม็ดสตาร์ชของมันสำปะหลังและข้าวโพดมีขนาดประมาณ 12-25 ไมครอน รูปร่างของเม็ดสตาร์ชมันสำปะหลังเป็นทรงกลม (round) ส่วนของข้าวโพดมีทั้ง ทรงกลมและหลายเหลี่ยม สตาร์ชของข้าวสาลีแบ่งออกเป็นสองชนิด ชนิดที่มีขนาดเล็กหรือขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดสตาร์ชประมาณ 10 ไมครอนเป็นรูปทรงกลม ส่วนชนิดที่มีขนาดใหญ่ ประมาณ 35 ไมครอน มีรูปร่างหัวท้ายเรียว เม็ดสตาร์ชมันฝรั่งมีขนาดโตที่สุดและมีรูปร่างเหมือน เปลือกหอยนางรม ภาพขยายซึ่งแสดงให้เห็นรูปร่างเม็ดสตาร์ชแตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของพืช แสดงใน รูปที่ 1 แป้งข้าวโพดหนึ่งปอนด์ประกอบด้วยเม็ดสตาร์ช 800 พันล้านเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดสตาร์ชของพืชประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมาก เชื่อมต่อเป็นโมเลกุลใหญ่ 2 แบบ คือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin)

อะไมโลส ประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose) เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงยาว ด้วยพันธะ ; 1,4 - glucosidic (สิรินทร์,2516) (รูปที่ 2) โดยปกติแป้งทั่วไปมีอะไมโลส 20-30 % และไม่มีแป้งชนิดใดมีอะไมโลสเพียงชนิดเดียว อะไมโลสไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นการละลายจะดีขึ้น อะไมโลสละลายได้ดีในสารละลายที่เป็นด่าง ให้เจลที่แข็ง ใส และไม่มีสี

อะไมโลเพคติน ประกอบด้วยแอนไฮโดรกลูโคสที่เกาะกันเป็นกิ่งก้านสาขาด้วย ;-D-(1-->4) glucosidic บริเวณจุดแตกตัวเป็นกิ่งมีการจับตัวกันแบบ ;-D-(1-->6) glucosidic (สิรินทร์,2516) (รูปที่ 3) อะไมโลเพคตินมักเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ภายในโมเลกุลหรือกับโมเลกุลอื่น ๆ ถ้าพันธะไฮโดรเจนแตกออกจากกันจะทำให้อะไมโลเพคตินละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่เกิด " รีโทรกราเดชัน " (retrogradation) อะไมโลเพคตินสลายตัวได้ง่าย เมื่อสัมผัสกับกรด ได้รับอุณหภูมิสูงหรือมีการกวนอย่างรุนแรงมักพบในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวเหนียว

สรุปความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีดังนี้ (Zobel,1988)

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
ประกอบด้วยกลูโคส 250-2000 หน่วย	แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
โมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง	โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
ละลายน้ำได้ดีกว่า	ละลายน้ำได้น้อยกว่า
ให้สีน้ำเงินกับไอโอดีน	ให้สีแดงม่วงหรือน้ำตาล
เมื่อต้มน้ำจะหนืดข้นน้อยกว่า	หนืดข้นมากกว่าและใส
ต้มแล้วปล่อยให้เย็นเกิดเจล	ไม่เกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลสและอะไมโลเพคตินจะเรียงตัวกันอย่างมีระบบแบบแผนในเม็ดสตาร์ช ภายในเม็ดสตาร์ชจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนผลึกและส่วนที่ไม่เป็นผลึกหรือที่เรียกว่า อสัณฐาน ซึ่งจัดเรียงสลับกัน ทำให้เกิดการหักเหสองแนวเป็นเงากากบาทเมื่อส่องผ่านแสงโพลาไรส์ (Polarized light) เรียกว่า ไบรีฟริงเจนซ์ (birefringence) จากการศึกษาทำให้ทราบว่า อะไมโลเพคตินเป็นตัวการสำคัญในการเรียงตัวของผลึกและส่วนที่ไม่เป็นผลึกในเม็ดสตาร์ช โดยที่อะไมโลเพกตินขนาดใหญ่ 1 โมเลกุลจะอยู่ในทั้งสองส่วน ซึ่งส่วนผลึกนั้นเกิดจากส่วนที่เป็นเส้นตรงในโมเลกุล อะไมโลเพคตินเรียงต่อกันและเกิดพันธะไฮโดรเจนนั้นระหว่างสายในโมเลกุลเดียวกันและต่างโมเลกุลมากมาย แต่พันธะไฮโดรเจนจะลดลงเรื่อย ๆ จากส่วนผลึกมาเป็นส่วนที่ไม่เป็นผลึก ซึ่งก็คือ ส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาของอะไมโลเพคตินนั่นเอง ส่วนอะไมโลสจะแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของอะไมโลเพคตินในทั้งสองส่วนนี้ (Rutenberg, 1984)

พืชต่างชนิดกันมีสัดส่วนอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินต่างกัน อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อ การพองตัวของเม็ดแป้ง (swelling) ความหนืด (viscosity) ความใสของเพสต์ (paste) และการเกิดรีโทรกราเดชันของเพสต์ เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ขนาดและรูปลักษณะของเม็ด สตาร์ชจากพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดของพืช	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดสตาร์ช		รูปร่างลักษณะ
	ขนาด (ไมครอน)	ขนาด (ไมครอน)	
ข้าวโพด	4–26	15	ทรงกลมและหลายเหลี่ยม
ข้าวฟ่าง	6–30	15	"
ข้าวสาลี	2–38	20–22	ขนาดเล็กรูปร่างทรงกลม
มันฝรั่ง	15–100	30	รูปไข่สารภายในแป้งซ้อนกันเป็นชั้น ๆ
มันเทศ	15–55	25–50	หลายเหลี่ยมส่วนใหญ่เม็ดเล็ก
มันสำปะหลัง	5–25	20	ทรงกลมหรือรูปไข่มีด้านหนึ่งเว้า
ข้าวเหนียว	2–7	–	รูปร่างหลายเหลี่ยม

ที่มา : ปราณี, 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณอะไมโลส และอะไมโลเพคติน

Starch source	Amylose content (%)	Amylopectin content (%)
Maize	26	74
Wheat	25	75
Rice	17	83
Sorghum	26	74
Potato	24	76
Sago	27	73
Waxy maize	1	99
Waxy sorghumm	1	99
Tapioca	17	83

ที่มา : วรนุช , 2535

1.1.1 การจัดเรียงตัวของเม็ดสตาร์ช

เม็ดสตาร์ชของพืชส่วนมาก ประกอบด้วย อะไมโลสเป็นหนึ่งในสี่ และอะไมโลเพคตินเป็นสามในสี่ อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในสตาร์ชแต่ละชนิดมีผลที่ทำให้มีคุณสมบัติเหมาะต่อการนำมาปรุงอาหารแตกต่างกัน แป้งข้าวโพด (cronstarch) ชนิดพิเศษหรือเป็นที่รู้จักกันดีว่าประกอบด้วยอะไมโลเพคตินอย่างเดียวนั้นเรียกว่า waxy corn starch หรือแป้งที่ไม่สร้างเจล (nongelling) มีจำหน่ายภายในชื่อทางการค้าว่า Amioca และ Clearjel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาด้วยกล้องขยาย สามารถเป็นแนวทางที่จะทราบถึงการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของสตาร์ช ตัวอย่างเช่น ตัดมันฝรั่งสดมาหนึ่งชิ้นแล้วล้างเอาสตาร์ชบริเวณรอยตัดเก็บเอาน้ำที่ล้างได้มาส่องด้วยกล้องขยาย จะมองเห็นเม็ดสตาร์ชเป็นวงซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น (concentric striations) และเมื่อใช้แสงโพลาไรซ์ (polarized light) ผ่านเม็ดสตาร์ชจะมองเห็นเม็ดสตาร์ชมีลักษณะแบ่งออกเป็นสี่แฉก และมีสีต่างกัน ซึ่งอยู่ตรงข้ามกันจะมองเห็นเป็นสีเดียวกันเรียกว่ามีโครงสร้างแบบ sphero-crystalline

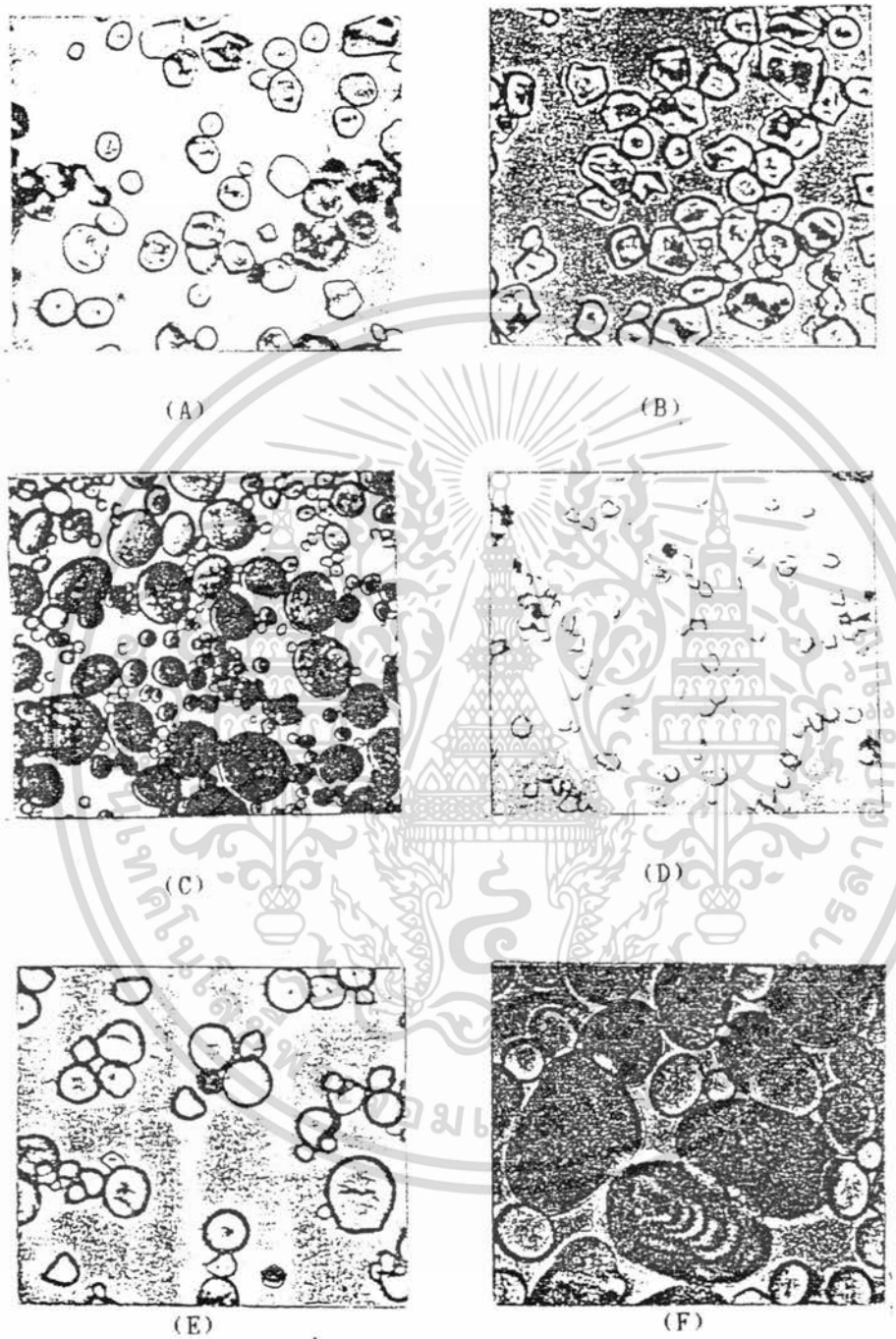
จากการศึกษาลักษณะของเม็ดสตาร์ช ที่ถูกย่อยเป็นบางส่วน (partial digestion) ด้วยกรดหรือเอนไซม์พบว่าบริเวณของเม็ดสตาร์ชถูกย่อยไม่เท่ากัน มองเห็นเป็นรอยแตกตามแนวรัศมี (รูปที่ 4) อย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าโมเลกุลของสตาร์ชที่กระจายอยู่ในเม็ดแป้งไม่สม่ำเสมอกัน หรืออาจเป็นไปได้ที่แรงยึดเกาะของโมเลกุลสตาร์ชไม่เท่ากันตลอดทั้งเม็ดสตาร์ช สามารถสรุปได้ว่าเม็ดสตาร์ชเกิดการเรียงตัวของโมเลกุลสตาร์ชเป็นชั้น ๆ แบบวงแหวนซึ่งมองภาพตัดขวางคล้ายกับแว่นของหัวหอม เรียกสภาวะดังกล่าวว่า crystalline state ช่องว่างระหว่างวงแหวน เรียกว่า Amorphous areas ซึ่งมีโมเลกุลสตาร์ชอยู่เล็กน้อย (รูปที่ 5) การที่โมเลกุลสตาร์ชในบริเวณ crystalline areas (บริเวณของวงแหวนซึ่งมีโมเลกุลสตาร์ชน้อยกว่า) อยู่ในสภาพดังกล่าวได้เนื่องจากแรงยึดเกาะของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสตาร์ช

1.1.2 <u>การพองตัวชนิดแปรกลับได้ของสตาร์ช</u> (Reversible swelling of starch)

สตาร์ชในธรรมชาติที่พบในพืช มีลักษณะเป็นเม็ดและมีความชื้นอยู่ด้วย แป้งที่จำหน่ายในทางการค้าก็คือ เม็ดสตาร์ชที่มีความชื้นเหลืออยู่น้อย เมื่อเม็ดสตาร์ชแห้งแล้วโมเลกุลของสตาร์ชจะอัดตัวแน่นเข้าทำให้เม็ดสตาร์ชหดตัว เมื่อนำแป้งมาละลายน้ำในน้ำเย็นพบว่า เม็ดสตาร์ชหรือเม็ดแห้งจะดูดน้ำและพองตัว แต่การพองตัวจะมีขีดจำกัด การพองตัวของเม็ดแป้งในอุณหภูมิห้องเป็นการพองตัวแท้จริง (true swelling) และเป็นปรากฏการณ์ที่แปรกลับได้โดยโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของเม็ดสตาร์ชไม่มีการเปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยา การดูดซับน้ำของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

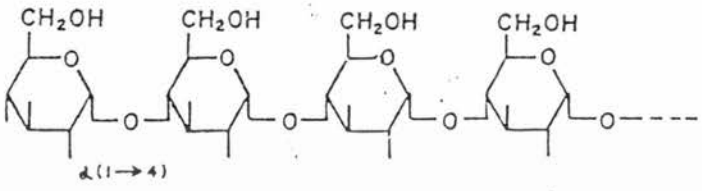
เม็ดสตาร์ชเป็นแบบ exothermic นอกจากนี้ความสามารถในการดูดซับน้ำของเม็ดสตาร์ชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น แป้งข้าวเจ้า ข้าวโพด และแป้งสาลีดูดน้ำได้ดี



รูปที่ 1 เม็ดสตาร์ชในพืชต่างชนิดที่กำลังขยาย 500เท่า (A) ข้าวโพด (B) waxy corn (C) ข้าวสาลี (D) ข้าว (E) มันสำปะหลัง (F) มันฝรั่ง

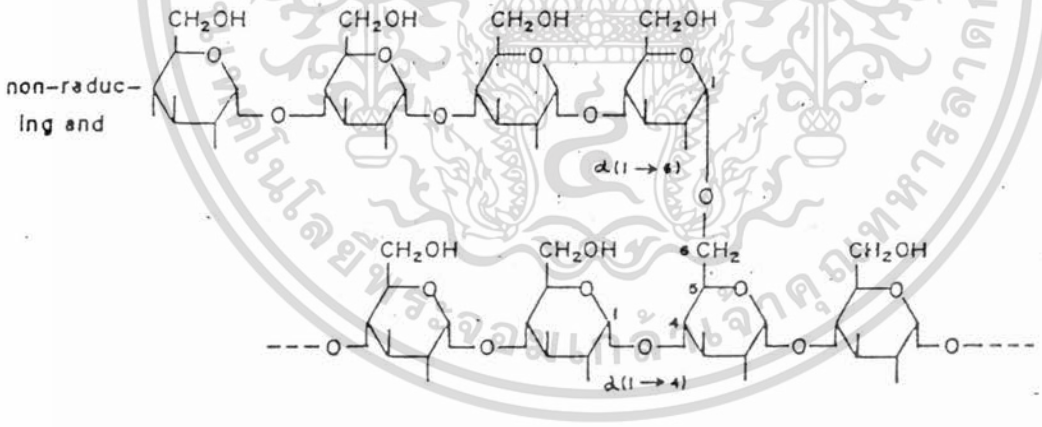
ที่มา : Charley , 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 2</u> โครงสร้างอะไมโลส

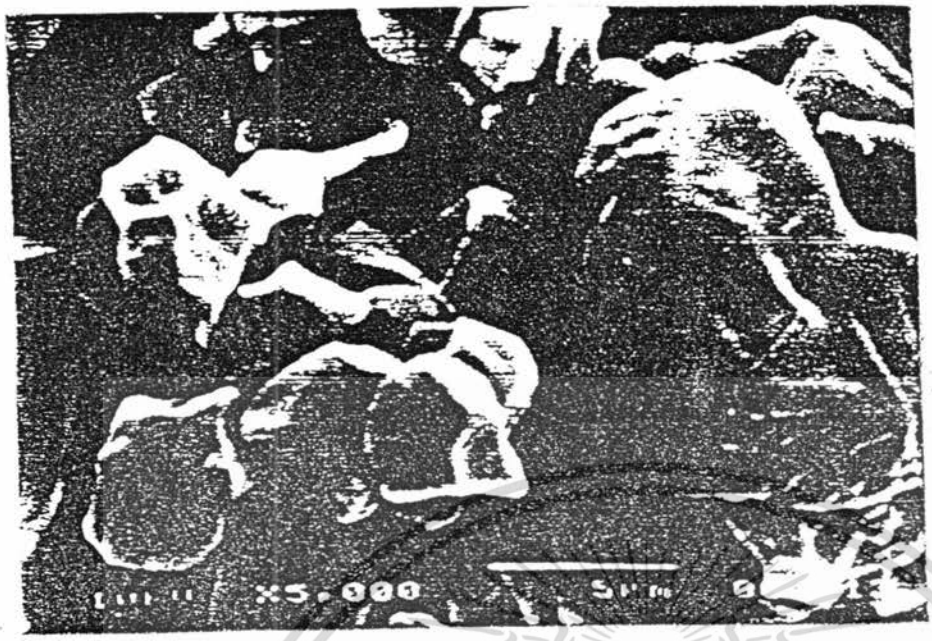
ที่มา : สิรินทร์และคณะ, 2521.



<u>รูปที่ 3</u> โครงสร้างอะไมโลเพคติน

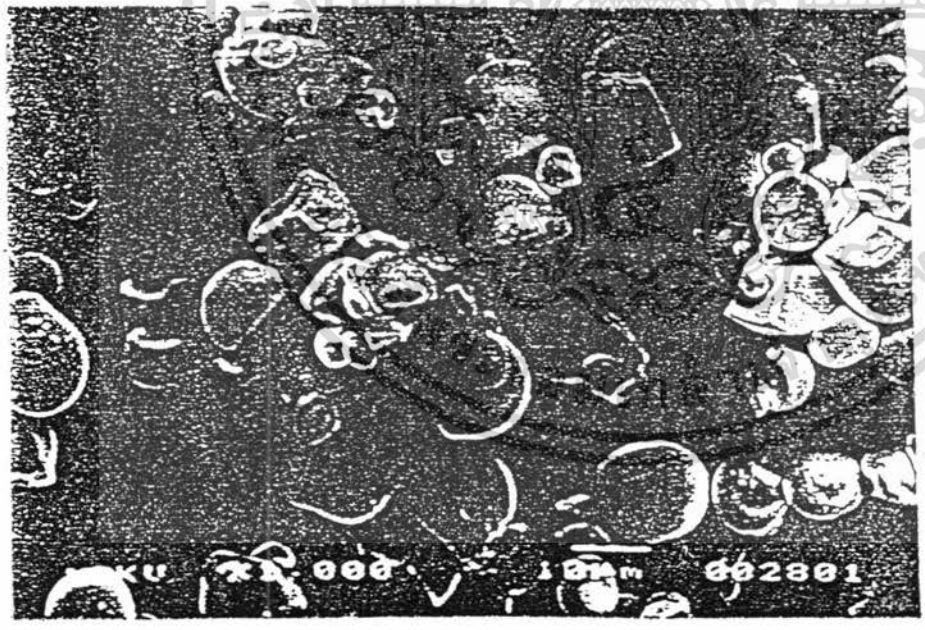
ที่มา : สิรินทร์และคณะ, 2521.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 Glutinous rice starch ขยาย 5000 เท่า

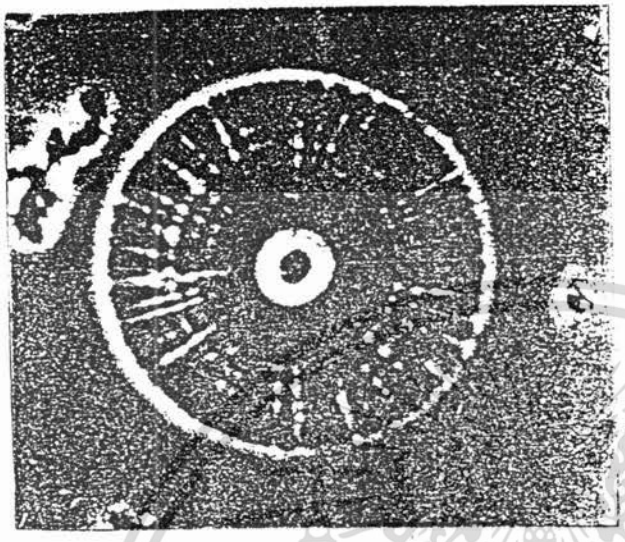
ที่มา : วุฒิชัย



รูปที่ 5 Tapioca starch ที่ผ่านไมโครเวฟ ขยาย 1000 เท่า

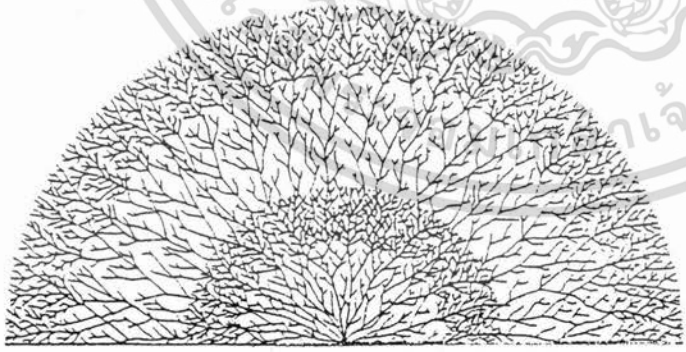
ที่มา : วุฒิชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงการแตกตามแนวรัศมีของเม็ดแป้งที่ย่อยด้วยแอลฟาอะไมเลส

ที่มา : Charley , 1982



รูปที่ 7 แสดงการจัดเรียงตัวของรมเลกุลสตาร์ชในเม็ดแป้ง

ที่มา : Charley , 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 เจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

เม็ดสตาร์ชสามารถพองตัวได้มากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน การพองตัวโดยทั่วไปสังเกตได้ชัดเมื่ออุณหภูมิถึง 60 C หรือสูงกว่า การพองตัวจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงน้ำแป้งจะเริ่มข้นขึ้นเรียกว่า เกิดเพสติ้ง หรือเจลาติไนเซชั่น มันฝรั่งเกิดเจล (gel) ขณะอบโดยไม่ต้องเติมน้ำแต่อย่างไร เนื่องจากมีน้ำอยู่ในหัวมันฝรั่งตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบการเกิดเป็นเพสต์ (paste) หรือเจลในการทำพุดดิ้ง (pudding) หรือซอส เม็ดสตาร์ชขนาดใหญ่จะพองตัวและใสในอุณหภูมิต่ำกว่าเม็ดสตาร์ชขนาดเล็ก อุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุณหภูมิการเกิดเจลในแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิของการเกิดเจล (^{0}C)		
	Initiation	Midpoint	Termination
ข้าวโพด	62	66	70
บาร์เลย์	51.5	57	59.5
ข้าวเจ้า	68	74.5	78
ข้าวสาลี	59.5	62.5	64
มันสำปะหลัง	52	59.5	64
มันฝรั่ง	58	62	66

ที่มา : ประชา และ อรวินท์, 2519.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 ธรรมชาติของการเกิดเจล

การพองตัวของเม็ดสตาร์ชไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จึงต้องใช้กล้องขยาย เมื่อใดมีพลังงานจลน์ (kinetic energy) ของโมเลกุลน้ำล้อมรอบเม็ดสตาร์ชมีค่ามากกว่าแรงดึงดูดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลสตาร์ช โมเลกุลของน้ำสามารถจะซึมเข้าไปในเมล็ดสตาร์ช การซึมของน้ำจะเข้าสู่บริเวณที่มีโมเลกุลสตาร์ชที่มีความหนาแน่นน้อย และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำก็จะซึมเข้าไปในบริเวณที่มีโมเลกุลสตาร์ชหนาแน่นมาก หรือที่เรียกว่า crystalline areas เมื่อดูในรูปภาพที่ 8 จะมีความเข้าใจดียิ่งขึ้น ด้านซ้ายมือของรูปเป็นส่วนหนึ่ง (A) ของวงแหวนของเม็ดสตาร์ชก่อนเป็นเจล ซึ่งโมเลกุลสตาร์ชอยู่ในสภาพอัดตัวกันแน่น ด้านขวามือการจัดตัวของโมเลกุลจะกระจายตัวอย่างหลวม ๆ หลังจากเกิดเจลแล้ว (B) การจัดเรียงตัวของโมเลกุลสตาร์ชเมื่อเป็นเจล แม้ว่าจะมีลักษณะคล้ายตาข่ายที่จับตัวกันอย่างหลวม ๆ แต่โครงสร้างหลักของเม็ดสตาร์ชยังคงเหมือนเดิม การดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชได้มากน้อยเพียงไรในแต่ละอุณหภูมิขึ้นกับชนิดของพืช น้ำแป้งโดยธรรมชาติมีสีขาวขุ่นเหมือนน้ำนมเมื่อได้รับความร้อนช้า ๆ น้ำแป้งก็เริ่มใสขึ้นเรื่อย ๆ และน้ำแป้งก็จะข้นและเหนียวจากการศึกษาด้วยภาพถ่ายการเกิดเป็นเจลของเม็ดสตาร์ชมันฝรั่งใน (รูปที่ 9) จะเห็นว่าในรูป A เม็ดสตาร์ชเพิ่มเริ่มพองตัวและในเวลาเพียง 10 วินาที เม็ดสตาร์ชจะพองตัวอย่างสมบูรณ์ รูป F ให้สังเกตการขยายตัวของเม็ดสตาร์ช ตลอดจนลักษณะโปร่งแสงที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะในรูป E และ F พบการม้วนตัวของเม็ดสตาร์ช ลักษณะโปร่งแสงที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นั้นเนื่องจากดรรชนีหักเห (refractive index) ของเม็ดสตาร์ชที่พองตัวนั้นมีค่าเข้าใกล้ดรรชนีหักเหของน้ำ การพองตัวของเม็ดสตาร์ชเกิดขึ้นเร็วเท่าไหร่ น้ำแป้งก็จะใสเร็วขึ้นเท่านั้นสามารถจะวัดการเกิดเป็นเจลมากน้อยเพียงไร ด้วยการวัดค่าการยอมให้แสงผ่าน (light transmittance) ของน้ำแป้งนั้น ในสารละลายน้ำแป้งเจือจาง แม้ว่าเม็ดสตาร์ชสามารถพองตัวได้มากเนื่องจากมีน้ำมากเกินพอ ความหนืดของแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างสังเกตเห็นได้ชัดในช่วงที่เม็ดสตาร์ชพองตัวในระดับที่สามารถเคลื่อนที่ชนเม็ดสตาร์ชด้วยกันเอง เมื่อเกิดแรงเสียดทาน (friction) มากเกินไปเม็ดสตาร์ชจะแตกออก ความหนืดของแป้งนอกจากจะขึ้นกับอุณหภูมิแล้ว ยังขึ้นกับความเข้มข้นของน้ำแป้ง ขนาดและแรงเกาะกันของสตาร์ชโมเลกุลด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พองตัวของเม็ดสตาร์ชบางครั้งเมื่อถึงระดับสูงสุด (maximum swelling) แต่น้ำแป้งยังเหนียวไม่พอจำเป็นต้องได้รับความร้อนต่อไปอีกระยะหนึ่ง ปริมาณความร้อนที่เม็ดสตาร์ชได้รับเพิ่มขึ้นในช่วงสุดท้าย มีผลทำให้อะไมโลสหลุดออกมาจากเม็ดสตาร์ชเพสต์ที่ได้สามารถมองเห็นว่าประกอบด้วยกลุ่มรีมเลกุลสตาร์ชกระจายตัวห่างกัน

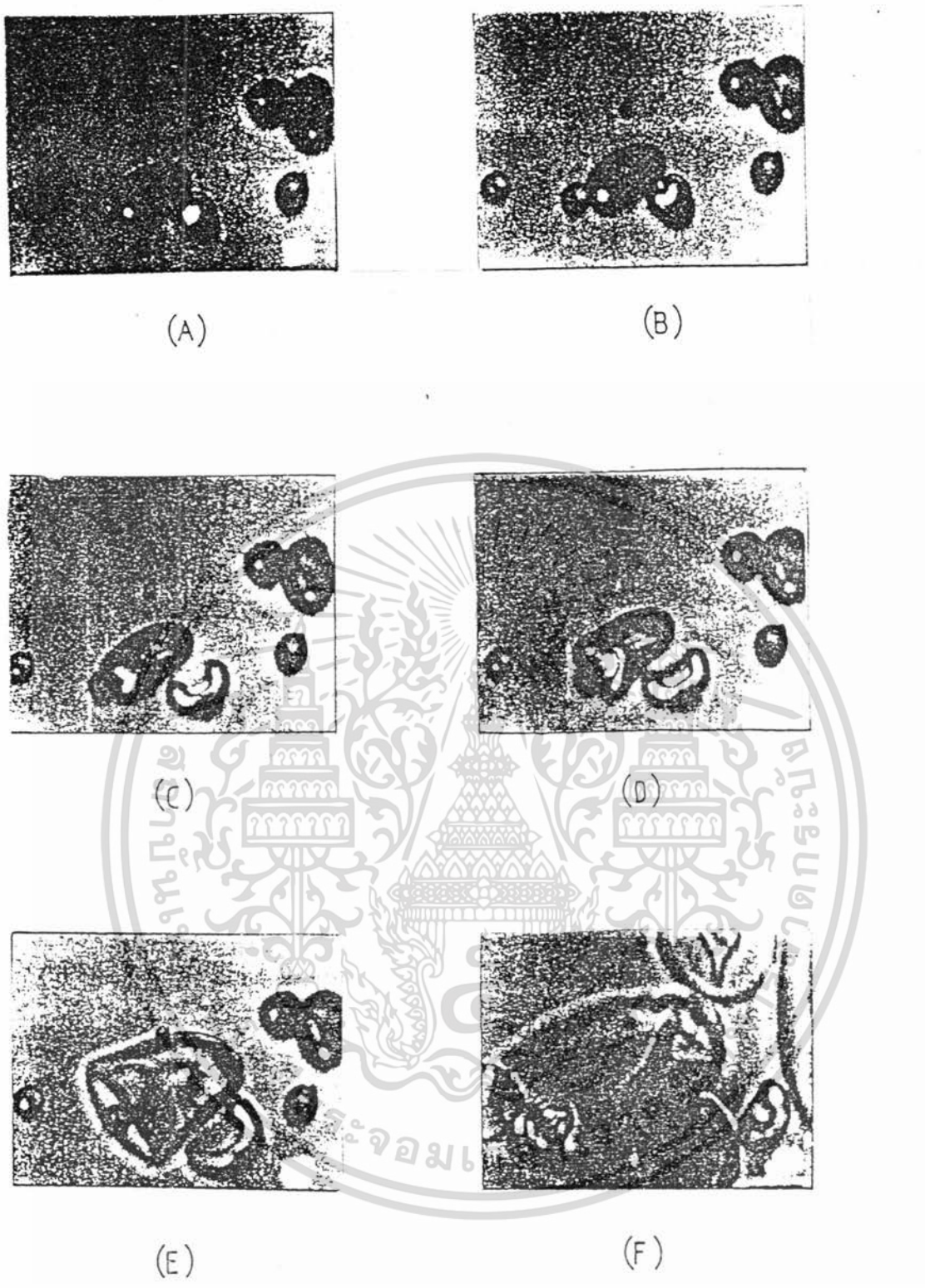
เม็ดสตาร์ชที่เป็นเจลแล้วเมื่อนำมาทำให้แห้ง ก็จะได้เป็นเม็ดสตาร์ชแห้งที่มีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดีมากเรียกว่า pregelatinized starches ซึ่งใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหลายชนิด เช่น ข้าวสำเร็จรูป (instant rice) มันฝรั่งบดสำเร็จรูป (instant mash potatose) และพุดดิ้งสำเร็จรูป (instant pudding)

(A) (B)

รูปที่ 8 กลไกการเกิดเพสต์

ที่มา : Charley ,. 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 9</u> ภาพถ่ายการเกิดเจลของสตาร์ชมันฝรั่ง ระยะเวลาตั้งแต่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองตัว (A) จนกระทั่งการพองตัวสมบูรณ์ (F) เท่ากับ 10 วินาที

ที่มา : Charley , 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.5 การสร้างแผ่นฟิล์มของสตาร์ช (Flim Formation)

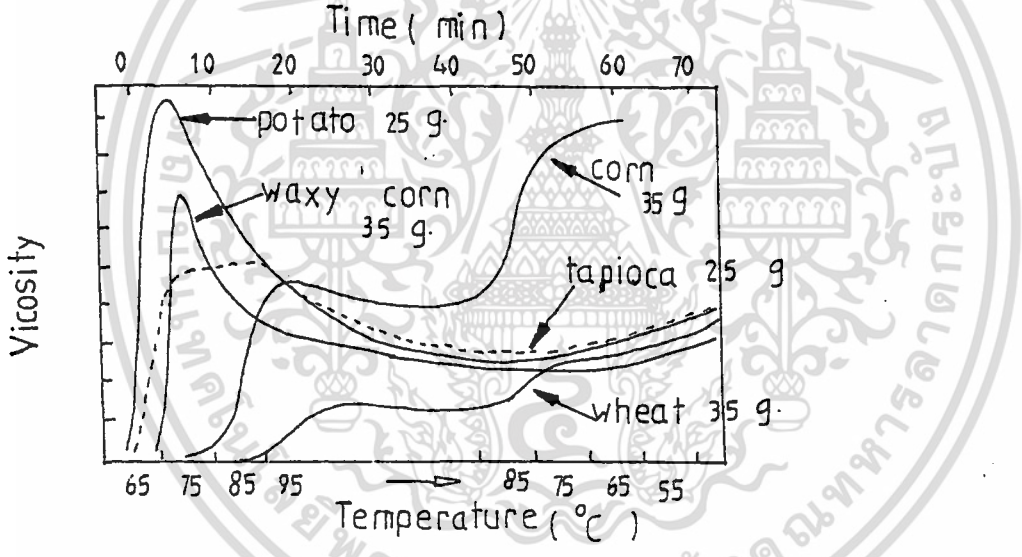
สตาร์ชหรือแป้งชนิดที่มีอะไมโลสสูงมีคุณสมบัติสามารถสร้างเป็นแผ่นฟิล์มที่แข็งแรงยืดหยุ่นได้ แผ่นฟิล์มดังกล่าวละลายน้ำได้ และนำมารับประทานได้เช่นเดียวกัน แป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง เช่น แป้งข้าวโพดสามารถสร้างแผ่นฟิล์มได้ไม่ดีนัก ได้มีการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดจนได้เป็นแป้งข้าวโพดที่มีอะไมโลสเกินกว่าร้อยละ 80 แผ่นฟิล์มดังกล่าวนิยมนำมาห่อขนมลูกกวาด ผลไม้อบแห้ง เนื่องจากสามารถป้องกันการชื้นของอาหารได้ดี

1.1.6 ผลของอุณหภูมิต่อการเกิดเจล

เม็ดสตาร์ชของพืชต่างชนิดกันจะไม่เกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิเดียวกัน เมื่อสตาร์ชขนาดใหญ่พองตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าขนาดเล็ก ช่วงอุณหภูมิของการเป็นเจล (gelatinization temperture) แตกต่างกันไปตามชนิดของสตาร์ชหรือเม็ดแป้ง การศึกษาถึงการเป็นเจลนิยมวัดเป็นค่าความหนืดของน้ำแป้งที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังใน (รูปที่ 10) จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของความหนืดของแป้งห้าชนิดเปรียบเทียบกับอุณหภูมิและเวลา ความหนืดของแป้งมันฝรั่ง wax corn และแป้งมันสำปะหลังมีค่ามากขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งชนิดอื่น ๆ เพสต์หรือเจลของแป้งมันฝรั่งมีค่าความหนืดสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำ และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกว่านี้ค่าความหนืดจะตกลงทันที ในน้ำแป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิ 85^0C (185^0F) จากนั้นแม้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นก็ตาม ความหนืดกลับลดต่ำลง waxy cornstarch มีค่าความหนืดสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 75^0C (167^0F) และจะลดต่ำลงรวดเร็วดังเช่นของแป้งมันสำปะหลัง จะสังเกตเห็นว่า ในการที่จะทำให้แป้งสาลีและแป้งข้าวโพดข้นเหนียวได้ จะต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าแป้งสามชนิดแรก นอกจากนี้ยังพบว่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้วจะมีค่าคงที่ซึ่งเป็นลักษณะที่พบในแป้งจากธัญพืช ลักษณะที่เกิดขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่าพันธะภายในเม็ดสตาร์ชมีมากกว่าหนึ่งชนิด อุณหภูมิที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุดของแป้งจากธัญพืชสูงกว่าแป้งจากส่วนของราก (root) และ waxy corn โดยทั่วไปแล้วการเกิดเจลมักจะเสร็จสมบูรณ์ที่อุณหภูมิไม่เกิน 95^0C (203^0F) แป้งมันสำปะหลังจะเกิดเจลได้สมบูรณ์ที่อุณภูมิใกล้ ๆ 85^0C สารบางตัว เช่น รีมนกลีเซอร์ไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เกิดเจลได้ช้า แป้งมันสำปะหลังและมันฝรั่งสุกจะมีลักษณะยืดหยุ่นที่แตกต่างจากแป้งสาลีและแป้งข้าวโพด เมื่อไรก็ตามที่แป้งเกิดเป็นเจลหรือเพสต์แล้วไม่จำเป็นต้องคนมากเกินไป เนื่องจากอาจจะไปทำลายโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชที่พองตัวให้แตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ซึ่งมีผลทำให้เจลที่ได้มีความหนืดต่ำลง



<u>รูปที่ 10</u> การเปลี่ยนแปลงของความหนืดของน้ำแป้งระหว่างเกิดเจล
(ปริมาณสตาร์ชเป็นกรัมต่อน้ำ 450 มิลลิลิตร)

ที่มา : Charley , 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96862

1.1.7 รีโทรกราเดชั่นของอะไมโลส (Retrogradation of Amylose)

สตาร์ชโมเลกุลโดยเฉพาะอะไมโลสเมื่อหลุดออกจากเม็ดสตาร์ช หรือเม็ดแป้งแล้วก็จะแขวนลอยอยู่ในของเหลว (น้ำ) เพสต์ขณะร้อนประกอบไปด้วยเม็ดสตาร์ชที่พองตัวและโมเลกุลอะไมโลสแขวนลอยอยู่ในน้ำร้อน โมเลกุลอะไมโลสสามารถแขวนลอยอยู่ได้ตลอดเวลาที่มีน้ำหรือของเหลวล้อมรอบยังร้อนอยู่ เมื่อเพสต์เย็นลงโมเลกุลอะไมโลสจะเกาะกับอะไมโลสด้วยกันและกับโมเลกุลสตาร์ชบริเวณด้านนอกของเม็ดสตาร์ช นั่นก็หมายความว่าโมเลกุลอะไมโลสเหล่านี้ทำให้เกิดโครงสร้างตาข่าย (net work) เม็ดสตาร์ชที่พองตัวจะอยู่ใกล้กันมากขึ้น นอกจากนั้นยังมีผลทำให้โมเลกุลอะไมโลสหลุดออกจากเม็ดสตาร์ชเพิ่มขึ้นอีกด้วย เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดว่า รีโทรกราเดชั่น (retrogradation) ซึ่งมีผลต่อเนื่องหลังจากการสร้างเจล อาจให้คำจำกัดความว่า รีโทรกราเดชั่น ก็เป็นปรากฏการณ์ที่เจลของแป้งเกิด recrystallization ใน (รูปที่ 11) จะเห็นว่าด้านขวามือจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนไปของความหนืดเมื่ออุณหภูมิลดลงเรื่อย ๆ ความหนืดของมันฝรั่ง มันสำปะหลังและ waxy corn เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้นเมื่ออุณหภูมิลดลง ซึ่งตรงกันข้ามกันกับแป้งสาลี และแป้งข้าวโพด โดยเฉพาะแป้งข้าวโพดจะสังเกตเห็นว่า ความหนืดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากเกิดรีโทรกราเดชั่นของอะไมโลส

รูปที่ 11 กลไกการคืนตัว (set back) ของเพสต์

ที่มา : Elder and Schoch , 1959

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้ง

Hodge,J.E. and Osman,E.M.,1976. ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของแป้งที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1.2.1 อัตราส่วนระหว่างแป้งและของเหลว

ความหนืดของแป้งสุกขณะร้อนและความเหนียวของแป้งสุก เมื่อเย็นแล้วขึ้นกับปัจจัยหลายชนิด เป็นต้นว่าอัตราส่วนระหว่างแป้งกับของเหลว (น้ำ)แป้งชนิดหนึ่งช้อนโต๊ะต่อน้ำหนึ่งถ้วยตวงจะได้แป้งที่มีลักษณะเหลว แต่เมื่อใช้แป้งสามช้อนโต๊ะต่อหนึ่งถ้วยตวงจะได้แป้งที่เหนียวข้น ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณของแป้งและของเหลวจะมีความสำคัญโดยเฉพาะในการทำพุดดิ้งซีอส และเกรวี่ จำเป็นต้องใช้น้ำในปริมาณเพียงพอที่จะทำให้แป้งเป็นเจลที่สมบูรณ์ได้

1.2.2 น้ำตาล

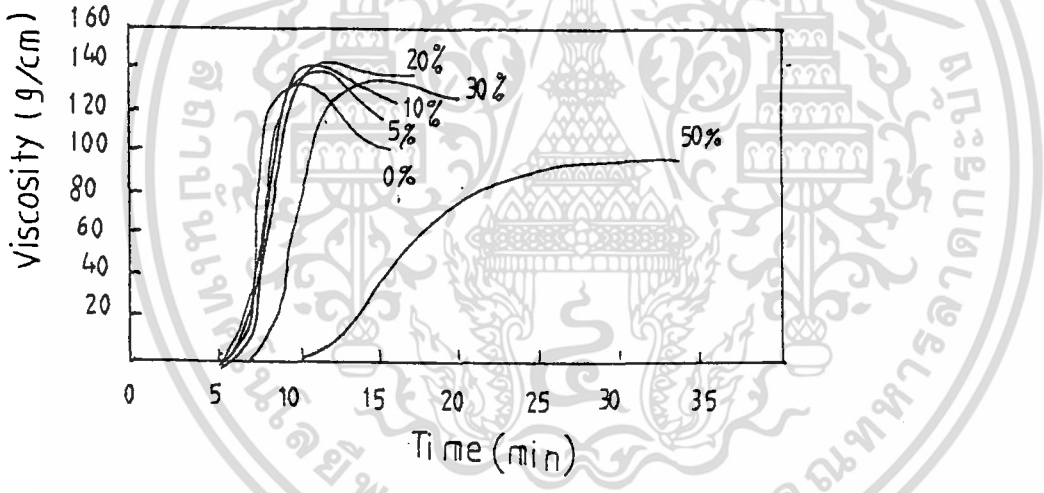
น้ำตาลละลายได้ในน้ำ ส่วนแป้งก็มีคุณสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิคเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเติมน้ำตาลในน้ำแป้งแล้วมีผลทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้น้อยลง ในความเข้มข้นต่ำ ๆ ของน้ำตาลการยับยั้งการพองตัวไม่ชัดเจน ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อน้ำตาลมีความเข้มข้นสูง ๆ จะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งจะมีผลทำให้ความหนืดของน้ำแป้งลดลง (รูปที่ 12) ซูโครสและแลคโตสมีผลต่อความหนืดคล้ายกันและแตกต่างไปจากน้ำตาลชนิดอื่น ๆ (รูปที่ 13)

1.2.3 pH

อาหารส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดในช่วง pH 4-7 ความเป็นกรดในช่วงนี้มีผลเล็กน้อยต่ออัตราการพองตัวและความหนืดของแป้ง (รูปที่ 14) การศึกษาผลของด่างต่ออัตราการพองตัวของเม็ดแป้งได้รับความสนใจน้อยกว่าผลอันเนื่องจากกรด ตัวอย่าง อาหารที่มีความเป็นกรดได้แก่ น้ำสลัด ผลไม้ที่ทำเป็นไส้พาย และซุบมะเขือเทศ เป็นต้น ความเป็นกรดสูงช่วยเร่งการพองตัวของเม็ดแป้งอย่างรวดเร็ว ตลอดจนมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่งความหนืดของน้ำแป้งลดลงอย่างรวดเร็ว ลักษณะเช่นนี้พบเห็นเสมอในขณะเก็บรักษาอาหารประเภทกรด เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำสลัดจะป้องกันการเหลวตัวด้วยการใช้แป้งชนิดพิเศษที่เรียกว่า crosslinked starch ซึ่งจะได้กล่าวในภาพหลัง แป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้สำหรับอาหารที่เป็นกรดสูง แต่ไม่นิยมใช้กับอาหารที่มีน้ำตาลสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากผลที่เกิดจากน้ำตาลจะมีผลตรงกับผลอันเนื่องมาจากกรด

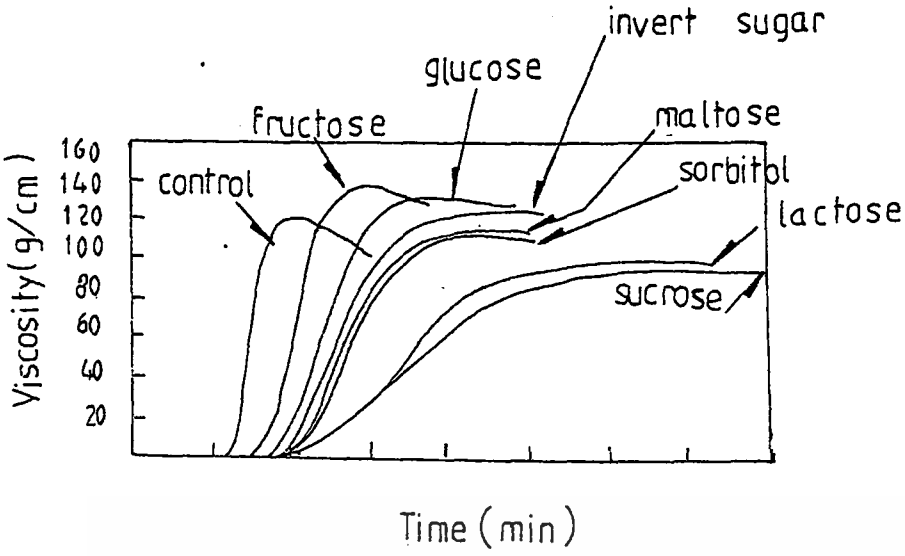


รูปที่ 12 ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการเกิดเจลในแป้งข้าวโพด (ความเข้มข้น 5 %) โดยวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer

ที่มา : Hodge and Osman , 1976

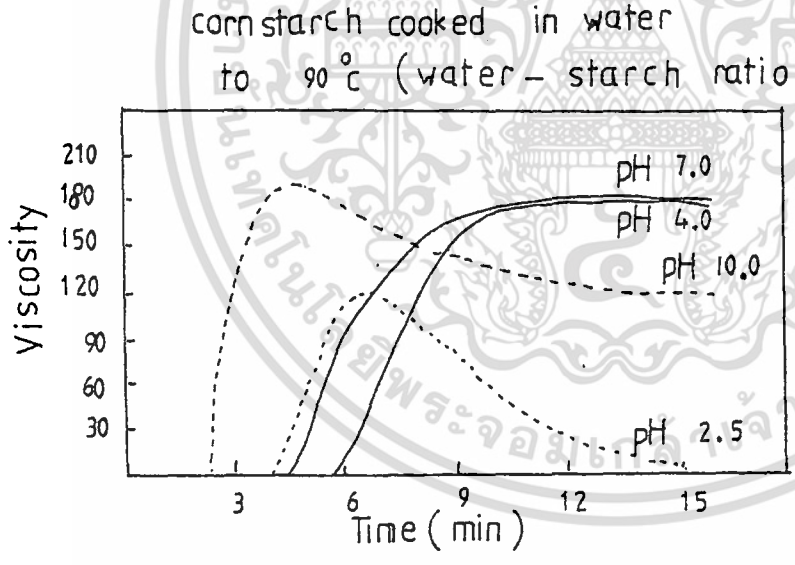
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14602



รูปที่ 13 ผลของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ต่อการเกิดเจลในแป้งข้าวโพด (ความเข้มข้น 5 %) โดยวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer

ที่มา : Hodge and Osman , 1976



รูปที่ 14 ผลของ pH ต่อการเกิดเจลของแป้ง

ที่มา : Hodge and Osman , 1976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เกลือ

โมเลกุลของแป้งในอาหาร ไม่มีหมู่ที่สามารถไอออนไนซ์ (ionizable group) เหมือนโปรตีน ดังนั้นผลของเกลือที่มีต่อแป้งจึงน้อยกว่าที่มีต่อโปรตีน (ยกเว้นแป้งมันฝรั่งซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลของอะไมโลเพคตินสามารถถูกแทนที่ด้วย orthophosphate group ในปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ อย่างไรก็ตามอาหารมีเกลือประกอบอยู่น้อยมาก ผลที่มีต่อแป้งจึงน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น อย่างไรก็ตามอาหารมีเกลือประเภทโปรตีนนั้นผลของเกลือต่อโปรตีนจะบดบังผลที่เกิดเนื่องจากเกลือที่มีต่อแป้ง มีการศึกษาผลของไอออนชนิดต่าง ๆ ต่อแป้ง แต่ผลจากการศึกษายังหาข้อมูลสรุปได้ไม่เด่นชัดนัก

1.2.5 ไขมัน

ไขมันจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งและความหนืดของแป้งได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับว่าไขมันดังกล่าว เป็นไขมันอย่างเดียวหรือไขมันที่ผสมด้วยอีมัลซิไฟเออร์ ทั้งนี้เนื่องจากผลที่เกิดจากไขมันทั้งสองชนิดให้ผลตรงข้ามกัน ไขมันธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ชนิด aliphatic chain (C_{16} - C_{18}) เป็นส่วนใหญ่ และมีค่าไอโอดีนระหว่าง 38-132 จะมีผลต่อความหนืดของแป้งได้คล้าย ๆ กัน ไขมันมีผลต่ออุณหภูมิของการเกิดความหนืดสูงสุด (maximum viscosity) เช่น แป้งข้าวโพดเข้มข้น 6 % โดยปรกติจะมีความหนืดของเจลสูงสุดที่อุณหภูมิ 32 C เมื่อมีไขมันผสมอยู่ 9-12 % อุณหภูมิดังกล่าวลดลงเป็น 82 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การหาอัตราการเจลาติไนส์ (Degree of Gelatinzation) (Lund,D.1984)

การหาอัตราการเจลาติไนส์วิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยวิธีทางกายภาพ เคมี และฟิสิกส์เคมี

1.3.1 Birefrigence Ent Point Method

Watson ทำการหาอัตราการเจลาติไนส์ ด้วยการหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโครงสร้าง Birefringen ด้วยเครื่องมือ Kofle eletrically heated microscopic และ polarizing microscope ทำได้โดยหยดสารละลายแป้ง 0.1-0.2 % เป็นหยดเล็ก ๆ ลงบนแผ่นสไลด์ กล้องจุลทรรศน์ แล้วหยด mineral oil ปิดด้วย cover slip ไม่ให้มีฟองอากาศ ซึ่งจะเห็นเม็ดแป้ง 100-200 เม็ด ซึ่งจะทำให้ร้อนขึ้น 1.2 องศาเซลเซียสต่อนาที บันทึกค่าอุณหภูมิที่ทำให้เม็ดแป้งสูญเสียโครงสร้าง Birefrigence ของเม็ดที่ 2,10,25,50, 75,95 และ 98 % ซึ่งอุณหภูมิที่บันทึกได้ เมื่อสูญเสียโครงสร้างไป 98 % ก็คือ อุณหภูมิที่เป็นจุดยุติของอุณหภูมิเจลาติไนส์ (Gelatinization temperature end-point (BEPT))วิธี Watson ได้ถูกดัดแปลงโดย Berry and White เพื่อติดตามดูการเจลาติไนส์ ด้วยการตรวจจับแสงที่ปลดปล่อยออกมาจาก photocell ซึ่งขึ้นกับ hot stage temperature

1.3.2 Viscosity Method

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยอาศัยคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของความหนืดระหว่างการเกิดเจลาติไนส์โดยที่เครื่อง Viscoamylograph จะบันทึกผลของค่า shear force ที่สัมพันธ์กับเวลา หรืออุณหภูมิ ขณะที่ Starch slurry ถูกหมุนไป และถูกทำให้ร้อนในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที และถูกหมุนด้วยอัตราเร็ว 30-150 รอบต่อนาทีซึ่งทำให้เมล็ดถูกทำลาย ทำให้ความหนืดลดลง เพื่อที่จะหาช่วงอุณหภูมิเจลาติไนส์ เครื่องวัดควรบอกข้อมูลที่บันทึกอุณหภูมิที่เริ่มหนืด และอุณหภูมิเมื่อความหนืดสูงสุด เวลาในการหุงต้ม และแม้แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงเมื่อทิ้งให้เย็นลง

1.3.2 X-ray diffraction Method

รูปแบบของรังสีเอ็กซเรย์ สามารถบอกความแตกต่างระหว่าง cereal และ root starch และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในผลึก crystall ที่แสดงออกมาด้วยวิธีการทางกายภาพ ทางเคมีของเม็ดแป้ง วิธีนี้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องวัดขอบเขตของการเจลาติไนส์ ในหลักการนี้มีวิธี 2 วิธี ซึ่งถูกบันทึกลักษณะการกระจายของรังสีเอ็กซ์

1.3.2.1 The diffractometer method รังสีกระจายจากตัวอย่างจะถูกนับโดย Geiger-Muller counter tube รังสีที่ปล่อยออกมาจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องขยายสัญญาณและถูกบันทึกด้วย Chart recorder

1.3.2.2 The photographic method ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกบันทึกผลด้วย photographic film

1.3.3 Amylose/Iodine Blue Method

สารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและไอโอดีน จะให้สีฟ้า จากคุณสมบัตินี้จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือการวิคราะห์ เพื่อตรวจหาปริมาณอะไมโลส การหาปริมาณอะไมโลสในสารละลายถูกพัฒนาโดย Mc Cready และ Hassid(1963.) และปรับปรุงโดย Gilbert และ Sprangg(1964.)ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงของสีฟ้า วัดได้ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

ได้มีการนำเอาประโยชน์ของการวิเคราะห์ด้วยวิธี สารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและไอโอดีนไปใช้กับข้าวสุก เพื่อบอกดัชนีการสุกของข้าว โดย Robert และคณะ (1954.) หลังจากนั้น Wootoon และคณะ(1971.) นำมาใช้ในการหาอัตราการเจลาติไนส์ของบิสกิต ต่อมา Brich และ Priestly(1973.) ได้ดัดแปลง โดยใช้สารละลายต่างในสารละลายอะไมโลส และที่ความเข้มข้นต่างที่ละลายเอาแป้งที่ผ่านการเจลาติไนส์ 0.2 นอร์มอล

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปตัสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ ในขณะที่แป้งดิบจะใช้ 0.5 นอร์มอล โปตัสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ ภายหลังจากหยดไอโอดีนจะวัดค่าการดูดกลืนแสงที่600 นาโนเมตร ด้วย spectrophotomete

1.3.4 Differential Scanning Calorimetry (DSC) Method

หลักการนี้เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความร้อน ซึ่งถูกบันทึกความแตกต่างของเอนทัลปีที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างตัวอย่างกับสารเฉื่อยที่อ้างอิงไว้ เมื่อให้ความร้อน ผลที่แสดงจะถูกบันทึกด้วย DSC thermograph เพื่อนำไปวิเคราะห์หาอัตราการเจลาติไนส์ต่อไป

1.3.5 อื่น ๆ

เป็นวิธีที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตาม วิธีเหล่านี้ได้รับความนิยมน้อยกว่าเนื่องจากความแตกต่างทางพฤติกรรมการเกิดเจลาติไนส์ หรือความถูกต้องของการวัดอัตราการเจลาติไนส์

ในการทดลองนี้เป็นการทดลองของ (Guraya และ Toledo, 1993) เป็นวิธีหาด้วย วิธี Amylose-Iodine Blue Method วัดการดูดกลืนแสงโดยใช้ทฤษฎีของ (Birch และ Priestly,1973) ซึ่งกล่าวว่า แป้งที่ผ่านการเจลาติไนส์จะละลายใน 0.2 นอร์มอลโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ในขณะที่แป้งดิบจะละลายใน 0.5 นอร์มอลโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยวัดการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลสและไอโอดีนสูงสุดที่ 600 นาโนเมตร ของค่าไอโอดีนและอะไมโลส (Amylose-iodine blue value) ในขณะที่สารละลายเชิงซ้อนระหว่างอะไมโลเป็คตินและไอโอดีนจะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 530-540 นาโนเมตร ดังนั้นสตาร์ชที่มีสัดส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินแตกต่างกันจะให้ค่าการดูดกลืนแสงที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ไมโครเวฟ (Microwave)

เตาไมโครเวฟทำงานได้โดยอาศัยคลื่นในอากาศ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 10^8-10^{11} cm^{-1} มีลักษณะเหมือนแสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงสามารถทะลุผ่านสสารต่าง ๆได้ ยกเว้นโลหะ โดยไม่มีการแผ่รังสีอนุภาคหรือรังสีอะตอมออกมา มีการแผ่กระจายไปรอบทิศทางในลักษณะการส่งผ่าน การดูดซับหรือการสะท้อนกลับได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารที่เป็นตัวกลาง สำหรับความถี่คลื่นไมโครเวฟมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน คือ 915 และ 2,450 เมกะเฮิร์ตโดยที่มีความถี่คลื่นไมโครเวฟ 915 เมกะเฮิร์ต จะผ่านเข้าไปในอาหารได้ลึก 30 เซนติเมตร ในขณะความถี่คลื่นไมโครเวฟ 2,450 จะผ่านเข้าไปได้เพียง 10เซนติเมตร (IFT,1989) คลื่นไมโครเวฟมีความยาวคลื่นต่อไซเคิล 12 เซนติเมตร ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สามารถทำให้โมเลกุลของอาหารเกิดการสั่นสะเทือนได้ประมาณ 2.5 พันล้านครั้งต่อวินาที ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของอาหารสั่นสะเทือน เสียดสีกัน จะทำให้เกิดความร้อนและทำให้อาหารสุกได้ คลื่นไมโครเวฟเกิดได้จากแมกเนตรอน ซึ่งเป็นหลอดสูญญากาศประกอบด้วยขั้วคาโทด และอาโนด เมื่อมีการให้ความร้อนขั้วคาโธดจะปล่อยอิเลคตรอนออกมาเมื่อได้รับความต่างศักย์สูง อิเลคตรอนเหล่านี้จะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปไมโครเวฟแล้วส่งต่อไปยังส่วนท่อนำคลื่น (wave guide)ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมทิศทางของไมโครเวฟ

<u>คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นไมโครเวฟ คือ</u>

1. สามารถทะลุผ่านวัตถุบางอย่างได้ (transmittance)

คลื่นไมโครเวฟ สามารถทะลุผ่านวัตถุบางชนิดได้โดยไม่ถูกดูดกลืน ทำให้คลื่นไมโครเวฟสามารถผ่านภาชนะใส่อาหารได้ ในขณะให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟภาชนะใส่อาหารจึงไม่ร้อนเมื่อเทียบกับการให้ความร้อนด้วยวิธีดั้งเดิมแต่ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ภาชนะอาจเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากอาหารสู่ภาชนะ

2. สามารถสะท้อนกลับได้ (Reflection)

คลื่นไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับวัตถุประเภทโลหะ ซึ่งทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไมโครเวฟสามารถซึมผ่านเข้าไปในอาหารได้ทุกทิศทาง เนื่องจากการสะท้อนจากด้านล่างและด้านข้างของเตาอบไมโครเวฟซึ่งทำจากโลหะ

3. สามารถถูกดูดกลืนเข้าไปในอาหาร (Adsorption)

คลื่นไมโครเวฟถูกดูดกลืนเข้าไปในอาหารทำให้อาหารร้อนขึ้น อาหารที่มีน้ำอยู่มากจะดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟเข้าไปได้ง่าย

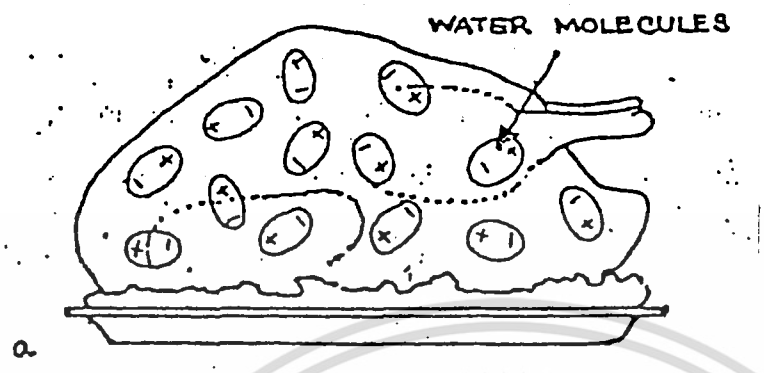
หลักการให้ความร้อนของไมโครเวฟ

เนื่องจากไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่ออาหารได้รับคลื่นไมโครเวฟ โมเลกุลที่มีอิเลคตริกไดโพล (electric dipole) ในอาหาร เช่น โมเลกุลของน้ำจะเกิดการเรียงตัวให้สอดคล้องกับสนามไฟฟ้าซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงถึง 915 หรือ 2450 ล้านต่อครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้สอดคล้องกับทิศทางของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลเกิดการเคลื่อนที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อน

หลักการทำอาหารให้สุกโดยใช้ไมโครเวฟ

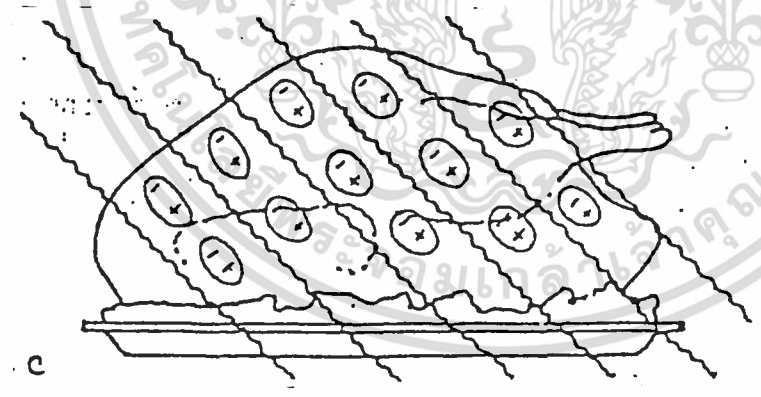
ไมโครเวฟ จะส่งพลังงานจากตัวแม่เหล็กด้วยความถี่สูงสุด จนโมเลกุลของอาหารสั่นสะเทือนโมเลกุลของอาหารก็จะชนโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไปเกิดเป็นพลังงานขึ้นและพลังงานจลน์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนกระจายความร้อนออกไป ทำให้อาหารสุก ถ้าคลื่นไมโครเวฟพุ่งตรงไปที่อาหารก็จะกระทบโมเลกุลของน้ำภายในอาหาร ทำให้เกิดการเสียดสีและเกิดความร้อนขึ้น อาหารจึงสุก (Copson,1975) ซึ่งมีรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหารสูงกว่าการทำอาหารให้สุกโดยวิธีให้ความร้อนทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ยังสะดวกรวดเร็วและประหยัดพลังงาน อีกทั้งสามารถควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ได้แน่นอนกว่าด้วย (Giese,1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 15</u> การจัดเรียงตัวของประจุในอาหารตามธรรมชาติ

ที่มา : Copson, 1975



<u>รูปที่ 16</u> การจัดเรียงตัวของประจุในอาหารเมื่อได้รับความร้อนจากไมโครเวฟ

ที่มา : Copson, 1975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลกระทบ

1. ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่ำ จะมีการทะลุผ่านชิ้นอาหารได้ดีและมีความสม่ำเสมอในการใช้พลังงาน

2. ความเข้มของสนามไฟฟ้า เมื่อความเข้มข้นของสนามไฟฟ้ามากขึ้น การให้ความร้อนจะใช้เวลาน้อยลง

3. ความชื้นในอาหาร อาหารที่มีความชื้นสูงสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็ว

4. อุณหภูมิของอาหาร มีผลต่อสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงพลังงานและสถานะขององค์ประกอบที่ดูดกลืนพลังงานได้ดี

5. รูปร่างของอาหาร อาหารที่มีความหนามากเกินไปอาจทำให้ไมโครเวฟไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ ความสม่ำเสมอของรูปร่าง ก็มีผลกับการให้ความร้อนโดยพวกที่มีรูปร่างทรงกลมจะถูกให้ความร้อนได้สม่ำเสมอกว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมมุม

6. การนำไฟฟ้า เมื่อมีการเพิ่มการนำไฟฟ้าให้อาหาร เช่นการเติมเกลือ ทำให้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้นเนื่องจากมีจำนวนโมเลกุลที่มีลักษณะอิเลคทริกไดโพลเพิ่มขึ้น

7. การนำความร้อนของอาหาร ระหว่างการให้ความร้อนมีการนำความร้อนในชิ้นอาหาร

8. ความจุความร้อนจำเพาะของอาหารมีผลต่ออัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิของอาหาร

ข้อดีของการใช้ไมโครเวฟ

1. อัตราเร็วของการเพิ่มอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของอาหารน้อย

2. ความสม่ำเสมอของการเพิ่มอุณหภูมิดี ไม่เกิดการแข็งตัวหรือไหม้ที่ผิวหน้า

3. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดี เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดจากการทะลุผ่านของคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในอาหาร จึงไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องมือมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย และแหล่งกำเนิดพลังงานไม่ทำให้เกิดความร้อนในตัวเอง ทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะประกอบการไม่สูงเท่ากับการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่น นอกจากนั้นระหว่างการทำงานเครื่องมือจะไม่สกปรกมากนักและสามารถรับใช้การควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้ดี

ข้อเสียของไมโครเวฟ

1. มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าใช้วิธีอื่น เพราะเครื่องมือมีราคาแพงล

2. มีการศึกษาพบว่ามีโอกาสเป็นไปได้ที่คลื่นไมโครเวฟ จะไม่ได้เข้าไปสัมผัสอาหารใน ทุก ๆ ส่วน ถ้ามีเชื้อโรคหรือพยาธิปะปนอยู่อาจเกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ มีวิธีแก้คือ หมั่นนำอาหารออกมาคนเพื่อให้อาหารทุกส่วนได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง

3. ถ้ามีการรั่วไหลของคลื่นอออกมาภายนอกปริมาณมากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้โดยเฉพาะกับดวงตา เพราะฉะนั้นต้องหมั่นตรวจสอบอยู่เสมอ

ความปลอดภัยในการใช้ไมโครเวฟ

มีรายงานทางด้านชีววิทยาว่า ไมโครเวฟทำให้เกิดผลที่ไม่ใช่ผลจากความร้อน เช่น แรงกระทำที่เกิดขึ้นกับดีเอ็นเอ (DNA) หรือโปรตีน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผลที่เกิดจากรังสีอิออนไนซ์ แต่รายงานส่วนใหญ่จะพูดถึงผลกระทบเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ความร้อนในร่างกายสูงขึ้นมากกว่าปกติ โดยเฉพาะในอวัยวะที่ไม่มีการหมุนเวียนของเลือดเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ เช่น ตา หู และลูกอัณฑะ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในลักษณะของการเสียสภาพทางธรรมชาติของเลนส์ หูอื้อ และการเป็นหมัน American Standards Institution ได้กำหนดระดับมาตรฐานของไมโครเวฟที่ร่างกายสามารถสัมผัสได้คือ 10 mW/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ไมโครเวฟมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ปัจจุบันมีการนำเอาไมโครเวฟมาใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารต่าง ๆ มากขึ้นทั้งในระดับครัวเรือน อาทิเช่น อุ่น ต้ม ผัด ตุ๋น นึ่งหรือทอดอาหาร และในระดับอุตสาหกรรม ได้แก่ การทำแห้ง การอบ การเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง การพาสเจอร์ไรซ์ และการสเตอริไรซ์ ดังแสดงในตาราง

1. การอบแห้ง (drying)

การอบแห้งได้มีการใช้ไมโครเวฟคลื่นความถี่ 13 MHz เพื่อลดปริมาณความชื้นของผักกะหล่ำปลีและมันฝรั่งจาก 9 และ 15 % ให้เหลือ 5 และ 7 % ตามลำดับ ทั้งนี้การอบแห้งแบบใช้ลมร้อนจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงกว่า ใช้เวลานานกว่า และทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี แต่ถ้าใช้ไมโครเวฟแล้วพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเหลือเพียง 1 ใน 3 ของเวลาที่อบแห้งด้วยลมร้อนธรรมดา และหากใช้ระบบสูญญากาศร่วมด้วยจะยิ่งทำให้เวลาที่ ใช้ลดลงอีก 50 %

นอกจากนั้นการทำแห้ง pasta เป็นขบวนการผลิตที่ประสบความสำเร็จในการนำไมโครเวฟใช้ โดยจะใช้ที่ความถี่ 915 MHz ช่วยลดความชื้นหลังจากผ่านลมร้อนมาแล้วอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงลดอุณหภูมิของ pasta ลง ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาลงถึง 6 เท่า pasta ที่ได้มีคุณภาพดี สีสวย และมีจำนวนจุลินทรีย์เหลืออยู่น้อยกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 20-25 % ของวิธีธรรมดา

2. การทำแห้งโดยการแช่แข็ง (freezing drying)

การทำแห้งโดยระบบการแช่แข็งนั้น ต้องการปริมาณความร้อนที่พอเหมาะที่จะทำให้ผลึกน้ำแข็งเกิดการระเหิดได้โดยไม่เกิดการหลอมเหลวของผลึกน้ำแข็งเป็นน้ำ เพราะอาจทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำดูดพลังงานจากไมโครเวฟ และเกิดความร้อนขึ้น เป็นผลให้เนื้อเยื่อของอาหารถูกเผาไหม้และถูกทำลายได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณภาพต่างไปจากที่ต้องการ สำหรับการทำงานโดยใช้ไมโครเวฟนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการแช่แข็งส่วงหน้ามาก่อน เมื่อนำมาเข้าสู่ห้องอบแห้งจะถูกลดอุณหภูมิลงมาจนเหลือประมาณ -25 ถึง -40 ^{0}C เมื่อลดความดันในห้องอบแห้ง จนถึงความดันที่ต้องการ จึงเริ่มใช้ไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟจะถูกดูดกลืนโดยแกนกลางของผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำแข็ง ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของส่วนที่เป็นน้ำแข็งและส่วนที่แห้งภายนอก เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี เมื่อน้ำแข็งระเหิดไปจนหมดแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีความชื้นต่ำ

การทำแห้งโดยการแช่แข็ง โดยใช้ไมโครเวฟนี้พบว่า สามารถลดเวลาจาก 12 ชั่วโมงโดยวิธีการระเหิดธรรมดาเหลือเพียงประมาณ 4.2 ชั่วโมง ทำให้เพิ่มรอบการผลิตได้จาก 2 รอบต่อวันเป็น 5 รอบต่อวัน และลดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 25 %

3. การเพิ่มอุณหภูมิผลิตภัณฑ์แช่แข็ง (tempering)

ไมโครเวฟถูกนำมาใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิมากกว่าการแปรรูปอาหารอื่น ๆ การเพิ่มอุณหภูมินี้ จะไม่ทำจนผลิตภัณฑ์แช่แข็งเกิดละลาย (thawing) โดยสมบูรณ์เนื่องจากไม่จำเป็นแต่สามารถทำได้ เนื่องจากจะทำให้การขนย้ายง่ายขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มจนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิประมาณ -8 ถึง -2^{0}C แล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์

การละลายผลิตภัณฑ์แช่แข็ง จะต้องทำที่อุณหภูมิควบคุมเพื่อควบคุมการเจริญของแบคทีเรียที่อาจเจริญขึ้นได้ ปกติจะทำที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C ซึ่งจะให้เวลาหลายวัน สำหรับการใช้ไมโครเวฟจะใช้เวลาเพียงไม่กี่นาที ก็สามารถละลายน้ำแข็งออกได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จะมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเท่ากันตลอดทั้งผลิตภัณฑ์ และสามารถทำให้ผิวของอาหารสุกแต่สภาพภายในยังคงสภาพเป็นอาหารแช่แข็งบางส่วนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การ Pre-cooking ส่วนต่าง ๆ ของสัตว์ปีก

การ Pre-cooking สัตว์ปีกแต่เดิมใช้ไอน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่เสียเวลาและสิ้นเปลืองพลังงาน ถ้าใช้ไมโครเวฟจะใช้เวลารวดเร็วกว่า แต่ก็ให้ yield และคุณภาพดีกว่าเล็กน้อยเท่านั้น และถ้าใช้ทั้งระบบไมโครเวฟและการใช้ไอน้ำรวมกันจะให้ผลดีขึ้นมากกว่าการใช้ระบบใดระบบหนึ่งเพียงอย่างเดียว สำหรับระบบการทำงานนั้น ไก่ทั้งตัวจะถูกตัดเป็นชิ้น ๆ แบ่งเป็น อก, น่อง , ขา และปีก แล้วจึงแยกเข้าสู่เครื่อง microwave steam cooker 2 เครื่องเนื่องจากน้ำหนักของส่วนต่าง ๆ นั้นต่างกัน ส่วนที่หนักต้องการพลังงานและเวลามากกว่า กำลังของเครื่องไมโครเวฟใช้ระดับ 80 และ 50 กิโลวัตต์ เวลาใช้ประมาณ 10-12 นาที เครื่องมโครเวฟนี้จะมีอายุการใช้งานได้หลายพันชั่วโมง

5. การใช้ไมโครเวฟในอุตสาหกรรมมันฝรั่งทอด

การใช้ไมโครเวฟในอุตสาหกรรมมันฝรั่งทอดนั้นมีขึ้นเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งทอดเมื่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในมันฝรั่งมีค่ามากกว่า 0.2 % การทอดมันฝรั่งโดยทั่วไปจะทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 182-193 ^{0}C นาน 2-3 นาที ขณะที่ทอดจะเกิดสีในมันฝรั่งเมื่อความชื้นประมาณ 6-8 % การใช้ไมโครเวฟจะช่วยแก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลนี้ได้ โดยหลังจากทอดมันฝรั่งในน้ำมันจนมีปริมาณความชื้น 7 %หรือ 8 % จะใช้คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2450 MHz. เพื่อลดความชื้นให้เหลือ 2 % หรือ 1.5 % ตามลำดับ วิธีการนี้ใช้ได้ แม้ว่ามันฝรั่งจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงถึง 1 % ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่ในมันฝรั่งทอด เมื่อทอดด้วยวิธีเก่ามีค่าประมาณ 40 % ในขณะที่ใช้ไมโครเวฟจะมีน้ำมันเหลือ 35 % และพบว่าการทอดด้วยวิธีเก่าจะมีกลิ่นหืนมากกว่าการใช้ไมโครเวฟประมาณ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การลวก (blanching)

การลวก มีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอ็นไซม์ในผลไม้ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิแช่แข็ง ถึงแม้ว่าจะสามารถลดระยะเวลาของกระบวนการลงเมื่อเทียบกับการลวกน้ำร้อน แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าไหร่นัก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง และไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าเดิมมากนัก

7. การอบ (baking)

การทอดโดยทั่วไปมักใช้อุณหภูมิประมาณ 182-193 องศาเซลเซียส นาน 2-3 นาทีจนได้มันฝรั่งที่มีความชื้น 6-8 % ซึ่งจะเกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันฝรั่งที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่า 0.2 % การนำไมโครเวฟเข้ามาใช้จะช่วยแก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งได้โดยทอดมันฝรั่งจนมีความชื้น 7-8 % จากนั้นใช้ไมโครเวฟในการลดความชื้นจนเหลือความชื้นเพียง 1.5-2 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 กระบวนการแปรรูปอาหารที่มีการใช้ไมโครเวฟ

Application	Frequency (MHz)	Power (kW)	product
Tempering	915	30-70	Meat,fish,poultry
Batch			
Continuous			
Drying	915 or 2450	30-50	Pasta,onoins,snack foods, fruit juices
Vacuum drying			
Freeze drying			
Precooking	915	50-240	Bacon,meat patties, poultry,sausage, sardinase
Pasteurization	2450	10-30	Fresh pasta,prepared meals,
Sterilization			pouch-packaged foods, semi-solid foods,milk, sliced bread
Baking	915	2-10	Bread,donut proofing

ที่มา : ดัดแปลงจาก IFT , 1989 ; Decareau , 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

2.1.1 แป้งข้าวเหนียว ตราทานตะวัน บ.ไทยอินเตอร์เนชั่นนอลไรซ์ฟลาว จำกัด

2.1.2 แป้งมันสำปะหลัง ตราจิงโจ้บินเหยียบลูกโลก

ตารางที่ 5 องค์ประกอบโดยประมาณของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ปริมาณความชื้น(%)	%ไขมัน	%เถ้า	pH
แป้งข้าวเหนียว	11.37	1.32	0.25	5.10
แป้งมันสำปะหลัง	12.19	0.93	0.29	5.04

หมายเหตุ : วิธีการที่ใช้ในการหาองค์ประกอบโดยประมาณ (AOAC,1990)

ปริมาณความชื้น : 14.004

ไขมัน : 7.004

เถ้า : 14.006

2.2 อุปกรณ์

2.1.1 ตู้อบไมโครเวฟ Goldstar:model ER-4160Dที่ความยาวคลื่น 2450MHz

2.1.2 เครื่องชั่งละเอียด

2.1.3 aluminium can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Thermocouple

2.1.5 ตู้อบ

2.1.6 Cecil Ultraviolet spectophotometer series 2

2.1.7 pH meter Suntex sp-701

2.1.8 เครื่องผสม Hobart Coporation : model K5ss

2.1.9 ตะแกรงร่อน

2.3 สารเคมี

2.3.1 Potassium hydroxide (KOH) บริษัท (J.T. Baker)

2.3.2 Iodine (I) (บริษัท AJAX Chemicals)

2.3.3 Potassium iodine (KI) บริษัท (J.T. Baker)

2.3.4 Ortho-Phosphoric acid 85% (บริษัท Merck Ltd.)

2.4 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองแบ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างแป้งเจลาติไนส์ การหาอุณหภูมิเจลาติไนส์ ปริมาณความชื้นที่เหลือหลังจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และการหาอัตราการเจลาติไนส์ ดังนี้คือ

2.4.1 การเตรียมตัวอย่างแป้งเจลาติไนส์บางส่วน

ปรับปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังให้เป็น 13%, 15%, 20%, 25% และ27% โดยชั่งแป้งมา 150 กรัม โดยน้ำหนักเปียก ใส่ในโถผสมของเครื่องผสม Kitchen aid ฉีดพ่นน้ำ (spray) ลงบนแป้งตามปริมาตรที่แสดงในตารางที่ 3 (วิธีการคำนวนดูที่ภาคผนวก) พร้อมเปิดสวิทช์ ใช้หัวตีรูปตะขอความเร็วต่ำ รอให้แป้งและน้ำผสมกันดี ตักแป้งที่ปรับความชื้นแล้ว ใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้น้ำซึมเข้าสู่โมเลกุลของแป้งอย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปรับความชื้นแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง

ปริมาณความชื้นที่ต้องการ (%)	ปริมาณน้ำที่เติม (มล.) ต่อแป้ง 150 กรัม	
	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง
13	0.0	0.0
15	5	6.5
20	14.7	16.3
25	25.7	27.4
27	30.5	32.3

หมายเหตุ: ความชื้นเริ่มต้นของแป้งข้าวเหนียว = 11.37% ,แป้งมันสำปะหลัง = 12.19%

นำแป้งที่ผ่านการปรับปริมาณความชื้นแล้วมาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่ความถี่ 2450 MHz เป็นเวลา 3.5 5.0 8.5 และ10.0 นาทีตามลำดับ

2.4.2 การหาอุณหภูมิเจลาติไนส์

หลังจากแป้งผ่านการปรับความชื้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟแล้ว จึงวัดอุณหภูมิทันทีด้วย Thermocouple โดยวัดอุณหภูมิ 5 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC เลขที่14.004,1990)

การวิเคราะห์ความชื้นในอาหารกระทำได้หลายวิธี เช่น การอบไล่ความชื้นในตู้อบ การกลั่น การไตเตรชั่น วิธีอบไล่ความชื้นนับว่าง่ายในทางปฏิบัติ โดยคำนวนหาน้ำหนักของสารที่หายไปมิได้บ่งถึงปริมาณของความชื้นเท่านั้นที่ระเหยไป แต่องค์ประกอบที่ระเหยง่ายก็จะถูกขจัดออกไป พร้อมความชื้นด้วยเช่นกัน การระเหย free water จะเร็วขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น การนำแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นเพื่อต้องการทราบว่าหลังจากผ่านคลื่นไมโครเวฟแล้วแป้งจะมีปริมาณความชื้นเหลืออยู่เท่าไร

<u>การวิเคราะห์</u>

2.4.3.1 อบกระป๋องอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 130^0C เป็นเวลา 2 hr. ทิ้งให้เย็นใน เดซิเคเตอร์ ปิดฝาแล้วนำไปชั่ง

2.4.3.2 ชั่งน้ำหนักกระป๋องอลูมิเนียม และแป้งประมาณ 2-5 กรัม จดน้ำหนักที่แน่นอนทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.4.3.3 นำไปอบใน hot air oven โดยเปิดฝากระป๋องอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 130^0C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.4.3.4 ปิดฝาและทิ้งให้เย็นใน เดซิเคเตอร์ ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

2.4.3.5 คำนวนหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{นน.แป้งเริ่มต้น} - \text{นน.แป้งหลังอบ}}{\text{น้ำหนักแป้งเริ่มต้น}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การวิเคราะห์อัตราการเจลาติไนส์(H.S.GURAYA & R.T.TOLEDO,1993)

การวิเคราะห์อัตราการเจลาติไนส์สามารถทำได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง อะไมโลส และไอโอดีน (Amylose-iodine blue value) ซึ่งจะมีค่าสูงสุดที่ 600 nm. โดยเอาตัวอย่างมาละลายในด่างเจือจาง แล้วนำมาทำปฏิกริยากับสารละลายไอรอดีนเจือจางจนได้สีที่คงที่ แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อหาอัตราการเจลาติไนส์

<u>การวิเคราะห์</u>

2.4.4.1 การหากราฟมาตรฐานการเกิดเจลของสตาร์ช
(Standard curve of gelatinized starch)

2.4.4.1.1 การทำแป้งเจลาติไนส์ 100%

ก. ปรับความชื้นของแป้งให้มีความชื้น 80% เทลงบนถาดให้มีความหนาประมาณ 2 mm.

ข. นำไปทำให้แกิดเจลโดยอบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 20 นาที

ค. อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 55^{0}C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรืออบจนแห้ง

ง. บดและร่อนให้มีขนาด 0.5 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1.2 การวัดค่าการดูดกลืนแสง

ก. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.01-0.2 กรัม (แป้งเจลาติไนส์ 100%,น้ำหนักแห้ง)

ข. เติมสารละลาย โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.2 N จำนวน 15 ml.เขย่าทันที เป็นเวลา 15 นาที

ค. ปรับ pH ด้วยกรดฟอสฟอริค (phosphoric acid) ให้ได้ pH 5.5

ง. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml.ด้วยน้ำกลั่น

จ. ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.1 ml.

ฉ. ปรับปริมาตรให้ได้ 5 ml.ด้วยน้ำกลั่น

ช. หยดสารละลายไอโอดีน 0.1 N 0.05 ml. (AOAC,1982)

ซ. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 nm. ภายใน 15 นาที

ฌ. ทำแบลงค์โดยไม่ใส่สารละลายตัวอย่าง

ญ. พลอตกราฟระหว่าง นน.แป้งเจลาติไนส์ 100% กับ ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 600 nm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.2 การวิเคราะห์หาอัตราการเกิดเจลของสตาร์ช

(Determining Gelatinized starch)

2.4.4.2.1 วัดค่าการดูดกลืนแสงของแป้ง ที่ผ่านการปรับความชื้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟแล้ว โดยชั่งแป้งครั้งละ 0.2 กรัม (น้ำหนักแห้ง)

2.4.4.2.2 ใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้นำไปหาปริมาณแป้งที่เจลาติไนส์จากกราฟ

2.4.4.2.3 คำนวนหาอัตราการเจลาติไนส์ (Degree of gelatinization,DG)

$$DG = \frac{\text{นน.แป้งส่วนที่เจลาติไนส์}}{\text{นน.แป้งเริ่มต้น(dry basis)}} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของไมโครเวฟต่ออัตราการเจลาติไนส์ ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง พบว่า

4.1 อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ที่เวลาและความชื้นต่าง ๆ ภายหลัง การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ตารางที่ 7 ค่าอุณหภูมิของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังที่ความชื้นต่าง ๆ ซึ่งวัดภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ชนิดของแป้ง	ระยะเวลาให้ความร้อน (นาที)	อุณหภูมิ (^{0}C)				
		13%	15%	20%	25%	27%
แป้งข้าวเหนียว	3.5	75	78	80	84	88
	5.0	82	85	89	92	94
	8.5	108	110	116	127	146
	10.0	146	157	146	143	158
แป้งมันสำปะหลัง	3.5	76	78	90	97	104
	5.0	83	87	109	119	128
	8.5	98	109	114	121	125
	10.0	101	114	119	144	146

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่ได้จากการทดลองเฉลี่ย 3 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง หลังจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่เวลา และความชื้นต่าง ๆ กัน อยู่ในช่วง 75-158 ^{0}C และ 76- 146 ^{0}C ตามลำดับ

4.2 ปริมาณความชื้นที่เหลือของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ตารางที่ 8 ปริมาณความชื้นของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ชนิดของแป้ง	ระยะเวลาให้ความร้อน (นาที)	เปอร์เซนต์ความชื้น(%) 13%	15%	20%	25%	27%
แป้งข้าวเหนียว	0	11.37	14.93	20.08	24.37	25.80
	3.5	8.96	10.03	10.87	12.13	12.67
	5.0	7.12	8.73	8.5	9.27	10.0
	8.5	6.12	7.33	7.55	7.70	8.23
	10.0	5.63	5.98	6.87	6.91	6.93
แป้งมันสำปะหลัง	0	12.19	14.79	19.76	24.95	26.35
	3.5	8.52	10.0	12.55	13.70	14.17
	5.0	6.9	8.83	9.33	12.63	12.55
	8.5	6.03	7.67	7.81	9.56	9.77
	10.0	5.79	5.87	6.23	6.47	6.78

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่ได้จากการทดลองเฉลี่ย 3 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความชื้นที่คงเหลืออยู่ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง จากการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่เวลาและปริมาณความชื้นต่าง ๆ กัน อยู่ในช่วง 5.63-12.67% และ 5.79-14.17%ตามลำดับ

4.3 อัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ตารางที่ 9 แสดงอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ชนิดของแป้ง	เวลาในการให้ความร้อน (นาที)	อัตราการเจลาติไนส์ (%)				
		13%	15%	20%	25%	27%
แป้งข้าวเหนียว	3.5	16.98	19.93	20.28	24.14	10.03
	5.0	17.68	22.44	30.82	17.96	16.86
	8.5	51.37	58.94	63.11	10.80	26.46
	10.0	90.90	61.28	77.38	55.72	45.21
แป้งมันสำปะหลัง	3.5	12.58	15.00	15.73	20.31	20.94
	5.0	18.07	18.87	22.05	24.32	26.63
	8.5	31.83	73.56	37.24	21.70	36.52
	10.0	92.96	95.18	58.09	56.79	52.04

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากการทดลองเป็นค่าที่ได้จากการทดลองเฉลี่ย 3 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่เวลา และปริมาณความชื้นเริ่มต้น ต่าง ๆ กัน มีค่าอยู่ในช่วง 10.03-90.90% และ 12.58-95.18% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองการใช้แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ที่ผ่านการปรับความชื้นแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ความถี่ 2450 MHz ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 10 อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ ปริมาณความชื้นที่เหลือ และอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง เมื่อผ่านการปรับความชื้นและให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

ผลการทดลอง	ชนิดของแป้ง	
	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง
อุณหภูมิ (^{0}C)	75-158	74-146
ปริมาณความชื้นที่เหลือ (% MC)	5.63-12.67	5.79-14.17
อัตราการเจลาติไนส์ (% DG)	10.03-90.90	12.58-95.18

จากผลการทดลองนี้ สามารถนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient,r) ระหว่างเวลา และปริมาณความชื้นเริ่มต้น ที่มีผลต่อ ปริมาณความชื้นที่เหลือ อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ และอัตราการเจลาติไนส์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์(Correllation coefficient,r)

	แป้งข้าวเหนียว			แป้งมันสำปะหลัง		
	ปริมาณความชื้นที่เหลือ	อุณหภูมิ	อัตราการเจลาติไนส์	ปริมาณความชื้นที่เหลือ	อุณหภูมิ	อัตราการเจลาติไนส์
เวลา (X_1)	-0.7981	0.9877	0.8562	-0.8055	0.8690	0.8555
ปริมาณความชื้นเริ่มต้น(X_2)	0.3315	0.0677	-0.2340	0.4201	0.2975	-0.1457
$(X_1)^2$	-0.6719	0.9369	0.8638	-0.7063	0.7529	0.8761
$(X_2)^2$	0.3215	0.0646	-0.2673	0.4176	0.2952	-0.1437
(X_1X_2)	-0.6670	0.9123	0.6109	-0.6395	0.9129	0.6555

ขนาด sample size = 25

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นที่เหลือ(retention moisture content)ของแป้งข้าวเหนียวที่เจลาติไนส์บางส่วน ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จากเวลาในการให้ความร้อนคือ -0.7981 (high negative) เมื่อปริมาณความชื้นคงที่ และได้รับอิทธิพลเพียง 0.3315 ส่วน (low positive) จากปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ใช้เมื่อเวลาในการให้ความร้อนคงที่ โดยที่ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (interaction,X_1X_2) ทั้ง 2 นี้ มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือ -0.6670 (medium negative)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน พอจะสรุปได้ว่า

ปริมาณความชื้นที่เหลือ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จาก เวลาในการให้ความร้อน

อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จาก เวลาในการให้ความร้อน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

อัตราการเจลาติไนส์ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จาก เวลาในการให้ความร้อน

แป้งมันสำปะหลังที่เจลาติไนส์บางส่วน

ปริมาณความชื้นที่เหลือ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จาก เวลาในการให้ความร้อน

อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จาก เวลาในการให้ความร้อน และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

อัตราการเจลาติไนส์ ได้รับอิทธิพลส่วนใหญ่จากเวลาในการให้ความร้อน

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิของสหสัมพันธ์(correlation coefficient,r) ที่ได้เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลองมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ(X_1,X_2,X_1^2,X_2^2,X_1X_2) กับคุณสมบัติที่ทดลอง (Y) ในรูปของสมการ multiple regression แบบ second order ได้ดังนี้

<u>แป้งข้าวเหนียว</u>

ปริมาณความชื้นที่เหลือ (Retention moisture content,% MC)

$$Y = - 0.166198 - 1.251074(X_1) + 1.201533(X_2) + 0.168085(X_1)^2 - 0.016633(X_2)^2 - 0.083244(X_1X_2)$$

$(r^2 = 0.94 \text{ at } P \leq 0.05)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ (Temp,^{0}C)

$$Y = - 8.941885 + 13.393937(X_1) + 3.652162(X_2) + 0.159288(X_1)^2$$
$$-.0.079727(X_2)^2 + 0.014595(X_1X_2)$$

($r^2 = 0.98$ at $P \leq 0.05$)

อัตราการเจลาติไนส์ (Degree of Gelatinization,% DG)

$$Y = - 78.543029 + 8.17209(X_1) + 8.040466(X_2) + 0.389117(X_1)^2$$
$$- 0.188085(X_2)^2 - 0.299891(X_1X_2)$$

($r^2 = 0.85$ at $P \leq 0.05$)

<u>แป้งมันสำปะหลัง</u>

ปริมาณความชื้นที่เหลือ (retention moisture content,% MC)

$$Y = - 0.646337 - 0.796056(X_1) + 1.154189(X_2) + 0.121015(X_1)^2$$
$$- 0.00704(X_2)^2 - 0.083494(X_1X_2)$$

($r^2 = 0.96$ at $P \leq 0.05$)

อุณหภูมิในการเจลาติไนส์ (Temp,^{0}C)

$$Y = - 0.93488 + 15.46437(X_1) + 2.284036(X_2) - 0.996584(X_1)^2$$
$$- 0.031618(X_2)^2 + 0.184861(X_1X_2)$$

($r^2 = 0.92$ at $P \leq 0.05$)

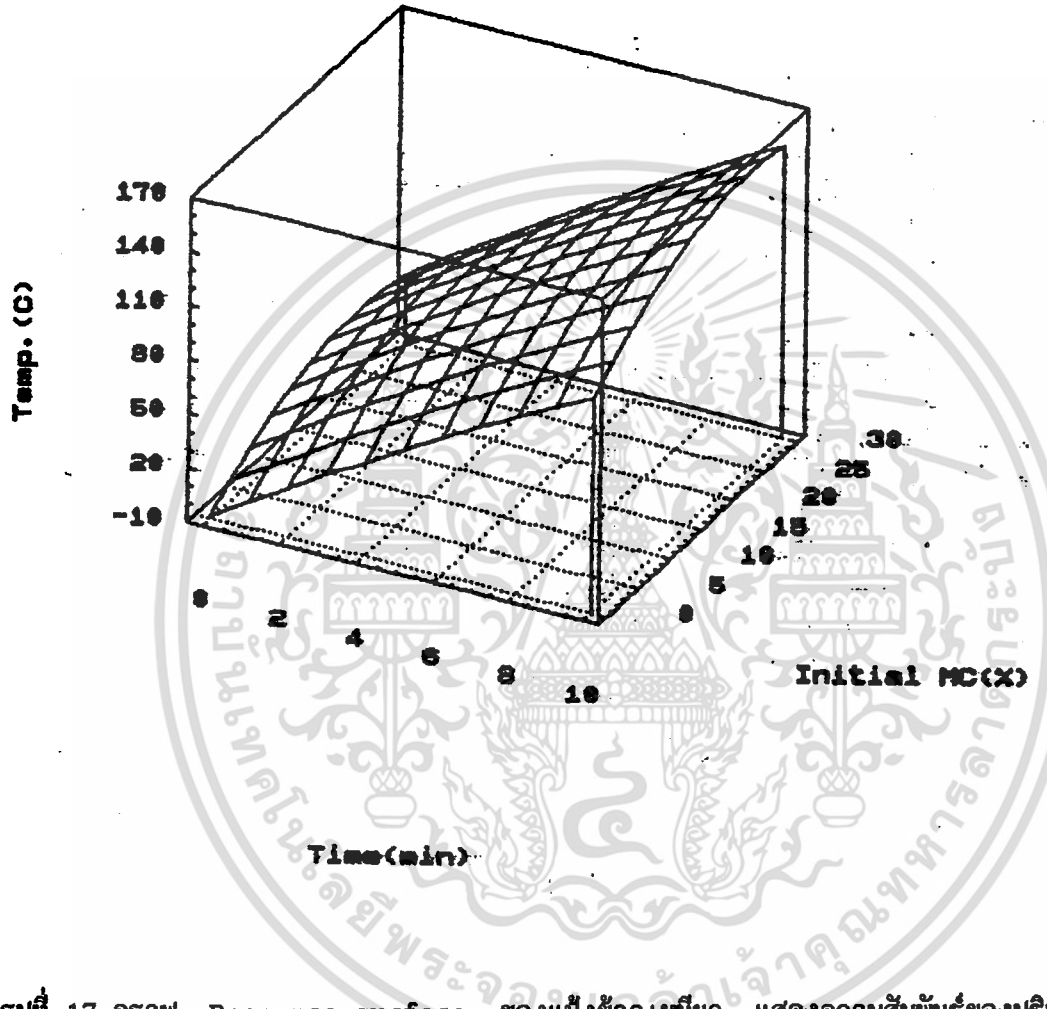
อัตราการเจลาติไนส์ (Degree of Gelatinization, % DG)

$$Y = - 9.664909 + 7.97769(X_1) + 0.011623(X_2) + 0.493122(X_1)^2$$
$$+ 0.026094(X_2)2 - 0.328732(X_1X_2)$$

($r^2 = 0.81$ at $P \leq 0.05$)

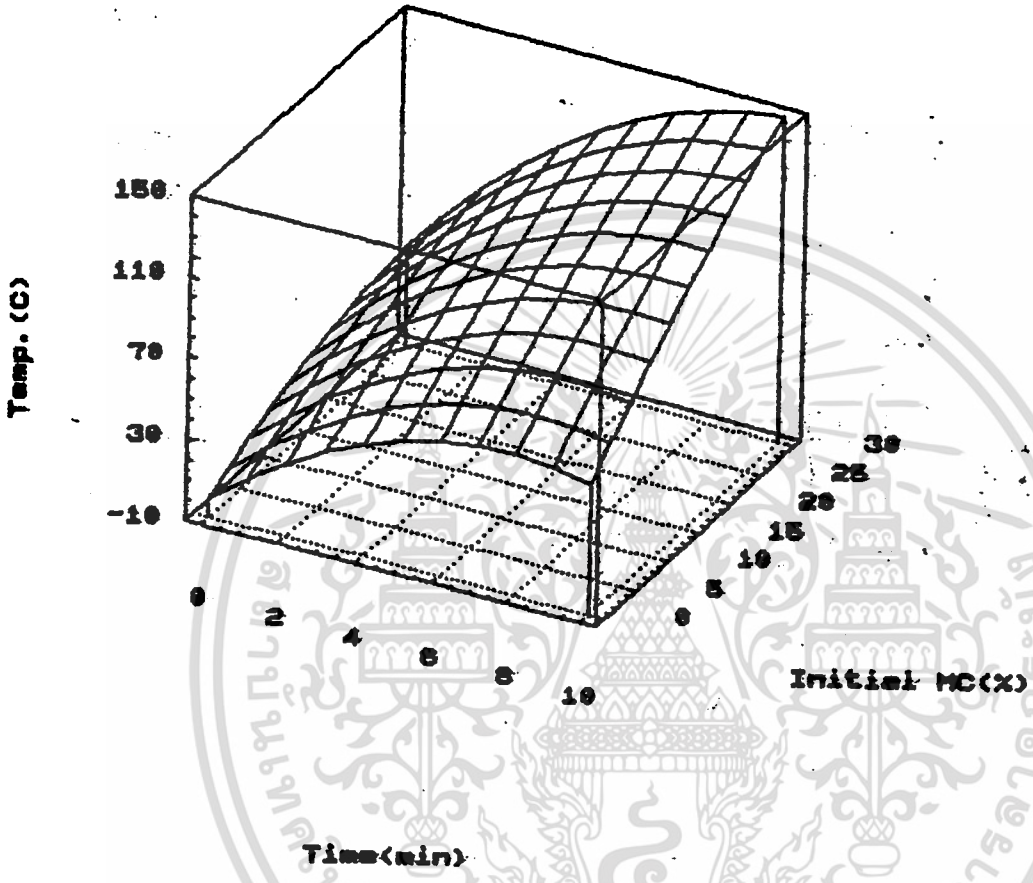
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ Multiple regression แบบ second order สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคือ เวลาและปริมาณความชื้นเริ่มต้น(Initial moisture content) ที่มีผลต่อ อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนส์ ปริมาณความชื้นที่เหลือ(Retention moisture content) และอัตราการเจลาติไนส์ได้ดังนี้



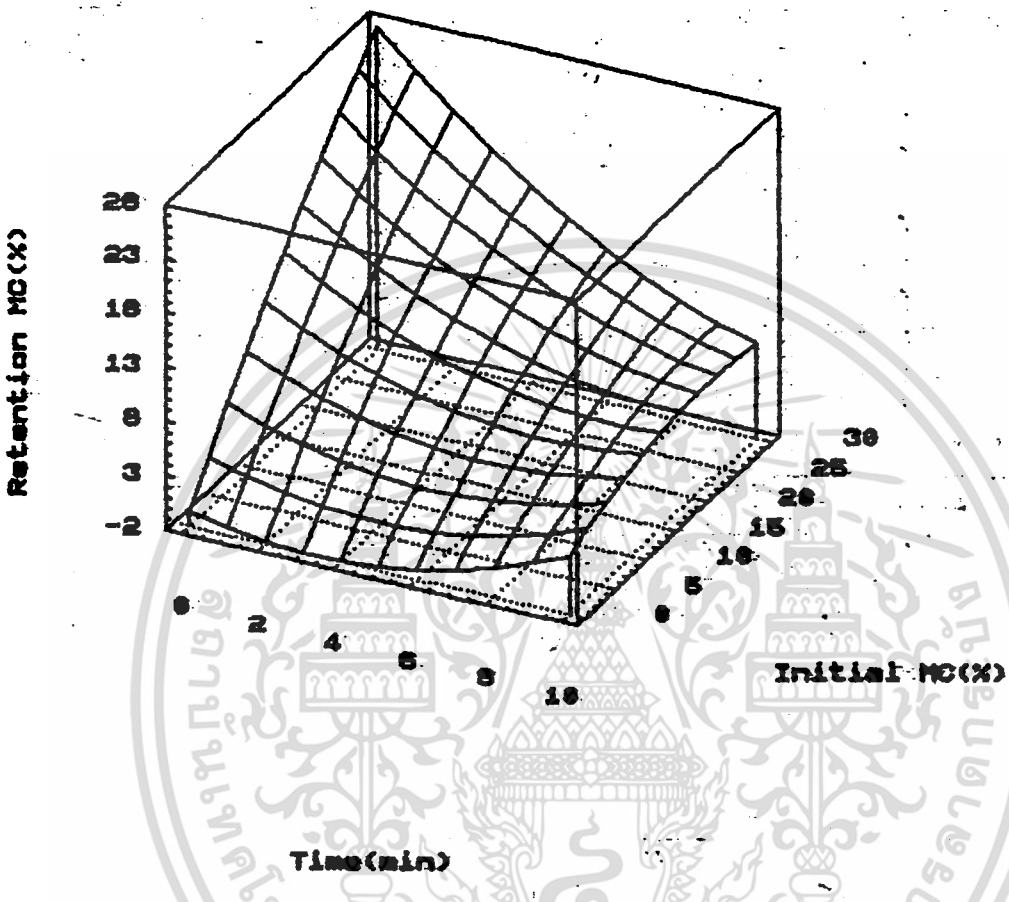
รูปที่ 17 กราฟ Response surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้นเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



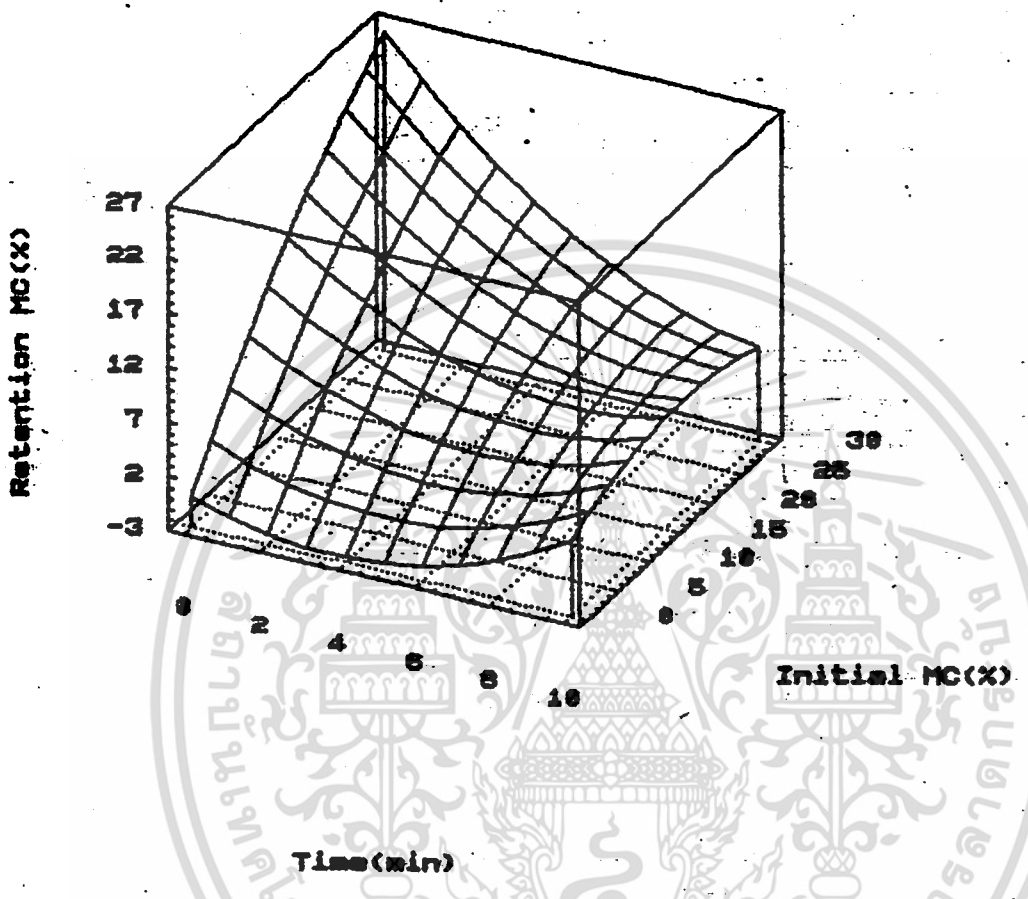
รูปที่ 18 กราฟ Response surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



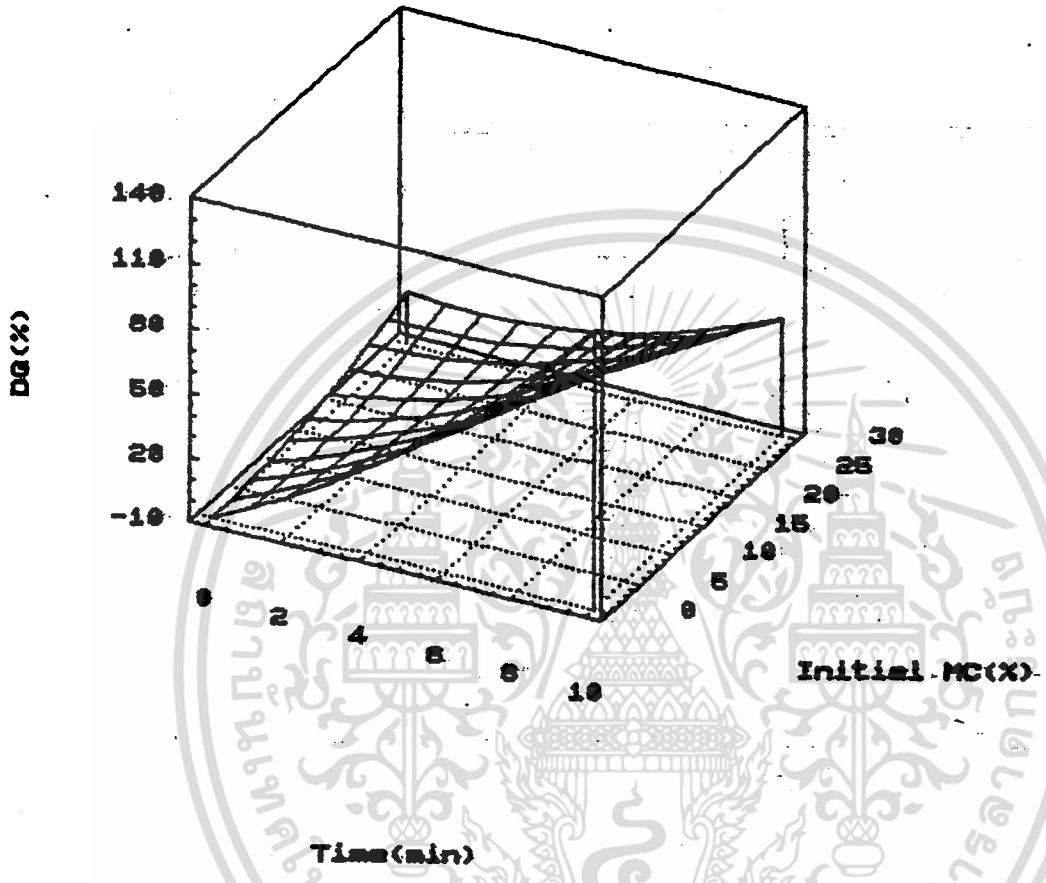
รูปที่ 19 กราฟ Response surface ของแป้งข้าวเหนียว แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออัตราการเจลาติไนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



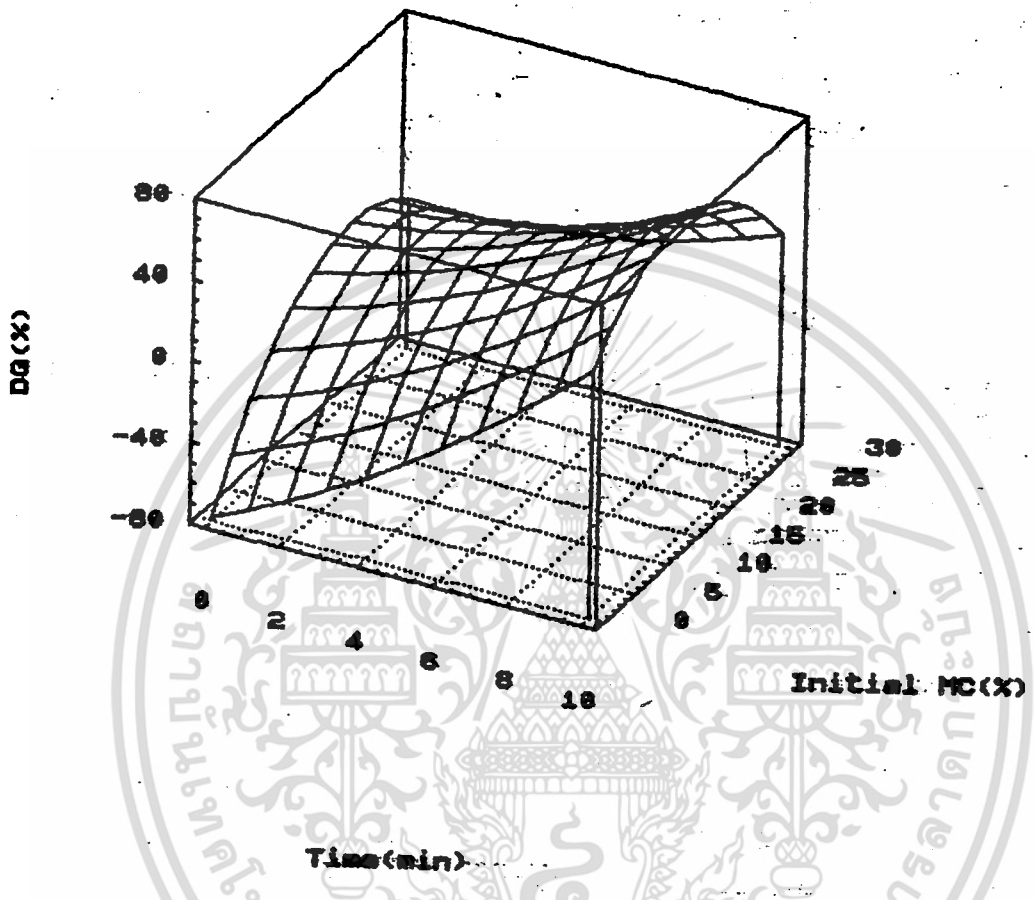
รูปที่ 20 กราฟ Response surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 21</u> กราฟ Response surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 กราฟ Response surface ของแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น และเวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่ออัตราการเจลาติไนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟ Response surface ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น เวลาในการให้ความร้อนที่มีผลต่ออุณหภูมิเจลาติไนส์ (รูปที่ 17 และ18) พบว่า กราฟทั้ง 2 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่า ชนิดของแป้งไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเจลาติไนส์ แต่จะขึ้นอยู่กับ เวลาในการให้ความร้อน และปริมาณความชื้นเริ่มต้น

จากกราฟ Response surface ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น เวลาในการให้ความร้อน ที่มีผลต่อปริมาณความชื้นที่เหลือภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (รูปที่ 19 และ 20) พบว่า กราฟทั้ง 2 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าชนิดของแป้งไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นที่เหลือ แต่จะขึ้นอยู่กับ เวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ และปริมาณความชื้นเริ่มต้น

จากกราฟ response surface ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นเริ่มต้น เวลาในการให้ความร้อนที่มีผลต่ออัตราการเกิดเจลาติไนส์ภายหลังการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ (รูปที่ 21 และ 22) พบว่ากราฟทั้ง 2 มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงสรุปได้ว่าแหล่งที่มาของแป้งที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการเกิดเจลาติไนส์

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. ในการหาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้ง ควรพิจารณาถึงเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสม เพราะถ้าเวลาในการให้ความร้อนนานเกินไป จะทำให้แป้งเกิดการไหม้ (Browning) ซึ่งจะไปมีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงได้ และถ้าปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงแต่เวลาในการให้ความร้อนสั้น อาจทำให้การเจลาติไนส์ไม่สมบูรณ์

2. ในการหาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้ง ควรจะวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อที่จะได้ผลที่น่าเชื่อถือขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัณฑิมาลย์ จินดาประเสริฐ, ปริญดา อาวเจนพงษ์ และสิริรุ่ง นภสินธุ์รัสภณ.2536.ผลของไมโครเวฟที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเหนียว และ แป้งมันสำปะหลัง. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี.หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์.2535.การแปรสภาพแป้ง.กรุงเทพมหานคร.:ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.53 หน้า

วรรณา ตั้งเจริญชัย.2534.เคมีอาหาร.กรุงเทพมหานคร.:ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัฒนี นิมิตชูชัย และวิภารัตน์ โชคยานุวัฒน์สิริ.2536.การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชซิเตรท.ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี.หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประชา บุญญสิริกุล และอรวินท์ โทรดี.2519.อาหาร.สมาคมเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

ปรารี วราสวัสดิ์.2534.เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ธัญพืช.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะธุรกิจเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่รัจ้.331 หน้า.

พัชรินทร์ โมทนียชาติ,พิชินี สุจริตพงศ์ และสิรินทร ปิ่นเวหา.2534.ความเป็นไปได้ในการผลิตสตาร์ชซิเตรทโดยใช้ไมโครเวฟ.ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี.หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สิรินทร์ วิโมกข์สันถว์,เจมส์ เอ รอลสัน,ยงยุทธ ยุทธวงศ์,สุวิทย์ เพียรกิจกรรม,สกล พันธ์ยิ้ม, และมนตรี จุฬาวัฒนทล.2521.ชีวเคมีฉบับปรับปรุงใหม่.ห้างหุ้นส่วนจำกัด.สำนักพิมพ์. สมพงษ์,กรุงเทพมหานคร:528 หน้า

สุรพล อุปดิสสกุล.2528.สถิติการวางแผนการทดลองเบื้องต้น.พิมพ์ครั้งที่ 3.ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.145 หน้า.

AOAC.1980.Official Method of Analysis,13 th ed.Assiciation of Official

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analytical Chemists,Washington,DC.

Birch,G.G.and Priestly,R.J.1973.Degree of Gelatinization of cooked rice.Die Staerke.25:98-100.

Charley,H.1982.Food Science.2nd ed.John Wiley & Sons Inc.,New York.

Copson,D.A.,1975.Microwave Heating.Connecticut;West Publishing Company.

Decareau,R.V,1985.Microwave in the Food Processing Industry.New York: Acadamic Press.

Elder,A.L.,and Schoch,T.J.1959.Measuring The Useful Properties of Starch.Cereal Science Today.4(7):202-208.

Giese,J.1992.Advance,in Microwave Food Processing.J. Food Tech.46(9): 118-123.

Gilbert,G.A. and Spragg,S.P.,Iodometric determination of amylose, Iodine sorption"blue value"in Methods in Carbohydrate Chemistry. whistler,R.J.,Smith,R.J.,Bemiller,J.N.,and Wolform,M.L.,Eds., Vol.4,Academic press,New York,1964.

Guraya,H.S. and Toledo,R.T.1993.Determining Gelatinized Starch in a Dry Starch Product.Journal of Food Science;58(4):P 888-889.

Hodge,J.E. and Osman,E.M..1976.Carbohydrates.In Food Chemistry,1st ed.(Fennema,O.R.ed).Marcel Dekker Inc.,New York.

IFT.1989.Microwave food processing.A Scientific Status Summary by thi IFT Expert Panel on food Safety and Nutrition.J.Food Tech. 43(1):117-126.

Lund,D.1984.Influence of time,temperature,moisture,ingredients,and processing conditions on starch gelatinization.CRC Crit.Rev. Food Sci. and Nutr. 20 : 249-273.

Mc Cresdy,R.M.,and Hassid,WZ.,The separation and quantitative estimation of amylose and amylopectin in potato starch,J.Am. Chem.Soc.,65,1154,1963.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Robert,R.L.,Potter,A.L.,Kester,E.B.,and Keneaster,K.K.,Effect of processing conditions on the expaned Volume,color,and soluble starch of parboiled rice.Cereal Chem.,31,121,1954.

Rutenberg,M.W. and Solarch,D.1984.Starch Dirivatives:Production and uses .In: Starch Production Technology,Whistler R.L.,J.N. Bemiller,and E.F.Paschall,

Wootton,M., Weedon D,and Munck,N.,Arapid method for the estimation of starch gelatinization in processed foods.Food Technol. Austr. ,23,612.1971

Zobel,H.F.1988.Molecules to Granules:A Comprehensive Starch Review. Starch/starke.40(2):44-50.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวน

การคำนวนปริมาณน้ำที่ใช้ในการปรับความชื้นแป้ง

คิดเทียบจากปริมาณของแข็ง (total solid) ในแป้งปรกติ (control)

ตัวอย่าง ต้องการปรับแป้งมันที่ความชื้นเริ่มต้น 13% ให้มีความชื้น 15% จำนวน 150 กรัม คำนวนหาประมาณน้ำที่จะใช้ในการปรับความชื้นได้ดังนี้

ปริมาณของแข็งที่ใช้ในแป้งมันสำปะหลังเริ่มต้น = 100-12.19 = 87.81 %

ปริมาณของแข็งที่ใช้ในแป้งมันสำปะหลังความชื้น= 100-15 = 85 %

ปริมาณของแข็ง 87.81 กรัม จากแป้ง (นน.เปียก) 100 กรัม

"_____" 85 กรัม "_____" $\frac{100 \times 85}{87.81}$ =96.79 "

แป้งน้ำหนักเปียก 100 กรัม มีน้ำอยู่ในแป้ง 12.19 กรัม

"_____" 96.79 " "_____" $\frac{12.19 \times 96.79}{100}$ = 11.79 "

แป้งน้ำหนักเปียก 96.79 กรัม ต้องเติมน้ำ 155-11.79 = 3.21 มิลลิลิตร

"_____" 150 กรัม "_____" $\frac{3.21 \times 150}{96.79}$ = 4.97 "

ดังนั้นแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ต้องเติมน้ำ 4.97 มิลลิลิตร จึงทำให้มีความชื้น 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเจลาติไนส์

อัตราการเจลาติไนส์ของแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ สามารถคำนวนได้จากสมการรีเกรสชั่นของกราฟมาตรฐาน

ตัวอย่าง ต้องการหาอัตราการเจลาติไนส์ของแป้งมันสำปะหลัง ที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 13% และผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 3.5 นาที รดยาใช้แป้ง 0.1914 กรัม (น้ำหนักแห้ง)และวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.0115 สามารถคำนวนได้ดังนี้คือ

จากกราฟมาตรฐานของแป้งมันสำปะหลังที่เจลาติไนส์ 100% ได้สมการรีเกรสชั่นแบบเส้นตรง (linear regression equation) ดังนี้

$$Y = 0.008376X_1 - 0.00867$$

Y คือค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 600 nm

X_1 คือน้ำหนักของแป้งส่วนที่เจลาติไนส์(X 1/100 กรัม

ดังนั้น นน.ของแป้งที่เจลาติไนส์ = 2.4080 กรัม

แป้งตัวอย่าง 0.1914 กรัม เจลาติไนส์ไป 0.024080 กรัม

"_____" 100 " "_____" = $\frac{0.024080X100}{0.1914}$ กรัม

=12.58

ดังนั้นแป้งมันสำปะหลังที่มีความชื้นเริ่มต้น 13% และผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นเวลา 3.5 นาที มีอัตราการเจลาติไนส์ 12.58 %

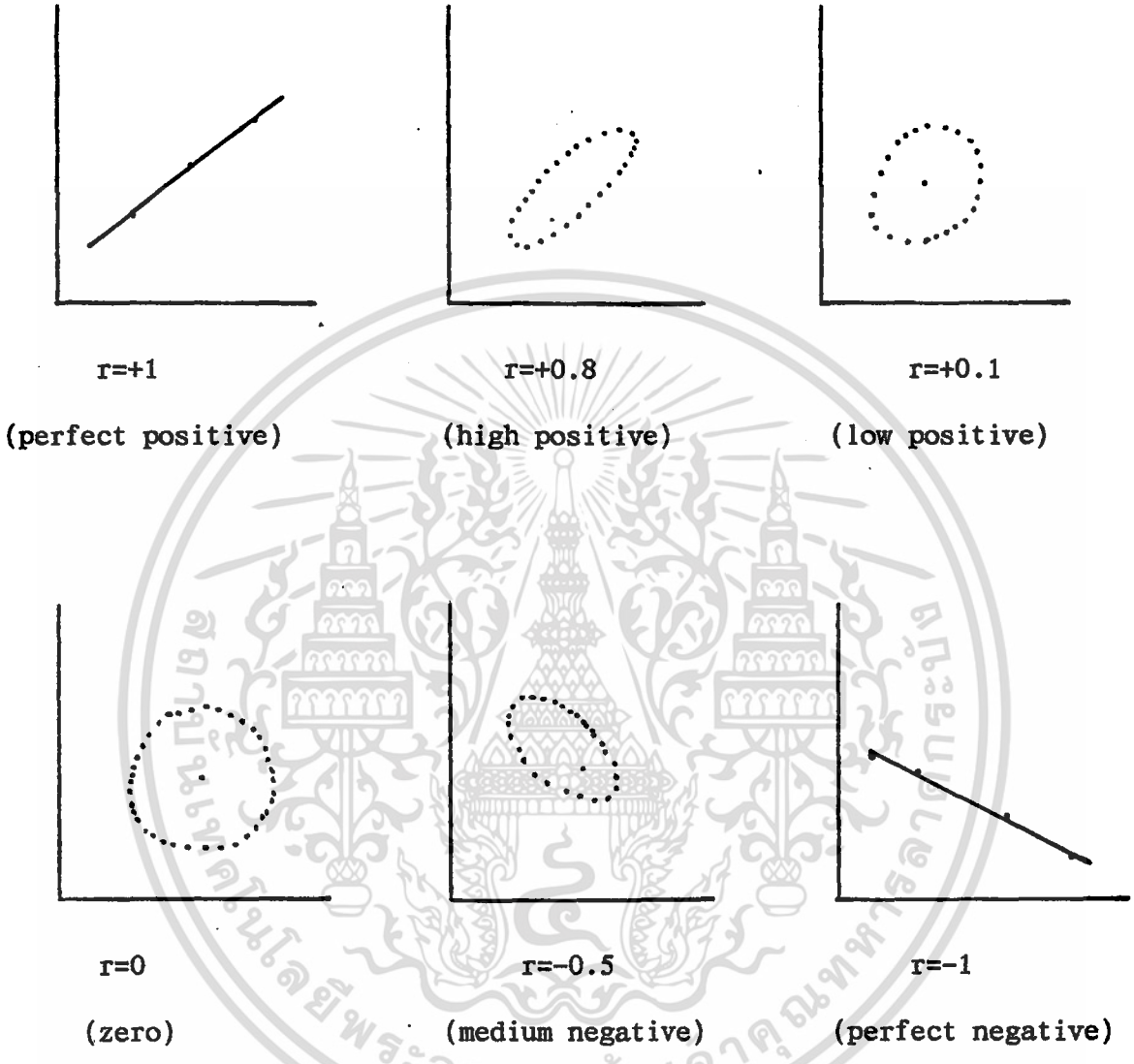
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวนค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์(Correlation coefficient,r)และสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ยกกำลัง (Coefficient of determination,r^2)

สูตรที่ใช้ในการคำนวน

$$r = \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n}}{\sqrt{\left(X^2 - \frac{(X)^2}{n}\right)\left(Y^2 - \frac{(Y)^2}{n}\right)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 สหสัมพันธ์แบบต่าง ๆ

ที่มา : สุรพล,2528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

กราฟมาตรฐาน

ตารางที่ 11 น้ำหนักของแป้งข้าวเหนียวผ่านการเจลาติไนซ์ 100% กับค่าการดูดกลืนแสงวัดที่ความยาวคลื่น 600 nm.

น้ำหนัก (กรัม,โดยน้ำหนักแห้ง)	ค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
0.0098	0.005	0.005	0.005
0.0182	0.005	0.006	0.0055
0.0269	0.012	0.012	0.012
0.0358	0.01	0.025	0.0175
0.0450	0.018	0.035	0.0265
0.0632	0.035	0.045	0.04
0.0717	0.05	0.05	0.05
0.0809	0.044	0.06	0.052
0.0908	0.065	0.05	0.0575
0.1075	0.06	0.07	0.065
0.1166	0.05	0.06	0.055
0.1254	0.072	0.06	0.066
0.1349	0.082	0.089	0.0855
0.1432	0.149	0.05	0.0995
0.1519	0.07	0.08	0.075
0.1612	0.07	0.07	0.07
0.1697	0.07	0.09	0.08
0.1794	0.09	0.09	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาสมการรีเกรสชั่นได้ดังนี้ คือ

$$y = 0.005089x + 0.003727$$

โดยที่ y คือค่าการดูดกลืนแสงของแป้งข้าวเหนียววัดที่ความยาวคลื่น 600 nm.

x คือน้ำหนักของแป้งข้าวเหนียวที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 100 % (กรัม,โดยน้ำหนักแห้ง)

สมการนี้มีค่า r^2 เท่ากับ 0.897233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 น้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 100 % และค่าการดูดกลืนแสงวัดที่ความยาวคลื่น 600 nm.

น้ำหนัก (กรัม,โดยน้ำหนักแห้ง)	ค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
0.0088	0.006	0.006	0.006
0.0212	0.006	0.014	0.01
0.0265	0.009	0.022	0.015
0.0353	0.016	0.016	0.016
0.0446	0.026	0.036	0.031
0.0545	0.05	0.037	0.0435
0.0618	0.038	0.05	0.044
0.0715	0.046	0.053	0.0495
0.0805	0.051	0.044	0.0475
0.0898	0.06	0.047	0.0535
0.0974	0.08	0.064	0.072
0.1059	0.105	0.009	0.0975
0.1153	0.009	0.095	0.0925
0.1236	0.11	0.083	0.0965
0.1338	0.107	0.103	0.105
0.1412	0.099	0.087	0.093
0.1506	0.097	0.097	0.097
0.1600	0.12	0.11	0.115
0.1679	0.135	0.115	0.125
0.1759	0.175	0.185	0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาสมการรีเกรสชั่น ได้ดังนี้คือ

$$y_1 = 0.008376x_1 - 0.00867$$

โดยที่ค่า y คือ ค่าการดูดกลืนแสงวัดที่ความยาวคลื่น 600 nm.

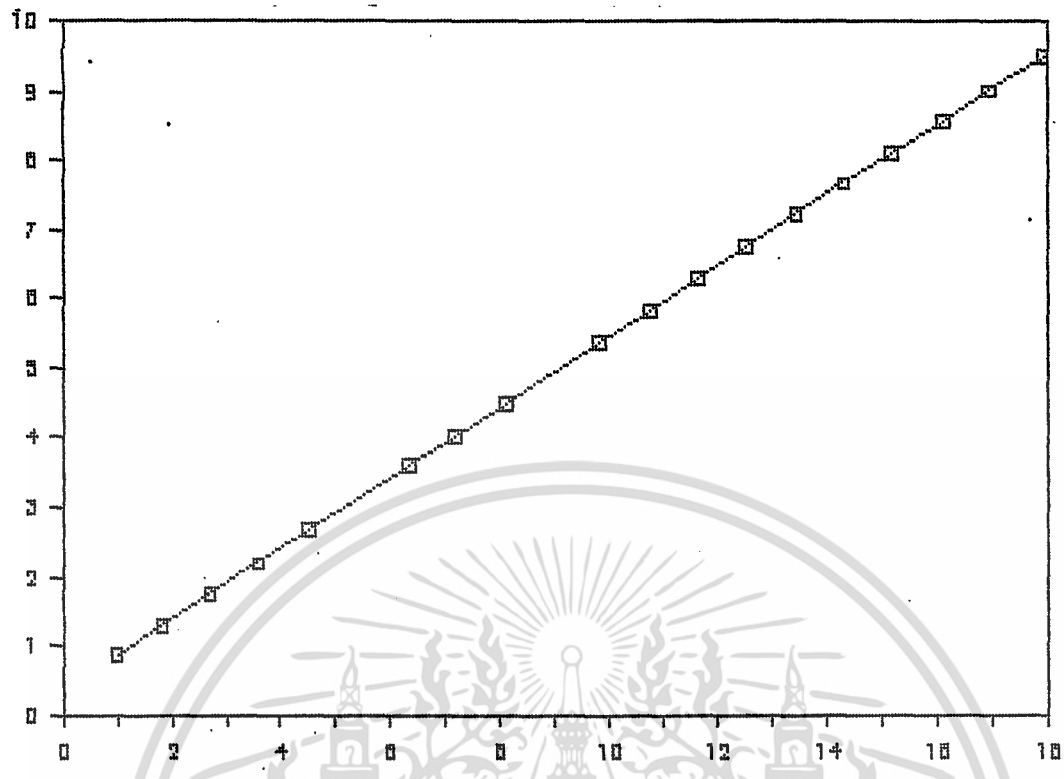
x คือ น้ำหนักของแป้งมันสัมปะหลังที่ผ่านการเจลาติไนซ์ 100 %

(กรัม,โดยน้ำหนักแห้ง)

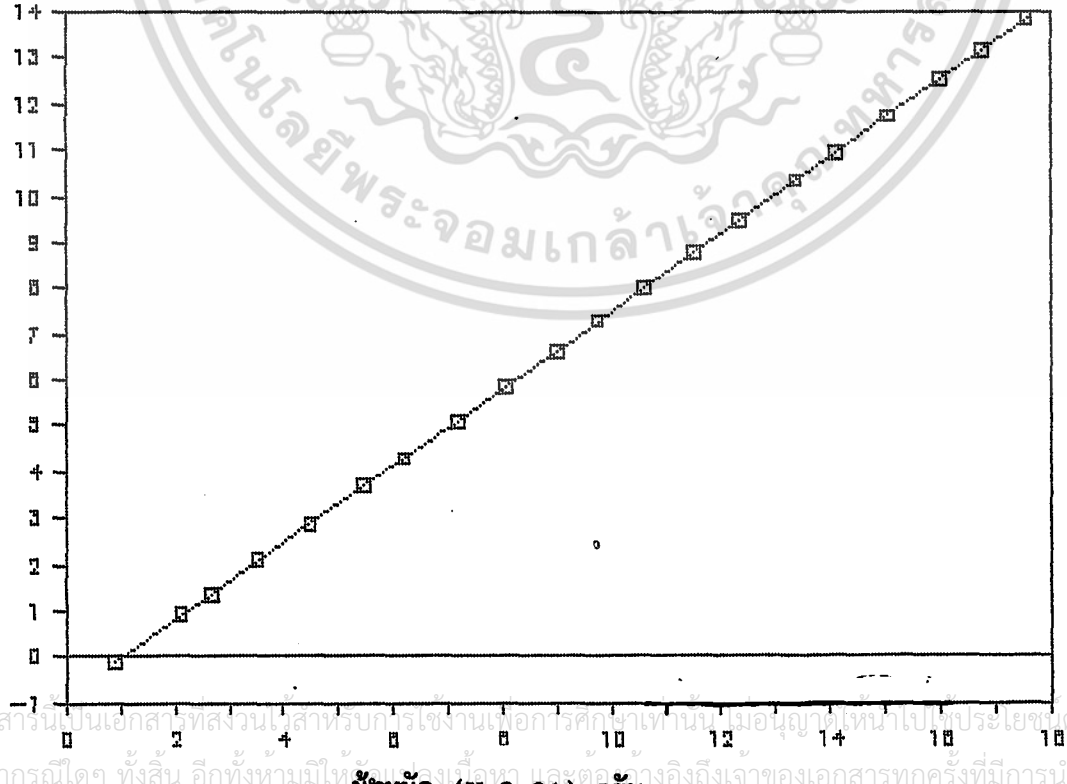
สมการนี้มีค่า $r^2 = 0.915624$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 24 กราฟมาตรฐาน



กราฟมาตรฐานของแป้งข้าวเหนียวเจลาติไนส์ 100 เปอร์เซนต์



กราฟมาตรฐานของแป้งมันสำปะหลังเจลาติไนส์ 100 เปอร์เซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุปราณี เติมเตชาติพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2515 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน จอมสุรางค์อุปถัมภ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปี พศ.2533

นางสาวณัฐสิณี เลาหรุ่งพิสิฐ เกิดเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2515 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พศ. 2538 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน ชางตาครูสคอนแวนท์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พศ.2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้