# การผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตท

# PRODUCTION OF RICE PEARL FROM SPHERIFICATION TECHNIQUE BY CALCIUM LACTATE


**แก่นนคร อาษานอก**

**ปรีดิณัฐ จำปาเงิน**

**ศศิพิมพ์ สิทธิธรรม**


**ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต**


**สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม**

**คณะอุตสาหกรรมเกษตร**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**


**พ.ศ. 2563**


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ใบรับรองปัญหาพิเศษ**

**การผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตท**

PRODUCTION OF RICE PEARL FROM SPHERIFICATION TECHNIQUE BY CALCIUM LACTATE

จัดทำโดย
แก่นนคร อาษานอก รหัสนักศึกษา 59080061
ปรีดิณัฐ จำปาเงิน รหัสนักศึกษา 59080092
ศศิพิมพ์ สิทธิธรรม รหัสนักศึกษา 59080117

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

Yupam P ..... 26/ พ.ค./ 63

(ผศ.ดร.ยุพร พืชกสมุทร)
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อปัญหาพิเศษ | การผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตท |
| ชื่อนักศึกษา | แก่นนคร อาษานอก รหัสนักศึกษา 59080061 |
| | ปรีดิณัฐ จำปาเงิน รหัสนักศึกษา 59080092 |
| | ศศิพิมพ์ สิทธิธรรม รหัสนักศึกษา 59080117 |
| หลักสูตร | วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม |
| พ.ศ. | 2563 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร |

## บทคัดย่อ

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (spherification) เป็นการทำอาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) ที่อยู่ในกลุ่มเทคโนโลยีอาหารสมัยใหม่ (modern cuisine technology) โดยการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์โซเดียมอัลจิเนตทำปฏิกิริยากับแคลเซียม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตไรซ์เพิร์ลจากน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เตรียมจากข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกกับน้ำอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก ศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลของไรซ์เพิร์ล ทำการศึกษาผลของการแช่ในแคลเซียมแลคเตท ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 (w/v) ระยะเวลาในการแช่ 3 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 15 นาที โดยใช้สารละลายโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.75 ต่อปริมาณน้ำนมข้าว ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก ค่าทรงกลม สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส ผลการทดลองพบว่าไรซ์เพิร์ลที่ผ่านการแช่แคลเซียมแลคเตทนานขึ้นจะทำให้น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่เวลาการแช่เท่ากันการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท ทำให้ขนาดของไรซ์เพิร์ลลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scaling) เพื่อสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไรซ์เพิร์ลทั้งในด้านระยะเวลาการผลิตและต้นทุนที่เหมาะสม คือ การใช้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และเวลาการแช่ 90 นาที และทำการศึกษาผลของสารปรุงแต่งรสชาติอาหารเกลือและน้ำตาลที่มีผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล พบว่าการเติมเกลือและน้ำตาลจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของไรซ์เพิร์ล การเติมเกลือที่ความเข้มข้นต่ำส่งผลทำให้ค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลมีค่ามากขึ้น ในขณะที่การเติมน้ำตาลทำให้ค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ ผลการศึกษาการฆ่าเชื้อไรซ์เพิร์ลแบบสเตอร์ริไรส์พบว่าไรซ์เพิร์ลไม่สามารถทนแรงดันและความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ได้ ทำให้เม็ดไรซ์เพิร์ลมีรอยแตก

คำสำคัญ : การขึ้นรูปทรงกลม ไรซ์เพิร์ล การเกิดเจล แอลจิเนต อาหารโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| Special problem title | PRODUCTION OF RICE PEARL FROM SPHERIFICATION TECHNIQUE BY CALCIUM LACTATE |
| Student name | Kaennakorn Asanok Student ID 59080061 |
| | Preedinut Champargoen Student ID 59080092 |
| | Sasipim Sitthithum Student ID 59080117 |
| Program | Bachelor of Science in Industrial Fermentation Technology |
| Year | 2020 |
| Advisor | Asst. Prof. Dr. Yuporn Puechkamutr |


## ABSTRACT


Spherical forming techniques is a molecular gastronomy belonging to the modern cuisine technology, using the properties of hydrocolloid, sodium alginate to react with calcium. The objective of this study was to produce the rice pearl from the rice milk prepared from the rice (berry) cooked with water at a ratio of 1: 3 by weight. The effects of calcium lactate concentration (1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 (w / v)) and gelling time on the quality of rice pearl was studied. The samples were collected every 15 minutes during soaking in sodium alginate solution (1.75%) for 3 hours. The physical characteristics such as size, weight, sphere value, texture properties were examined. The results showed that rice pearls that had been soaked in calcium lactate for a long time would reduce the weight of rice pearls and significantly increased hardness ($p \leq 0.05$). While the infusion time was equal, increasing the concentration of calcium lactate resulting in reduced size of rice pearl and increased hardness. The sensory tests by preference ratings (7-point hedonic) for optimum conditions in production was evaluated. It was found that the optimum conditions for rice pearl production was the use of 2% calcium lactate and 90 minutes immersion time. The effect of salt and sugar that affect the quality of rice pearl was further studied. The addition of salt at low concentrations increased the hardness of the rice pearl. While the addition of sugar caused the hardness of rice pearl to decrease significantly ($p \leq 0.05$). In addition, the study on the effect of sterilization on the quality of rice pearl was done. It was found that the rice pearl could not withstand the pressure and heat causing rice pearl grain to have cracks.


Keywords: spherification, rice pearl, gelation, alginate, molecular gastronomy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องการผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตท (PRODUCTION OF RICE BALL FROM SPHERIFICATION TECHNIQUE BY CALCIUM LACTATE) มิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดบุคคลสำคัญ อันได้แก่ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยแนะนำให้แนวทางทั้งในแนวทฤษฎีและแนวทางในการปฏิบัติ สนับสนุน ตลอดการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้ง ดร.สุพีรยา อาษา ผู้เป็นกรรมการร่วมในการตัดสินและแนะนำจนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณครอบครัว รุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้องตลอดจนเจ้าหน้าที่ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาดำเนินงานอย่างท่วมท้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

แก่นนคร อาษานอก

ปรีดิณัฐ จำปาเงิน

ศศิพิมพ์ สิทธิธรรม

26 มีนาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญภาพ.....ซ
สารบัญรูปภาพภาคผนวก.....ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่.....3
2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการ.....3
2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม.....4
2.2.1 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน (basic Spherification).....5
2.2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse Spherification).....5
2.3 แคลเซียม แลคเตด (Calciumlactate).....6
2.3.1 หน้าที่และความสำคัญของแคลเซียมแลคเตท.....6
2.3.2 การนำไปใช้ประโยชน์.....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 โซเดียมอัลจิเนต (Sodium Alginate).....7
2.4.1 หน้าที่และความสำคัญของโซเดียมอัลจิเนต.....7
2.4.2 การนำไปใช้ประโยชน์.....7
2.5 การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท.....8
2.5.1 การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ (pasteurization).....8
2.5.2 การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ (Sterilization).....8
2.6 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส.....9
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....12
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....12
3.1.1 วัตถุดิบ.....12
3.1.2 สารเคมี.....12
3.2 อุปกรณ์.....12
3.3 เครื่องมือการวิเคราะห์.....12
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....13
3.4.1 การเตรียมน้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่.....13
3.4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล โดยวิธี Basic Spherification.....13
3.4.3 การทดสอบทางความชอบของไรซ์เพิร์ลที่ใช้ความเข้มแข้นแคลเซียมแลคเตทต่างกัน.....14
3.4.4 การศึกษาผลของการเติมสารปรุงรสที่ส่งผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล.....14
3.4.5 การศึกษาผลการสเตอร์รีไรส์ต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล.....14
3.4.6 การวางแผนการทดลอง.....15
บทที่ 4 ผลการทดลองและจารณ์.....16
4.1 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล.....16
4.1.1 น้ำหนัก.....16
4.1.2 ขนาด.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.3 เนื้อสัมผัส....20
4.2 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตท และเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล.... 22
4.3 ผลของวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล....23
4.4 ผลการทดสอบของการเติมสารปรุงรสที่ส่งผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล....24
4.4.1 การเติมเกลือ.... 24
4.4.2 การเติมน้ำตาล....25
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....27
5.1 สรุป....27
5.2 ข้อเสนอแนะ....27
ภาคผนวก....28
ก การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์....29
1.การเตรียมน้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่....29
2. การขึ้นรูปทรงกลม....31
ข การวิเคราะห์ทางกายภาพ....32
1.การวัดเนื้อสัมผัส....32
ค แบบประเมินทางประสาทสัมผัส....33
ง การเตรียมตัวน้ำซุป....34
บรรณานุกรม....35
ประวัติผู้เขียน....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 คุณค่าทางโภชนาการในเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่....4

4.1 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อน้ำหนักของไรซ์เพิร์ล....17

4.2 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อขนาด (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย)ของไรซ์เพิร์ล....18

4.3 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าทรงกลมของไรซ์เพิร์ล....19

4.4 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ล....20

4.5 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าความยืดหยุ่น....21

4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน....22

4.7 ลักษณะทางกายภาพของไรซ์เพิร์ลจากการเติมเกลือที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน....25

4.8 ลักษณะทางกายภาพของไรซ์เพิร์ลจากการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ


รูปที่ หน้า

2.1 การเกิดเจลของเม็ดบีดส์โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน(basic Spherification).....5
2.2 การเกิดเจลของเม็ดบีดส์โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ(Reverse Spherification).....5
2.3 โครงสร้างทางเคมีของแคลเซียมแลคเตด.....6
2.4 Egg-Box model.....7
3.1 ลักษณะการวัดขนาดของไรซ์เพิร์ล.....13
4.1 แสดงลักษณะปรากฏของไรซ์เพิร์ลที่เตรียมได้.....16
4.2 การวัดขนาดไรซ์เพิร์ลจากการเตรียมแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 1.0 เวลา 15 นาที.....19
4.3 ภาพประกอบการทดสอบทางประสาทสัมผัส.....23
4.4 ผลของการฆ่าเชื้อไรซ์เพิร์ลด้วยความร้อน.....24


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพภาคผนวก

รูปที่ หน้า

ก.1 ขั้นตอนการหุงข้าว....29
ก.2 การปั่นข้าว....29
ก.3 น้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่....30
ก.4 การขึ้นรูปทรงกลม....31
ก.5 ไรซ์เพิร์ล....31
ข.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analysis....32
ค.1 แบบประเมินทางประสาทสัมผัส....33
ง.1 น้ำซุปไก่....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (Oryza sativa) เป็นธัญพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก ซึ่งประชากรนิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะทวีปเอเชีย (Bhattacharjee et al., 2002) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry rice) เป็นพันธุ์ข้าวสีที่ได้รับความนิยมในประเทศไทย ซึ่งได้จากการผสมระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีลักษณะเด่นเป็น สีม่วงเข้ม ผิวมันเมล็ดเรียวยาวคล้ายกับข้าวเจ้า มีคุณค่าทางอาหารอยู่ครบถ้วน เพราะผ่านการขัดสีแค่บางส่วน รวมทั้งในเนื้อข้าวมีสารโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต เส้นในอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และแอนโธไซยานิน (anthocyanin) โดยเฉพาะในกลุ่มของ cyaniding-3-glucoside และpeonidin-3-glucoside (Waiyawuthanaporn et al., 2015; Shao et al., 2014; Pitija et al., 2013) ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Ichikawa et al., 2011) มีประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 229-304.7 μmole/g. (ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และสรรพคุณเพื่อสุขภาพ, 2560) สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Leardkamolkarn, 2011) ป้องกันโรคเบาหวาน โรคหัวใจ ลดคลอเรสเตอรอล (นิดดา, 2552) ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดระดับไขมันในเลือดและต่อต้านการอักเสบ (Prangthip et al., 2013)

ในปัจจุบันผู้บริโภคบางส่วนมีค่านิยมการบริโภคอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป มีการบริโภคอาหารประเภทใหม่ๆมากยิ่งขึ้นจากแนวคิดดังกล่าว จึงได้มีการคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งเป็นการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาทำเป็นน้ำนมข้าว และขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เป็นเทคนิคที่มีการปรับเปลี่ยนอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวให้มีลักษณะเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็งในรูปแบบเป็นเม็ดเจลทรงกลมโดยอาศัยกระบวนการเกิดเจลที่อุณหภูมิห้องของสารไฮโดรคอลลอยด์อัลจิเนต ในสภาพที่มีเกลือแคลเซียมที่อุณหภูมิห้อง เจลที่ได้จึงมีความกรอบและแน่น เจลที่ได้จะสมบูรณ์มากขึ้นเมื่อแช่ในน้ำ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิเย็น (Herrera และคณะ, 2012) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายไข่มุก มีโครงสร้างเป็นเจล จึงใช้ชื่อว่า “ไรซ์เพิร์ล” การผลิตไรซ์เพิร์ลที่อุดมไปด้วยสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะแปลกใหม่ นำไปประยุกต์ใช้กับการตกแต่งจานอาหารหรือรับประทานเป็นอาหารหลักได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลของไรซ์เพิร์ล

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสารปรุงแต่งรสชาติอาหารเกลือและน้ำตาลที่มีผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่มีผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ทราบถึงผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลของไรซ์เพิร์ล

1.3.2 ทราบถึงผลของสารปรุงแต่งรสชาติอาหาร เกลือและน้ำตาลที่มีผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

1.3.3 ทราบถึงผลของการทดสอบความชอบต่อไรซ์เพิร์ล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอรี่ (ภาษาอังกฤษ: Rice Berry) เป็นผลงานการปรับปรุงสายพันธุ์ของ รศ.ดร.อภิชาติ และทีมนักวิจัยจาก ศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และความร่วมมือจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยเป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่าง ข้าวเจ้าหอมนิล ซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อ + ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่ ทำให้ได้ลักษณะที่ดีและคุณประโยชน์เด่นๆข้าวไรซ์เบอรี่มีลักษณะเรียวยาว ผิวมันวาว เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้มคล้ายกับลูกเบอร์รี่ที่มีสีม่วงเข้มเมื่อสุก หากเป็นข้าวกล้องจะมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว อีกทั้งยังมีรสชาติหอมมัน เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม เนื่องจากผ่านการขัดสีเพียงแค่บางส่วนเท่านั้น จึงยังทำให้คงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้อย่างครบถ้วน ข้าวสายพันธุ์พิเศษสีม่วงนี้สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีอายุเก็บเกี่ยว 130 วัน ให้ผลผลิตปานกลาง มีความสามารถต้านทานต่อโรคไหม้ แต่ไม่ต้านทานโรคหลาว จึงแนะนำให้เปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบของการปลูก (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยน์ยีนข้าว, ไม่ปรากฏปี)

ในปัจจุบันข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคและมีการบริโภคข้าวไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นเนื่องจากมีกลิ่นหอม มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป อีกทั้งยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีการบริโภคมากขึ้น รวมถึงการได้รับการผสมพันธุ์จากพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ ทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทนต่อโรคไหม้และสามารถปลูกได้ตลอดปี จึงทำให้เกษตรกรมาปลูกข้าวชนิดนี้มากขึ้น จึงทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีราคาถูกลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554)

### 2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กและสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีใยอาหารที่อยู่ในรำข้าวสูง จึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นช้ากว่าการบริโภคข้าวกล้องและข้าวขาวทั่วไปจึงเหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน มีสรรพคุณช่วยลดระดับไขมันและคลอเลสเตอรอล (Prangthip et al., 2013) ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ข้าวไรซ์เบอร์รี่จึงจัดเป็นอาหารทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพที่ดีในระยะยาวสำหรับผู้ป่วยเบาหวานและผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก (ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยน์ยีนข้าว, ไม่ปรากฏปี) อีกทั้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังอุดมไปด้วยแอนโธไซยานินโดยเฉพาะในกลุ่มของ cyaniding-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside (Waiyawuthanaporn et al., 2015; Shao et al., 2014; Pitija et al., 2013) ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Ichikawa et al., 2011) มีประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 229-304.7 μmole/g. (ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และสรรพคุณเพื่อสุขภาพ, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณประโยชน์ที่กล่าวมา จึงสรุปได้ว่า ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่เหมาะสมกับคนทุกเพศทุกวัยโดยเฉพาะในวัยสูงอายุเนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารอาหารที่ช่วยบำรุงร่างกาย ชะลอความแก่ บำรุงสายตาและระบบประสาท อีกทั้งยังช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลและควบคุมน้ำหนัก

**ตารางที่ 2.1** คุณค่าทางโภชนาการในเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่

| คุณค่าทางโภชนาการ | ข้าวไรซ์เบอร์รี่ |
|---|---|
| เหล็ก (mg/kg) | 13-18 |
| สังกะสี (mg/kg) | 31.9 |
| โอเมก้า 3 (mg/100g) | 25.51 |
| วิตามินอี (µg/100g) | 678 |
| โฟเลต (µg/100g) | 48.1 |
| เบตาแคโรทีน (µg/100g) | 63 |
| โพลีฟีนอล (mg/100g) | 113.5 |
| แทนนิน (mg/100g) | 89.33 |
| แกมมา-โอไรซานอล (mg/100g) | 462 |

**ที่มา: ดัดแปลงจาก (Sarayuth,2019)**

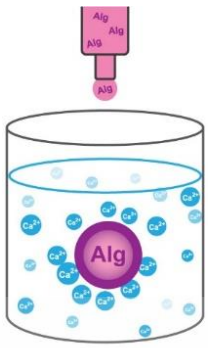
## 2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (นวัชวรรณ, 2562)

เป็นการทำอาหารแบบ molecular gastronomy ที่จัดอยู่ในกลุ่มเทคโนโลยีอาหารสมัยใหม่ ซึ่งอาศัยความแตกต่างระหว่างประจุของพอลิเมอร์ในการเคลือบสารโดยหยดโซเดียมแอลจิเนตลงและแคลเซียม เช่น แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตท เพื่อให้เกิดการห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวภายในและถูกนำพัฒนาอาหารเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีรสชาติที่ดี มีรูปลักษณะที่สวยงามและเพื่อช่วยรักษากลิ่นรสในอาหารที่ดียิ่งขึ้น แบ่งออกเป็น 2 วิธีได้แก่

2.2.1 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน (basic Spherification)

เป็นวิธีการขึ้นรูปทรงกลมโดยการผสมโซเดียมแอลจิเนตลงในอาหารเพื่อให้เกิดการละลายอย่างสมบูรณ์ แล้วหยดลงในภาชนะที่มีสารละลายแคลเซียมที่มีประจุบวก ($Ca^{2+}$) เพื่อให้เกิดเจล (ดังรูปที่ 2.2 ) ซึ่งมีข้อจำกัดเนื่องจากอัลจิเนตเป็นสารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ที่ไม่สามารถละลายได้ในอาหารที่มี pH ต่ำ และยังทำให้เกิดเจลตันเมื่อทิ้งไว้ที่ระยะเวลานานขึ้น

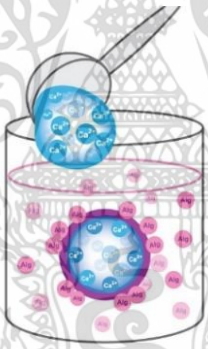
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.1 การเกิดเจลของเม็ดบีดส์โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน (basic Spherification)

2.2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse Spherification)

เป็นวิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับโดยการผสมแคลเซียมที่มีประจุบวก ($Ca^{2+}$) กับอาหาร และหยดลงในภาชนะที่มีสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มสารภายใน (ดังรูปที่ 2.3) ซึ่งอาจมีการนำเม็ดเจลมาแช่ในสารละลายแคลเซียมอีกครั้งเพื่อให้เกิดกระบวนการกักเก็บอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 2.2 การเกิดเจลของเม็ดบีดส์โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse Spherification)

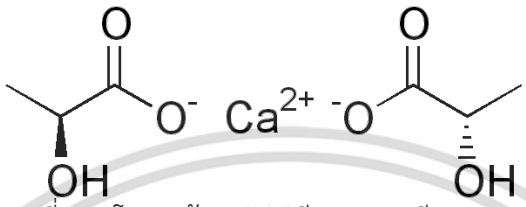
## 2.3 แคลเซียม แลคเตด (Calcium lactate)

2.3.1 หน้าที่และความสำคัญของแคลเซียมแลคเตท

แคลเซียม แลคเตทเป็นเกลือของกรดแลคติก (Lactic Acid) โดยได้จากการนำกรดแลคติก (Lactic Acid)มาทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate) นำผ่านมาการตกผลึกเพื่อให้แข็งจากนั้นบดเป็นผงจะมีลักษณะทางกายภาพเป็นผลึกเกลือ เป็นสารอาหารที่สามารถพบได้ในผลิตภัณฑ์พวกเนยแข็ง ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้แคลเซียมแลคเตทในการเป็นส่วนประกอบของอาหารที่ปราศจากน้ำตาล ในบางส่วนอาจนำแคลเซียมแลคเตทมาใช้เป็นส่วนประกอบของยาลดกรด จุดเด่นของแคลเซียมแลคเตทที่ทำให้มีมูลค่าเพิ่มและเป็นที่สนใจมากขึ้นคือ แคลเซียมแลคเตทเป็นสารที่สามารถเคลือบฟันเพื่อไม่ทำให้ฟันผุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบริโภคในกลุ่มของแคลเซียมแลคเตท (Calcium Carbonate) รับประทาน 2–3 ครั้งต่อวัน เพื่อให้ร่างกายได้รับแคลเซียมอย่างเพียงพอ เพื่อซ่อมแซมกระดูกและรักษาสมดุลของเกลือแคลเซียมในเลือด แคลเซียมส่วนเกินจะถูกขับออกมากับปัสสาวะ และบางส่วนอาจถูกขับออกมากับน้ำดีแคลเซียมแลคเตทยังมีองค์ประกอบทางเคมี




รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของแคลเซียม แลคเตด

ที่มา : เคมีภัณฑ์ ( 2010 )

2.3.2 การนำไปใช้ประโยชน์

แคลเซียม แลคเตท (Calcium lactate) เป็นสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้กระป๋อง หรือบรรจุขวด เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสเมื่อผ่านกระบวนการผลิต และใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อโดยใช้ร่วมกับโซเดียมอัลจิเนต ช่วยเพิ่มคุณสมบัติการเป็น binding และช่วยลดเปอร์เซ็นต์ cooking loss ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยไม่กระทบต่อความชุ่มน้ำ กลิ่นรส ของผลิตภัณฑ์เนื้อ และสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยใช้ทดแทนอัลบูมินในไข่ได้มากถึงร้อยละ 20 ในการเป็น foaming agent และผลิตภัณฑ์เนยแข็ง เพื่อเป็นแหล่งของแคลเซียม โดยไม่ทำให้กลิ่น สี และรสชาติของเนยแข็งเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

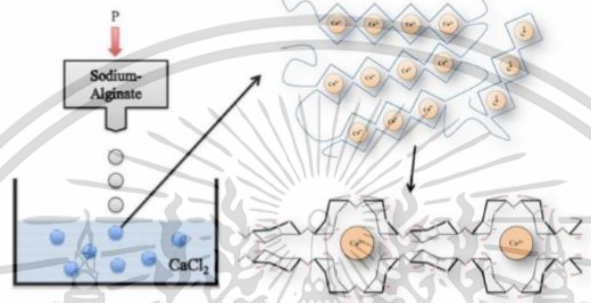
## 2.4 โซเดียมอัลจิเนต (Sodium Alginate)

2.4.1 หน้าที่และความสำคัญของโซเดียมอัลจิเนต

โซเดียม อัลจิเนต (Sodium Alginate) เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งกระจายตัวอยู่ที่ผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล(Brown algae) เช่น *Macrocystis pyrifera,Laminaria digitata , Laminaria hyperborea* โดยจับอยู่กับน้ำในรูปของกาวหนืด เมื่อผสมกับอาหารจึงมีลักษณะข้นและหนืดขึ้นเป็นรูปเจล หรือรูปร่างคงที่เมื่อเจอกับแคลเซียม แลคเตด (Calcium Lactate) ซึ่งเป็นเจลที่ทนต่อความร้อน จัดอยู่ในสารประเภทเดียวกับพวก ผงวุ้น เจลาติน คาร์ราจีแนน กัวกัม และแป้ง มีลักษณะเป็นผงสีขาว เป็นองค์ประกอบสำคัญของไบโอฟิล์มที่ผลิตโดยแบคทีเรีย Pseudomonas aeruginosa ซึ่งเป็นเชื้อโรคสำคัญในโรคปอดเรื้อรังซึ่งให้ความต้านทานสูงต่อยาปฏิชีวนะและการฆ่าโดยแมคโครฟาจ สีของมันมีตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีน้ำตาลอมเหลือง มันมีขายในรูปแบบเส้นใยเม็ดหรือผง องค์ประกอบทางเคมีของโซเดียมอัลจิเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลจิเนตสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะที่เป็นพอลิวาเลนท์ ไอออนชนิดประจุบวก (Cation) ทั่วไปนิยมใช้เป็นแคลเซียมในการทำให้อัลจิเนตเกิดเจลโดยแคลเซียม ซึ่งสามารถจับกับบล็อค G ได้ดีโดยเข้าไปแทนที่ $H_3O^+$ ของอัลจิเนตที่สร้างพันธะไอออนิกกับหมู่คาร์บอกซิลิก (COO-) ของกรดกูลูโรนิก และสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในสายพอลิเมอร์ใกล้ๆกัน ทำให้เกิดเป็นร่างแหในลักษณะที่คล้ายกับถาดใส่ไข่ เรียกว่า egg box การเกิดเจลที่แข็งของอัลจิเนตขึ้นอยู่กับการแพร่ของแคลเซียมไอออนเข้าสู่ชั้นเจล และจะเปลี่ยนแปลงตามเวลาจนกระทั่งหมดพื้นที่ที่จะทำปฏิกิริยาทำให้เจลของแคลเซียมอัลจิเนตแข็งตัว




รูปที่ 2.4 : Egg-Box model

ที่มา : https://www.frontiersin.org (2014)

2.4.2 การนำไปใช้ประโยชน์

โซเดียม อัลจิเนต (Sodium Alginate) ถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1920 โดยเติมในอาหารกระป๋องบางชนิด ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว สารทำให้เกิดเจลและสารยับยั้งการเกิด syneresis เช่น propylene glycol alginate ใช้ในน้ำสลัด (salad dressing) และเบียร์ เพราะมีความสามารถละลายได้สูงที่ pH ต่ำ โซเดียม อัลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในไส้พายมะนาวที่แช่เย็นเพื่อให้เกิดความคงตัวระหว่าง freeze-thaw ใช้เคลือบผิวชิ้นเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิด freeze burn กับชิ้นเนื้อปลา และเป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม เช่น frozen dessert, sherbet, processed cheese และใช้เป็น Alginate gel restructured products เช่น Onion rings และ Shrimp-like fish products

## 2.5 การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

การใช้ความร้อนเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค สารพิษ พยาธิ แมลง และการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในการแปรรูปและถนอมรักษาอาหาร แบ่งการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

2.5.1 การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ (pasteurization)

เป็นกระบวนการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 °C เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms) การฆ่าเชื้อในระดับพาสเจอไรซ์จะไม่สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และไม่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงได้ จึงนิยมใช้ร่วมกับวิธีการถนอมอาหารวิธีอื่น เช่น การแช่เย็น การเติมสารเคมี (น้ำตาล เกลือ กรด สารกันเสีย) เป็นต้น ซึ่งการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1) การใช้ความร้อนต่ำระยะเวลานาน (Low temperature, long time; LTLT) เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากแต่ใช้เวลานาน เช่น การพาสเจอไรซ์นมที่อุณหภูมิ 63 °C เป็นเวลานาน 30 นาที เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2) การใช้ความร้อนสูงระยะเวลาสั้น (High temperature, short time; HTSTX) เป็นการใช้อุณหภูมิสูง แต่เป็นเวลาสั้นๆโดยการให้ความร้อนฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 72 °C จะใช้เวลาเพียง 15 วินาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.5.2 การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ (Sterilization)

เป็นกระบวนการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C ภายใต้ความดัน เพื่อทำลายจุลินทรีย์รวมทั้งสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคดังนั้น การให้ความร้อนฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ในระดับอุตสาหกรรมอาหารจะเรียกว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial sterilization) ซึ่งการให้ความร้อนแก่อาหารในปริมาณเพียงพอจะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและยับยั้งไม่ให้จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียเจริญได้ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่ไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด แต่จุลินทรีย์ที่หลงเหลือในอาหารจะไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่า 45 ° C

## 2.6 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

สถาบันของนักเทคโนโลยีทางด้านอาหาร(The institute of food Technologist's ; IFT ) ในหน่อยของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำยามของคำว่า "ประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation )" ว่าเป็นกฎเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดค่าวิเคราะห์ผลและสรุปผลจากปฏิกิริยาต่างๆ ต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากความรู้สึกของมนุษย์ในแง่การมองเห็น การได้รับกลิ่น รสชาติ การสัมผัสและการได้ยินเป็นต้น ( Stone,1995)

2.6.1 ประเภทของการประเมินทางประสาทสัมผัส แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1) การทดสอบความแตกต่าง (Discrimination test )
2) การทดสอบเชิงพรรณนา ( Descriptive test)
3) การทดสอบความชอบหรือการยอมรับ (Affective test) (วิวัฒน์,2549)

การทดสอบความชอบหรือการยอมรับ (Affective test) เป็นวิธีที่ใช้เพื่อทดสอบความรู้สึกของผู้ทดสอบในแง่ความชอบหรือการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ทดสอบในกลุ่มนี้สามารถทดสอบได้ในกลุ่มคนทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝน การทดสอบแบบนี้เหมาะสำหรับศึกษาความชอบ หรือการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค (Consumer test) การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค (Consumer Survey) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนี้จะสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 วิธีการทดสอบความชอบหรือการยอมรับ (Affective test) แบ่งตามประเภทของผู้ประเมินผลทางประสาทสัมผัส แบ่งได้ 3 ประเภท

1) Highly trained experts เป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่มีความชำนาญสูง มักใช้การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จำนวนคนที่ใช้ในการทดสอบได้ 4-6 คน
2) Laboratory panels เป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาในระดับหนึ่ง จำนวนคนที่ใช้ในการทดสอบ 10-30 คน
3) Large consumer panels เป็นกลุ่มผู้ทดสอบที่สามารถให้ข้อมูลในการตอบสนองของผู้บริโภคในท้องตลาดต่อผลิตภัณฑ์ได้

2.6.3 ลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคสามารถประเมินด้วยประสาทสัมผัสประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รส (วรัษฐา, 2549)

1) ลักษณะปรากฏ มักเป็นสิ่งแรกที่จะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อหรือลองรับประทานอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารในครั้งแรกของผู้บริโภค ประกอบด้วย สี (color) ซึ่งประกอบด้วย สีหลัก (Hue) ความเข้มของสี (Chroma) ความสว่าง (value) ความสม่ำเสมอของสี (evenness) สีของอาหารบางชนิดนอกจากจะเป็นสิ่งดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคแล้ว ยังสมารถบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารนั้นได้อีกด้วย
ขนาดและรูปร่าง (size and shape) ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผิว (surface texture) เช่น ความด้านหรือความเป็นมันวาวที่ผิว (dullness or roughness)

2) กลิ่น เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อหรือลองรับประทานในครั้งแรกของผู้บริโภคได้ ในบางกรณี ในภาษาอังกฤษ odour หมายถึง สารระเหยที่ถูกสูดเข้าทางจมูกและถูกรับรู้โดยระบบประสาทรับกลิ่น (olfactory system) aroma หมายถึง กลิ่น (odour) ของอาหาร กลิ่นของอาหารหรือผลิตภัณฑ์จะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารประกอบนั้น อุณหภูมิ และลักษณะของผิวหน้าอาหาร

3) ลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค โดยทั่วไปแล้วเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์มากเป็นอันดับสองรองจากกลิ่นรส ประกอบด้วย ความหนืด (viscosity) ความสม่ำเสมอ (consistency) เนื้อสัมผัส (texture)

4) กลิ่นรส เป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด โดยความหมายที่แท้จริงแล้ว กลิ่นรส (flavour) หมายถึง ลักษณะของอาหาร เครื่องดื่ม และสารปรุงแต่งซึ่งเป็นผลรวมของการรับรู้จากสิ่งเร้าในอาหารที่มีผลต่อปลายประสาทสัมผัสทั้งหมด กลิ่นสารระเหยที่รับรู้โดยระบบประสาทรับกลิ่นที่อยู่ในปาก (aromatics) รสชาติ (taste) ซึ่งเกิดจากสารที่ละลายได้จากอาหารที่อยู่ภายในปาก ประกอบด้วย รสชาติพื้นฐาน 4 ชนิด คือ เปรี้ยว หวาน เค็ม และขม ปัจจัยความรู้สึกทางเคมี (chemical feeling factors) ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นของสารประกอบจากอาหารที่มีผลต่อเนื้อเยื่ออ่อนๆบริเวณช่องปากและจมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wanvimon Pumpho (2015) ศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปเต้าหู้ให้เป็นรูปทรงกลมโดยใช้หลักการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตแล้วหยดลงในแคลเซียมคลอไรด์ เก็บรักษาโดยการแช่น้ำเย็นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสม จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์พบว่าการแช่แคลเซียมคลอไรด์ระยะเวลานานขึ้นพบว่าจากงานวิจัย น้ำหนัก ขนาด และความแข็งของเจลเพิ่มขึ้น

Parichart Thamnarathip. (2016) เรื่อง ศึกษาองค์ประกอบโปรตีนจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยการเปรียบเทียบข้าว 2 ชนิด คือ รำข้าวทางการค้าและรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากการทดลองพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีที่มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณโปรตีนและสารแอนโทไซยานินที่จัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์หรือสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง จึงทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่เหมาะกับการนำมาทำเป็นอาหารหรือเป็นส่วนประกอบของอาหารสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นส่วนผสมทางโภชนาการ

Nawachawan Klongsati. (2018) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดบีทส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 นำเม็ดบีทส์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาด และความแข็ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างเม็ดบีทส์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท มาตรวจสอบคุณภาพ ทุก 5 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง พบว่า ในระยะแรกน้ำหนักของเม็ดบีทส์ เพิ่มขึ้นจนถึงนาทีที่ 40 พบว่า น้ำหนักเริ่มคงที่ ขนาดของเม็ดบีทส์แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะกลม ค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1.00 -1.07 ค่าความแข็งของเม็ดบีทส์เพิ่มขึ้นเมื่อแช่เม็ดบีทส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทนานขึ้น

Sarayuth Nitkamhaeng. (2019) ศึกษาการขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้การผสมน้ำนมข้าวกับโซเดียมอัลจิเนตหยดลงในแคลเซียมคลอไลด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 พบว่า การใช้ข้าวหุงสุกสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้ดีกว่าให้ความแข็งและปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าการเตรียมน้ำนมข้าวจากแป้งข้าว ศึกษาการเติมสารปรุงแต่งรสชาติที่ส่งผลต่อคุณภาพของไรซ์บอล ซึ่งผลจากการเติมเกลือและน้ำตาล พบว่า ขนาด น้ำหนักของไรซ์บอลมีค่าเพิ่มมากขึ้นและค่าความแข็งของไรซ์บอลลดลง โครงสร้างภายในของไรซ์บอลไม่หนาแน่นเหมือนกับไรซ์บอลที่ไม่มีการเติมเกลือ โครงสร้างภายในของการเติมน้ำตาลจับกันอย่างแน่นหนากว่าการเติมเกลือ

Silvia Vicini. (2015) ศึกษาการขึ้นรูปทรงกลม Micro-sphere โดยใช้เครื่อง electrospray โดยใช้โซเดียมอัลจิเนต 2-3% w/w พบว่า โซเดียมอัลจิเนตที่ 2% w/w ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แรงของการไหลจากเข็มฉีดยาส่งผลกับเม็ดบีดส์ เมื่อมีแรงไหลที่มากจะทำให้เม็ดบีทส์มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากหรือเม็ดบีดส์มีการขยายตัวมากขึ้น และปริมาณของกระแสไฟฟ้าจากเครื่อง electrospray มีผลต่อขนาดของเม็ดบีดส์ เมื่อใช้กระแสฟ้าสูงขึ้นเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดบีดส์จะลดลง

Gaikwad SA. (2018) ศึกษาการขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้น้ำเชื่อมกลิ่นมะม่วง ระยะเวลาการเกิดเจล ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ความเข้มข้นของน้ำเชื่อม พบว่า เม็ดบีดส์จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้นและความหนาของเจลจะหนามากขึ้นเมื่อใช้โซเดียมอัลจิเนตที่มีความเข้มข้นสูง เวลาการเกิดเจลที่เหมาะสม คือ 6 นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ 25%  ดีที่สุดโดยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมส่งผลต่อความแข็งแรงและความสามารถในการอุ้มน้ำของเม็ดบีดส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ( ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตรา อุ่นรัก ชีวภาพ ผลิตโดย บ้านดอนกลาง ต.ไผ่ขวาง อ. เมือง จ.สุพรรณบุรี )

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจิเนต ( Food grade ) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

แคลเซียมแลคเตท ( Food grade ) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

## 3.2 อุปกรณ์

3.2.1 บีกเกอร์ (Beaker) ปริมาตร 100 มล. 500 มล. และ 1000 มล.

3.2.2 กระบอกตวง (Graduate cylinder) ขนาด 500 มล.

3.2.3 แท่งแก้วคนสาร

3.2.4 ช้อนตักสาร

3.2.5 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 1000 มล.

3.2.6 นาฬิกาจับเวลา

3.2.7 เทอร์โมมิเตอร์ 0 – 100 องศาเซลเซียส

3.2.8 กะละมังสแตนเลส

3.2.9 เข็มฉีดยา (Syringe) ขนาด 10 มล.

3.2.10 เครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อน

## 3.3 เครื่องมือการวิเคราะห์

3.3.1 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง

3.3.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.3.3 เครื่องวัดค่าสี

3.3.4 เครื่องปั่นมือถือ

3.3.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

3.3.6 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

## 3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมน้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

หุงข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยใช้ข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:3 โดยน้ำหนัก ผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกกับน้ำในอัตราส่วน 1:3 โดยน้ำหนัก ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมแบบมือถือ แบ่งการปั่นออกเป็น 3 รอบ แบ่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเป็น 3 ส่วน (ร้อยละ 35 : 35 : 30) รอบแรกใส่น้ำร้อยละ 35 ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 3 นาที รอบที่สอง ใส่น้ำร้อยละ 35 ใช้ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 3 นาที รอบที่สามเทสารละลายโซเดียมอัลจิเนตที่ใช้น้ำร้อยละ 30 เป็นตัวทำละลาย โดยให้ความเข้มข้นของอัลจิเนตเท่ากับร้อยละ 1.75 ของปริมาตรน้ำนมข้าว ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 4 นาที เพื่อให้ได้น้ำนมข้าวเพื่อใช้ในการขึ้นรูปทรงกลม (ดัดแปลงมาจาก Sarayuth, 2019)

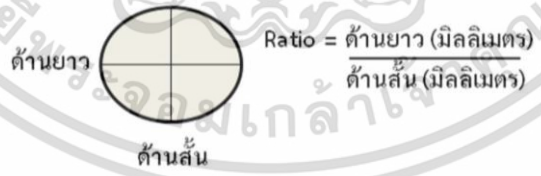
3.4.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล โดยวิธี Basic Spherification

จากการเตรียมน้ำนมข้าวที่ผสมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตจากข้อ 3.4.1 การขึ้นรูปทรงกลมทำได้โดยการใช้ไซริงค์ดูดน้ำนมข้าว ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ลงในช้อนตวงขนาด ¼ ช้อนชา แล้วจุ่มลงในอ่างที่มีสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง โดยแกว่งช้อนตวงเบาๆเพื่อให้เกิดเจลล้อมรอบทรงกลมและร่อนออกจากช้อนตวง แช่ไรซ์เพิร์ลไว้ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกๆ 15 นาที เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำและแช่ด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 18 ชั่วโมงและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องซาเซลเซียส ทำการพาสเจอร์ไรส์ไรซ์เพิร์ลด้วยความร้อนโดยการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นนำบรรจุในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อและบรรจุน้ำที่ผ่านการสเตอริไรส์ จากนั้นนำไรซ์เพิร์ลมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

ก. วิเคราะห์น้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

ข. วิเคราะห์ขนาด ด้วยเวอร์เนียร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และ คำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้วยสั้น (ดังรูปที่ 3.1)

ค. วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus) โดยทำการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis




รูปที่ 3.1 ลักษณะการวัดขนาดของไรซ์เพิร์ล

3.4.3 การทดสอบทางความชอบของไรซ์เพิร์ลที่ใช้ความเข้มแข้นแคลเซียมแลคเตทต่างกัน

ทำการคัดเลือกไรซ์เพิร์ลจากข้อ 3.4.2 โดยคัดเลือกจากความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นต่างๆที่สามารถฟอร์มเจลได้สมบูรณ์ที่สุดและใช้เวลาในการฟอร์มเจลสั้นที่สุด นำไรซ์เพิร์ลที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม โดยใช้การให้คะแนนความชอบ (7-point hedonic scaling) รับประทานคู่กับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซุป (ภาคผนวก ง.1) ทำการเลือกไรซ์เพิร์ลที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดจากกลุ่มตัวอย่างผู้ประเมินที่ช่วง อายุ 20-35 ปีจำนวน 30 คน

3.4.4 การศึกษาผลของการเติมสารปรุงรสที่ส่งผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

1) การศึกษาผลของการเติมเกลือ

ทำการเตรียมไรซ์เพิร์ลตามวิธีที่คัดเลือกจากข้อ 3.4.3 ในระหว่างการเตรียมน้ำนมข้าวจะมีการใส่เกลือร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักของของผสมน้ำนมข้าว นำไรซ์เพิร์ลมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามวิธีการในข้อ 3.4.2

2) การศึกษาผลของการเติมน้ำตาล

ทำการเตรียมไรซ์เพิร์ลตามวิธีที่คัดเลือกจากข้อ 3.4.3 ในระหว่างการเตรียมน้ำนมข้าวจะมีการเติมน้ำตาลร้อยละ 4 และ 8 ของน้ำหนักของของผสมน้ำนมข้าว นำไรซ์เพิร์ลมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพตามวิธีการในข้อ 3.4.2

3.4.5 การศึกษาผลการสเตอร์รีไรส์ต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

นำไรซ์เพิร์ลตามวิธีการที่คัดเลือกจากข้อ 3.4.3 นำบรรจุลงในขวดแก้ว ด้วยปริมาณน้ำ 100 มิลลิลิตรต่อไรซ์เพิร์ล 10 ลูก นำมาฆ่าเชื้อด้วยวิธีการฆ่าเชื้อแบบสเตอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 15 นาที ด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไรซ์เพิร์ลตามวิธีการดังนี้

ก. วิเคราะห์น้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
ข. วิเคราะห์ขนาด ด้วยเวอร์เนียร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และ คำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้วยสั้น
ค. วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus) โดยทำการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis

3.4.6 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล

ทำการทดลองผลิตไรซ์เพิร์ลโดยการเตรียมน้ำนมข้าว จากการปั่นข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกกับน้ำ (ภาคผนวก ก.1) ที่ผสมกับโซเดียมอัลจิเนต ทำการหยดน้ำนมข้าวลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ที่อุณหภูมิห้องและสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุกๆ 15 นาที เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ทำการพาสเจอร์ไรส์ไรซ์เพิร์ลด้วยความร้อนโดยการลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที และแช่ด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 4 องซาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาด เนื้อสัมผัส ค่าทรงกลม และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแต่ละความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่สามารถฟอร์มเจลได้สมบูรณ์ที่สุด

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะปรากฏของไรซ์เพิร์ลที่เตรียมได้

### 4.1.1 น้ำหนัก

เมื่อทำการสุ่มตรวจ พบว่าความเข้มเข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาการแช่มีผลต่อน้ำหนักของไรซ์เพิร์ลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำหนักของไรซ์เพิร์ลมีค่าลดลงเมื่อทำการแช่ไรซ์เพิร์ลในแคลเซียมแลคเตทเป็นระยะเวลานานขึ้น ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.0 น้ำหนักของไรซ์เพิร์ล ณ เวลา 15 นาที เท่ากับ 2.93 ± 0.18 กรัม น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลลดลงอย่างรวดเร็ว ค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.87 ± 0.17 กรัม เมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นเป็น 180 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลจะลดลงเมื่อแช่ในเวลาที่นานขึ้น และจะคงที่ในเวลาที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.0 น้ำหนักคงที่ที่เวลาประมาณ 90 นาที แต่ในความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท ร้อยละ 2.0 น้ำหนักคงที่ตั้งแต่เวลา 15 -30 นาที

ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทจะทำให้น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลลดลง โดยจะพบว่าที่เวลาการแช่ 15 นาที เมื่อใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1 มีน้ำหนัก 2.93 กรัม ในขณะที่ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.5 มีน้ำหนัก 1.80 กรัม

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน( Basic Spherification) เมื่อนำน้ำข้าวที่ผสมอัลจิเนตหยดลงในสารละลายของแคลเซียมแลคเตทแคลเซียม แคลเซียมแลคเตทจะเข้าล้อมรอบและทำปฏิกิริยากับโซเดียมอัลจิเนต เกิดการฟอร์มเจลทันที ทำให้เกิดเป็นแผ่นเจลล้อมรอบหยดน้ำข้าวเกิดเป็นทรงกลม การเกิดฟอร์มเจลจะดำเนินต่อไป เมื่อแช่อยู่ในสารละลายของแคลเซียมแลคเตทจนเกิดเจลที่สมบูรณ์ทั้งเม็ด

ตารางที่ 4.1 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อน้ำหนักของไรซ์เพิร์ล

| เวลา ( นาที ) | น้ำหนักของไรซ์เพิร์ล (กรัม) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 1.0 | ร้อยละ 1.5 | ร้อยละ 2.0 | ร้อยละ 2.5 |
| 15 | 2.93±0.18$^{d}$ | 2.36±0.05$^{f}$ | 1.96±0.10$^{b}$ | 1.80±0.10$^{c}$ |
| 30 | 2.68±0.06$^{d}$ | 2.16±0.19$^{df}$ | 1.77±0.14$^{a}$ | 1.86±0.03$^{c}$ |
| 45 | 2.44±0.09$^{c}$ | 2.31±0.13$^{ef}$ | 1.76±0.11$^{a}$ | 1.79±0.07$^{c}$ |
| 60 | 2.14±0.07$^{b}$ | 1.93±0.09$^{bc}$ | 1.75±0.07$^{a}$ | 1.64±0.04$^{ab}$ |
| 90 | 1.98±0.09$^{ab}$ | 2.07±0.17$^{cd}$ | 1.70±0.13$^{a}$ | 1.70±0.09$^{b}$ |
| 120 | 1.91±0.11$^{ab}$ | 1.79±0.06$^{ab}$ | 1.73±0.25$^{a}$ | 1.68±0.09$^{b}$ |
| 150 | 1.77±0.03$^{a}$ | 1.93±0.15$^{bc}$ | 1.63±0.05$^{a}$ | 1.69±0.03$^{b}$ |
| 180 | 1.87±0.17$^{a}$ | 1.73±0.04$^{a}$ | 1.54±0.06$^{a}$ | 1.58±0.06$^{a}$ |

หมายเหตุ : $^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าในระหว่างการแช่แคลเซียมแลคเตทเพื่อให้เกิดการฟอร์มเจล เมื่อยิ่งแช่เป็นระยะเวลานานขึ้นจะทำให้การฟอร์มเจลมีความแข็งแรงและเกิดเป็นเจลสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จึงทำให้น้ำที่อยู่ภายนอกเจลไม่สามารถซึมผ่านหรือผ่านเข้าไปภายในไรซเพิร์ลได้น้อย ดังนั้น น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลจึงมีค่าลดลงเมื่อแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทนานยิ่งขึ้น และจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทส่งผลต่อน้ำหนักของไรซ์เพิร์ล สารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นสูงจะทำให้ไรซ์เพิร์ลสามารถฟอร์มเจลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ขนาด

เมื่อทำการสุ่มตรวจ พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาการแช่มีผลต่อขนาดของไรซ์เพิร์ล เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าขนาดของไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่ำและเวลาการแช่น้อย ขนาดของไรซ์เพิร์ลจะมีขนาดใหญ่กว่าไรซ์เพิร์ลที่แช่ในความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทสูงและเวลาการแช่นาน ซึ่งสอดคล้องกับผลของน้ำหนักคือเมื่อแช่ในแคลเซียมแลคเตทนานขึ้นน้ำหนักจะมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการฟอร์มเจลที่แข็งแรงมากขึ้นขนาดรูพรุนของไรซ์เพิร์ลเล็กลง ทำให้น้ำจากภายนอกเจลไม่สามารถซึมผ่านหรือผ่านเข้าไปได้น้อยจึงทำให้ขนาดของไรซ์เพิร์ลนั้นเล็กลงเช่นเดียวกับน้ำหนักที่ลดลง ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อขนาด(เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย) ของไรซ์เพิร์ล

| เวลา ( นาที ) | ขนาดของไรซ์เพิร์ล (มิลลิเมตร) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 1.0$^{ns}$ | ร้อยละ 1.5$^{ns}$ | ร้อยละ 2.0$^{ns}$ | ร้อยละ 2.5$^{ns}$ |
| 15 | 10.3±0.04 | 10.2±0.05 | 10.1±0.04 | 9.9±0.04 |
| 30 | 10.2±0.03 | 9.7±0.01 | 9.7±0.07 | 9.7±0.03 |
| 45 | 10.2±0.05 | 9.8±0.04 | 9.9±0.06 | 10.0±0.09 |
| 60 | 10.1±0.07 | 10.2±0.02 | 10.2±0.03 | 9.9±0.03 |
| 90 | 9.8±0.06 | 10.0±0.05 | 9.8±0.03 | 10.3±0.06 |
| 120 | 10.1±0.07 | 10.1±0.02 | 10.0±0.04 | 10.3±0.03 |
| 150 | 10.2±0.05 | 10.1±0.03 | 10.0±0.06 | 10.3±0.09 |
| 180 | 10.1±0.04 | 9.9±0.04 | 10.1±0.04 | 9.7±0.05 |

หมายเหตุ : [a] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าทรงกลมของไรซ์เพิร์ล

| เวลา ( นาที ) | ค่าทรงกลม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 1.0 [ns] | ร้อยละ 1.5 [ns] | ร้อยละ 2.0 [ns] | ร้อยละ 2.5 [ns] |
| 15 | 1.01±0.09 | 1.05±0.05 | 1.06±0.04 | 1.03±0.04 |
| 30 | 1.07±0.03 | 1.02±0.01 | 1.02±0.08 | 1.02±0.03 |
| 45 | 1.05±0.07 | 1.02±0.04 | 1.03±0.06 | 1.04±0.10 |
| 60 | 1.09±0.11 | 1.06±0.02 | 1.07±0.04 | 1.03±0.03 |
| 90 | 1.02±0.08 | 1.03±0.05 | 1.02±0.03 | 1.07±0.07 |
| 120 | 1.05±0.08 | 1.06±0.02 | 1.05±0.04 | 1.08±0.04 |
| 150 | 1.06±0.06 | 1.05±0.03 | 1.05±0.07 | 1.08±0.10 |
| 180 | 1.08±0.07 | 1.06±0.04 | 1.02±0.02 | 1.02±0.05 |

หมายเหตุ : [a] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการทดลองการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของไรซ์เพิร์ลเป็นผลมาจากการเชื่อมต่อกันของเจลได้มากขึ้น ทำให้ขนาดและค่าทรงกลมเป็นรูปร่างกลมได้เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้น โดยไรซ์เพิร์ลที่ใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ขนาดของไรซ์เพิร์ลแสดงให้เห็นค่าทรงกลม ค่าอัตราส่วนระหว่าง 1.01-1.08 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Nawachawan,2018) รายงานว่าการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทขนาดของเม็ดบีทส์แสดงให้เห็นว่ามีลักษณะกลม ค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1.00 -1.07

รูปที่ 4.2 การวัดขนาดไรซ์เพิร์ลจากการเตรียมแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 1.0 เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 เนื้อสัมผัส

เมื่อทำการสุ่มตรวจเนื้อสัมผัสของไรซ์เพิร์ลด้วยเครื่อง Texture analysis (ภาคผนวก ข.1)พบว่าระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตทและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไรซ์เพิร์ล โดยไรซ์เพิร์ลที่แช่สารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ 1.5 ต้องใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมงถึงจะให้สัมผัสที่แข็งกว่าไรซ์เพิร์ลที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 2.0 และ 2.5 และพบว่าค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลจะแปรผันตามระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตทรวมทั้งความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท จะเห็นว่าค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Nawachawan,2018) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการแช่เม็ดมีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทนานขึ้นทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับผลของน้ำหนัก ขนาด เนื่องจากการฟอร์มเจลที่มากขึ้นทำให้น้ำหนักและขนาดของไรซ์เพิร์ลลดลง แต่โครงสร้างภายในของไรซ์เพิร์ลจะมีความแข็งแรงมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 โดยค่าความแข็งมีค่าอยู่ในช่วง 81.23 ±41.43 ถึง 2145.89±970.60

ตารางที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ล

| เวลา ( นาที ) | ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 1 | ร้อยละ 1.5 | ร้อยละ 2 | ร้อยละ 2.5 |
| 15 | 81.23±41.43$^{a}$ | 329.69±190.05$^{a}$ | 664.81±397.20$^{a}$ | 926.98±435.17$^{a}$ |
| 30 | 150.21±83.95$^{a}$ | 508.55±249.15$^{a}$ | 1067.68±480.27$^{a}$ | 1176.42±536.56$^{b}$ |
| 45 | 306.67±156.19$^{b}$ | 747.42±345.54$^{b}$ | 1054.92±488.29$^{ab}$ | 1142.09±515.26$^{b}$ |
| 60 | 671.32±302.74$^{c}$ | 1045.14±479.13$^{c}$ | 1146.38±498.50$^{bc}$ | 1262.75±568.32$^{b}$ |
| 90 | 1003.44±452.03$^{d}$ | 1393.56±626.84$^{d}$ | 1389.86±581.10$^{c}$ | 1268.06±592.04$^{b}$ |
| 120 | 1269.49±585.93$^{e}$ | 1959.09±877.98$^{e}$ | 1566.39±643.53$^{c}$ | 1630.53±689.98$^{c}$ |
| 150 | 1660.27±743.12$^{f}$ | 2059.67±962.36$^{e}$ | 1691.46±690.86$^{c}$ | 1631.63±674.65$^{c}$ |
| 180 | 2066.62±939.71$^{g}$ | 2145.89±970.60$^{e}$ | 1749.10±722.07$^{c}$ | 1763.01±721.53$^{c}$ |

หมายเหตุ : $^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการแช่ต่อค่าความยืดหยุ่น

| เวลา ( นาที ) | ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ร้อยละ 1.0 | ร้อยละ 1.5 | ร้อยละ 2.0 | ร้อยละ 2.5 |
| 15 | 0.70±0.34$^{a}$ | 0.73±0.35$^{a}$ | 0.79±0.33$^{b}$ | 0.75±0.31$^{b}$ |
| 30 | 0.66±0.28$^{a}$ | 0.85±0.35$^{ab}$ | 0.82±0.33$^{ab}$ | 0.74±0.30$^{b}$ |
| 45 | 0.72±0.30$^{ab}$ | 0.97±0.48$^{b}$ | 0.80±0.33$^{b}$ | 0.71±0.29$^{b}$ |
| 60 | 0.85±0.35$^{bc}$ | 0.83±0.34$^{ab}$ | 0.74±0.31$^{ab}$ | 0.73±0.30$^{b}$ |
| 90 | 0.88±0.36$^{c}$ | 0.88±0.36$^{ab}$ | 0.71±0.29$^{ab}$ | 0.67±0.28$^{a}$ |
| 120 | 0.85±0.35$^{bc}$ | 0.78±0.32$^{ab}$ | 0.70±0.29$^{ab}$ | 0.64±0.26$^{a}$ |
| 150 | 0.81±0.33$^{bc}$ | 0.67±0.28$^{a}$ | 0.64±0.26$^{ab}$ | 0.63±0.26$^{a}$ |
| 180 | 0.73±0.30$^{ab}$ | 0.67±0.28$^{a}$ | 0.62±0.25$^{a}$ | 0.62±0.25$^{a}$ |

หมายเหตุ : $^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นและระยะเวลาที่ได้จากการทดลองนั้นทำให้ทราบว่าเมื่อความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทเพิ่มขึ้น ทำให้เวลาในการขึ้นรูปทรงกลมเร็วยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าที่มีการศึกษาการแช่สารละลายแคลเซียมในการผลิตไรซ์เพิร์ลจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกัน โดยพบว่าการแช่สารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้นสูงเป็นระยะเวลานานสามารถเพิ่มค่าความแข็งและลดค่าน้ำหนักของไรซ์เพิร์ลได้ นอกจากนี้ ถึงแม้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทจะมีผลต่อค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลแต่อาจมีบางกรณีที่ให้ผลแตกต่างออกไป เนื่องจากการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตจะสามารถเกิดได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีประจุบวกของสารชนิดอื่น การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทเป็นการเพิ่มประจุบวกให้เพียงพอกับความต้องการในการจับกันได้อย่างสมบูรณ์กับสารละลายโซเดียมอัลจิเนต

ดังนั้น หากสารละลายโซเดียมอัลจิเนตสามารถจับกับประจุของแคลเซียมแลคเตทได้อย่างเพียงพอแล้ว การเพิ่มความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทมากขึ้นจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งอีกต่อไป (ดัดแปลงจาก พัชรี และสุธีรา, 2561) ผู้ทดลองจึงทำการคัดเลือกไรซ์เพิร์ลที่สามารถฟอร์มเจลสมบูรณ์ที่สุดจาก 3 สภาวะ คือ ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 เวลาการแช่ 150 นาที ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.0 และ 2.5 เวลาการแช่ 90 นาที เนื่องจากการผลิตไรซ์เพิร์ลจากความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.0 ใช้ระยะเวลาในการฟอร์มเจลมากกว่า 3 ชั่วโมง ผู้ทดลองจึงไม่ทำการคัดเลือกไรซ์เพิร์ลจากสภาวะนี้มาทำการทดลองต่อไป

## 4.2 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาในการเกิดเจลไรซ์เพิร์ล

ทำการเตรียมไรซ์เพิร์ล 3 สภาวะจากข้อ 4.1 ที่ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทและเวลาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่างๆ นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยคุณลักษณะที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประเมิน ได้แก่ สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) เนื้อสัมผัส (texture) และ ความชอบโดยรวม (overall acceptable) กับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 7-point hedonic scale ในการทดสอบความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ที่แตกต่างกัน จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้ผลดังตารางที่ 4.6 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไรซ์เพิร์ลด้านของลักษณะสีที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.0 มากที่สุด และให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดลองจึงทำการคัดเลือกไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.0 และเวลาการแช่ 90 นาที เพื่อทำการศึกษาการผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตทต่อไป เนื่องจากผู้ทดลองคำนึงถึงระยะและต้นทุนที่ใช้ในการผลิตไรซ์เพิร์ล ดังนั้น การผลิตไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2 เวลาการแช่ 90 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไรซ์เพิร์ลสภาวะที่แตกต่างกัน จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน

| ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท | สี | เนื้อสัมผัส | กลิ่นรส | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|
| A | $5.57 \pm 0.73^{ab}$ | $4.10 \pm 1.67^{a}$ | $4.60 \pm 1.73^{a}$ | $4.40 \pm 1.52^{a}$ |
| B | $5.67 \pm 0.76^{b}$ | $4.30 \pm 1.70^{a}$ | $4.27 \pm 1.91^{a}$ | $4.40 \pm 1.75^{a}$ |
| C | $5.40 \pm 0.81^{a}$ | $4.63 \pm 1.67^{a}$ | $4.63 \pm 1.99^{a}$ | $4.70 \pm 1.70^{a}$ |

หมายเหตุ : $^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

A หมายถึง ตัวอย่างไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5

B หมายถึง ตัวอย่างไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.0

C หมายถึง ตัวอย่างไรซ์เพิร์ลที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.5

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสนั้นเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับตรวจวิเคราะห์คุณภาพอาหารโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของคน คือ การมองเห็น การฟังเสียง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส ซึ่งในแต่ละคนนั้นมีการมีตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์อาหารแตกต่างกันและการควบคุมอคติต่างๆของแต่ละคนให้น้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อย่างเหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญและเป็นสิ่งที่ควรระวังมากที่สุด ซึ่งมีแหล่งความแปรปรวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น อารมณ์ และแรงจูงใจของผู้ทดสอบ ดังนั้น อาจทำให้ผลการทดสอบทางประสามสัมผัสอาจมีการคลาดเคลื่อนได้ และเมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยของ (Sarayuth, 2019) ศึกษาการขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้การผสมน้ำนมข้าวกับโซเดียมอัลจิเนตในอัตราส่วน 2 : 1 หยดลงในแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 ใช้เวลาในการฟอร์มเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

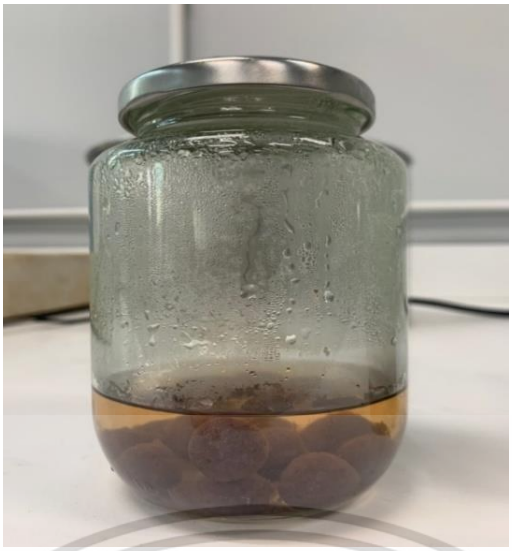
20 นาที มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 14.41 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 ± 0.02 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ชนิดของแคลเซียมที่ใช้คือ แคลเซียมแลคเตท เวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการฟอร์มเจลคือ 90 นาที ซึ่งใช้เวลานานกว่าการฟอร์มเจลด้วยแคลเซียมคลอไรด์ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 9.8 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 ± 0.13 กรัม อาจเป็นเพราะแคลเซียมคลอไรด์นั้นสามารถทำปฏิกิริยากับโซเดียมอัลจิเนตได้ดีกว่าแคลเซียมแลคเตทจึงเกิดการฟอร์มเจลได้อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 4.3 ภาพประกอบการทดสอบทางประสาทสัมผัส

## 4.3 ผลของวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

จากการคัดเลือกไรซ์เพิร์ลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสนำมาฆ่าเชื้อด้วยวิธีการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรส์ โดยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ(autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 ℃ เป็นเวลา 15 นาที โดยทำการบรรจุไรซ์เพิร์ล 10 ลูกต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร พบว่า ไรซ์เพิร์ลหลังผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีลักษณะเนื้อแตก อาจเกิดจากการที่ใช้ความร้อนที่อุณภูมิสูงกว่า 100 ℃ ภายใต้ความดันหรือเกิดจากการฟอร์มเจลของแคลเซียมแลคเตทกับโซเดียมอัลจิเนตที่ไม่แข็งแรงพอ เมื่อใช้ความดันสูงจึงทำให้โครงสร้างและพื้นผิวรอบนอกของไรซ์เพิร์ลมีลักษณะที่เปื่อยยุ่ยมีตะกอนกระจายรวมกับน้ำที่ใช้บรรจุไรซ์เพิร์ลในการฆ่าเชื้อ (ภาพที่ 4.4) ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 ℃ อาจเข้าไปทำลายโครงสร้างภายในของไรซ์เพิร์ลที่จับกันเป็นร่างแห เรียกว่า egg box ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sarayuth,2019) ที่ได้ศึกษาการฆ่าเชื้อไรซ์บอลด้วยความร้อนแบบสเตอริไรส์พบว่าโครงสร้างภายในของไรซ์บอลถูกทำลาย มีรอยแหว่งไม่สม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่าความร้อนระดับสเตอริไรส์ที่มีการใช้ความร้อนสูงร่วมกับความดันทำให้โครงสร้างร่างแหของไรซ์บอลเสียสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลของการฆ่าเชื้อไรซ์เพิร์ลด้วยความร้อน

## 4.4 ผลการทดสอบของการเติมสารปรุงรสที่ส่งผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล

4.4.1 การเติมเกลือ

การเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 ต่อปริมาณน้ำนมข้าว ได้ผลดังตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมเกลือ ความเข้มข้นเกลือร้อยละ 0.5 น้ำหนัก ขนาด ค่าทรงกลม ไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม และความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งความเข้มข้นเกลือร้อยละ 0.5 มีค่าเท่ากับ $2228.22 \pm 78.30^{d}$ ในขณะที่ค่าความแข็งของตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ $1794.08 \pm 199.36^{c}$ ผลของการเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 น้ำหนัก ขนาด ค่าทรงกลม เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่มีความแตกต่างและค่าความแข็งมีค่าลดน้อยลง มีค่าเท่ากับ $1368.17 \pm 75.44^{a}$

ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของไรซ์เพิร์ลจากการเติมเกลือที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

| ตัวอย่าง | น้ำหนัก | ขนาด | ทรงกลม | Hardness | Springiness |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | $1.85 \pm 0.12^{a}$ | $0.99 \pm 0.03^{a}$ | $1.04 \pm 0.03^{a}$ | $1794.08 \pm 199.36^{c}$ | $0.81 \pm 0.02^{b}$ |
| เกลือ 0.5% | $1.94 \pm 0.18^{a}$ | $1.01 \pm 0.05^{a}$ | $1.05 \pm 0.05^{a}$ | $2228.22 \pm 78.30^{d}$ | $0.73 \pm 0.02^{a}$ |
| เกลือ 1% | $1.86 \pm 0.11^{a}$ | $0.99 \pm 0.03^{a}$ | $1.03 \pm 0.03^{a}$ | $1368.17 \pm 75.44^{a}$ | $0.75 \pm 0.02^{a}$ |

หมายเหตุ : $^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการทดลองของการเติมเกลือจะเห็นได้ว่าน้ำหนักและขนาดมีค่ามากขึ้นจากไรซ์เพิร์ลที่ไม่มีการเติมเกลือ คาดว่าเป็นผลจากการเติมเกลือที่ความเข้มข้นต่ำอาจเป็นการเข้าไปเพิ่มประจุให้กับโซเดียมอัลจิเนตในการเกิดเจล ทำให้การเกิดเจลได้ดีขึ้นมากกว่าการเติมเกลือที่ความเข้มข้นสูงการเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 จึงทำให้น้ำหนักและค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะทำให้ค่าความแข็งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sarayuth,2019) ศึกษาการเติมเกลือลงในไรซ์บอลรายงานว่า ขนาดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของไรซ์บอลจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สามารถอธิบายได้ว่า การเติมเกลือความเข้มข้นสูงโซเดียมไอออนอาจจะเข้าไปรบกวนและแย่งแคลเซียมไอออนในการจับกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดกูลูโรนิก จึงลดการเกิดการเสร้างพันธะเชื่อมข้ามในโครงสร้างของ egg-box เป็นผลทำให้ค่าความแข็งที่มีการเติมเกลือสูงมีค่าลดลง และการเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อาจเป็นการเข้าไปส่งเสริมการเกิดเจลของอัลจิเนตจึงทำให้ไรซ์เพิร์ลมีโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้น แต่ระยะในการเกิดเจลของไรซ์เพิร์ลจะใช้เวลานานขึ้นจึงทำให้น้ำหนักของไรซ์เพิร์ลมีค่ามากขึ้น เนื่องจากการเกิดเจลที่ช้าทำให้น้ำเข้าสู่ภายในเจลของไรซ์เพิร์ลมากขึ้นจึงเป็นผลทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเติมเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 การเติมเกลืออาจเข้าไปรบกวนการเกิดเจลของอัลจิเนตโดยการเข้าไปแย่งจับกับแคลเซียมจึงทำให้ค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลลดลง แต่ระยะที่ใช้ในการเกิดเจลจะสั้นกว่าการเติมเกลือที่ความเข้มข้นต่ำ จึงเป็นผลให้น้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุมเล็กน้อยแต่มีค่าน้อยกว่าการเติมเกลือที่ความเข้มข้นต่ำ

4.4.2 การเติมน้ำตาล

การเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 8 ต่อปริมาณน้ำนมข้าว ได้ผลดังตาราง 4.7 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำตาล ความเข้มข้นน้ำตาลร้อยละ 4 น้ำหนัก ขนาด ค่าทรงกลมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งมีค่าลดลง มีค่าเท่ากับ 1470.11±65.42 ค่าความแข็งของตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 1794.08±199.36 ผลของการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 พบว่าน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งมีค่าลดลง มีค่าเท่ากับ 1575.43±61.79

ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของไรซ์เพิร์ลจากการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

| ตัวอย่าง | น้ำหนัก | ขนาด | ทรงกลม | Hardness | Springiness |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 1.85±0.12$^{a}$ | 0.99±0.03$^{a}$ | 1.04±0.03$^{a}$ | 1794.08±199.36$^{c}$ | 0.81±0.02$^{b}$ |
| น้ำตาล 4% | 1.89±0.06$^{a}$ | 0.99±0.02$^{a}$ | 1.03±0.02$^{a}$ | 1470.11±65.42$^{ab}$ | 0.79±0.01$^{b}$ |
| น้ำตาล 8% | 2.14±0.04$^{b}$ | 1.00±0.00$^{a}$ | 1.05±0.00$^{a}$ | 1575.43±61.79$^{b}$ | 0.81±0.02$^{b}$ |

หมายเหตุ : $^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการทดลองน้ำหนักของไรซ์เพิร์ลที่มีการเติมน้ำตาลร้อยละ 4 และ 8 มีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับค่าความแข็งที่มีค่าลดลงอาจเป็นผลมาจากการเติมน้ำตาลที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมากส่งผลต่อความสามารถในการเกิดเจลของอัลจิเนตได้ ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลอาจเข้าไปขัดขวางการเกิดเจลระหว่างหมู่ไอออนลบของกรดกูลูโรนิกกับแคลเซียมไอออน (ดัดแปลงจาก Sarayuth,2019) และค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sarayuth,2019) ศึกษาผลของการเติมน้ำตาลลงในไรซ์บอลรายงานว่าค่าความแข็งของไรซ์บอลทีค่าลดลงเมื่อเทียบกับไรซ์บอลที่ไม่มีการเติมน้ำตาล และค่าความแข็งของการเติมน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 8 เมื่อเทียบเปรียบกับการเติมน้ำตาลร้อยละ 4 จะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทเมื่ออัลจิเนตสามารถจับกันกับแคลเซียมได้อย่างสมบูรณ์แล้วการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมหรือการเติมน้ำตาลมากขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลอีกต่อไป นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลที่มีการเติมเกลือพบว่าการเติมน้ำตาลส่งผลต่อค่าความแข็งมากกว่า ไรซ์เพิร์ลที่มีการเติมเกลือร้อยละ 0.5 ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นจากไรซ์เพิร์ลที่ไม่มีการเติมเกลือ และไรซ์เพิร์ลที่มีการเติมน้ำตาลร้อยละ 4 ค่าความแข็งมีค่าลดลงจากไรซ์เพิร์ลที่ไม่มีเติมน้ำตาล

จากผลการวิเคราะห์การเติมสารปรุงแต่งรสเกลือและน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่างๆทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำตาลร้อยละ 8 มีค่าเพิ่มขึ้นและค่าความแข็งของไรซ์เพิร์ลลดลง ($p \leq 0.05$) มากกว่าไรซ์เพิร์ลที่มีการเติมเกลือ เนื่องจากการที่น้ำตาลมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก น้ำตาลอาจเข้าไปรบกวนการเกิดเจลของไรซ์เพิร์ล โครงสร้างภายในของเจลจึงไม่แข็งแรงจึงทำให้มีน้ำหนักและค่าความแข็งลดลง

เนื่องจากข้อจำกัดของเวลา งานวิจัยไม่ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของไรซ์เพิร์ลแต่เท่าที่สังเกตุเมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ พบว่าไรซ์เพิร์ลที่ใช้แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นต่ำๆจะมีลักษณะบวมจนแตกออกและมีสีจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ออกมาปนอยู่กับน้ำที่ใช้ในการแช่ ส่วนไรซ์เพิร์ลที่ใช้แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นสูงๆจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุป

การศึกษาการผลิตไรซ์เพิร์ลจากเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมโดยแคลเซียมแลคเตท พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาการขึ้นรูปทรงกลมของไรซ์เพิร์ลลดลง ที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 เจลฟอร์มตัวคงที่ที่เวลา 150 นาที ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 และ 2.5 เจลฟอร์มตัวคงที่ที่เวลา 90 นาที โดยการใช้เกลือแลคเตทที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เม็ดไรซ์เพิร์ลมีขนาดเล็กลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสร่วมกับความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ สภาวะของไรซ์เพิร์ลที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาต่อ คือ ไรซ์เพิร์ลที่ใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 2.0 เวลาการแช่ 90 นาที

การศึกษาผลของวิธีการฆ่าเชื้อด้วยการ Sterilization ที่มีผลต่อคุณภาพของไรซ์เพิร์ล พบว่าเมื่อนำไรซ์เพิร์ลที่บรรจุในขวดแก้วและนำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ไรซ์เพิร์ลไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อสภาวะความดันสูงภายใต้เครื่องฆ่าเชื้อจึงทำให้ไรซ์เพิร์ลแตกออก

ผลของการเติมสารปรุงแต่งรสพบว่าการเติมเกลือความเข้มข้นเกลือร้อยละ 0.5 น้ำหนัก ขนาดและความแข็งของไรซ์เพิร์ลมีค่าเพิ่มขึ้น ผลของการเติมน้ำตาลที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 น้ำหนักและขนาดของไรซ์เพิร์ลมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีค่าลดลง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไรซ์เพิร์ลในระหว่างการเก็บรักษา

2. ทำการแช่ไรซ์เพิร์ลไว้ในน้ำเชื่อมหรือน้ำเกลือเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาและอาจสามารถนำไปพัฒนาต่อได้

3. ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเปลี่ยนจากน้ำซุปใสเป็นอาหารรสจัดหรืออาหารที่มีรสชาติ เช่น แกงกะทิ เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึกเหมือนกำลังทานข้าวมากกว่าทานกับน้ำซุปใส

4. ทำการทดลองโดยการเพิ่มความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทให้สูงขึ้นอาจช่วยลดระยะเวลาในการฟอร์มเจลของไรซ์เพิร์ลให้สั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์

## 1.การเตรียมน้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

ขั้นตอนที่ 1 หุงข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:3 โดยน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 2 ปั่นข้าวไรซ์เบอร์รี่หุงสุกด้วยเครื่องปั่นผสมอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:3 แบ่งน้ำออกเป็น 3 ส่วน (ร้อยละ 35 : 35 : 30) 2 รอบแรกใช้น้ำร้อยละ 35 ปั่นเป็นเวลา 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ปั่นรอบสุดท้ายเทสารละลายอัลจิเนตที่ใช้น้ำร้อยละ 30 เป็นตัวทำละลาย ปั่นเป็นเวลา 4 นาที จะได้น้ำนมข้าวจากข้าวไรซ์เบอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การขึ้นรูปทรงกลม

ขั้นตอนที่ 1 นำน้ำนมข้าวที่ได้จากการเตรียมโดยการใช้ไซริงค์ดูดน้ำนมข้าว ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ลงในช้อนตวงขนาด ¼ ช้อนชา

ขั้นตอนที่ 2 จุ่มลงในอ่างที่มีสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

รูปที่ 1 การขึ้นรูปทรงกลม

รูปที่ 2 ไรซ์เพิร์ลจากน้ำนมข้าวไรซ์เบอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การวิเคราะห์ทางกายภาพ

## 1.การวัดเนื้อสัมผัส

รูปที่ 3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analysis

ทำการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis ใช้หัวทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) กำหนดค่า Stain ร้อยละ 50 ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของ Lond cell ดังนี้

| | |
|---|---|
| Pre-test speed | 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที |
| Test speed | 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที |
| Post-test speed | 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

# แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ Rice pearl จากข้าวไรซ์เบอร์รี่

ผู้ประเมิน : ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ : ..... ปี

ระดับคะแนน : 7 = ชอบมากที่สุด 6 = ชอบมาก 5 = ชอบน้อยที่สุด 4 = เฉยๆ 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนความชอบของตัวอย่าง

| | ตัวอย่าง..... | ตัวอย่าง..... | ตัวอย่าง..... |
|---|---|---|---|
| **สี** (color) | ..... | ..... | ..... |
| **เนื้อสัมผัส** (Texture) | ..... | ..... | ..... |
| **กลิ่นรส** (Taste) | ..... | ..... | ..... |
| **ความชอบโดยรวม** (Overall) | ..... | ..... | ..... |

**ข้อเสนอแนะ**.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

# การเตรียมตัวน้ำซุป

## 1.น้ำซุปไก่

วิธีการเตรียม

1. ผสมน้ำซุปเข้มข้นกับน้ำในอัตราส่วน 1:2

2. นำไปต้มด้วยไฟกลางรอให้เดือด เติมหัวไชเท้าหั่นเป็นชิ้นต้มต่อให้สุกจะได้น้ำซุปไก่ใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

Research Gate.2007. Sodium alginate. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.researchgate.net. 2 พฤศจิกายน 2562

นันทิยา พาหุมันโต.2009.วิทยานิพนธ์ เรื่อง คุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสของเต้าหู้ยี้ที่หมักแบบธรรมชาติ. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาลัยวิทยาลัยสงขลานครินทร์.36-47.

เคมีภัณฑ์.2010.แคลเซียม แลคเตท.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:https://www.chemipan.com 2 พฤศจิกายน 2562

Drug bank.2013. Calcium lactate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.drugbank.ca 2 พฤศจิกายน 2562

Esslinger Foods.2016.แคลเซียม แลคเตท. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://esslingerfoods.com. 2 พฤศจิกายน 2562

Molecular Thai food.2016.แคลเซียม แลคเตท. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.research-system.siam.edu.2 พฤศจิกายน 2562

Pubchem.2018. Calcium lactate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.2 พฤศจิกายน 2562

EU Food Improvement Agents.2018. Calcium lactate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://eur-lex.europa.eu 2 พฤศจิกายน 2562

วารสาร ASIA PACIFIC FOOD INDUSTRY THAILAND MARCH .2018. Calcium lactate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://eur-lex.europa.eu. 2 พฤศจิกายน 2562

อัจฉรา ดลวิทยาคณุ* และ วรรณวิมล พุ่มโพธิ์, 2018.การผลิตทับทิมกรอบโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ.เข้าถึงได้จาก: วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 13 ฉบับที่ 2: 49-59

พัชรี คำประเวช* และ สุธีรา วัฒนกุล, 2018.การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. เข้าถึงได้จาก: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 26 ฉบับที่ 8 : 1382-1393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม(ต่อ)

Arshine.2019. sodium alginate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.arshinefoodadditives.com. 2 พฤศจิกายน 2562

ณปภัช พิมพ์ดี.เกลือ.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.scimath.org/lesson-chemistry. 4 เมษายน 2563

ศุกฤตย์ ไทยอุดม. การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของอาหาร.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/2302/1/bib1536.pdf.13 เมษายน 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล แก่นนคร อาษานอก
วัน เดือน ปี เกิด 10 มกราคม 2541
ประวัติการศึกษา ปี 2559 จบการศึกษามัธยมตอนปลาย โรงเรียนเทพลีลา กรุงเทพฯ แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
ปี 2559 ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะอุตสาหกรรมเกษตร
ประสบการณ์ทำงาน ผู้ช่วยนักวิทยาศาสตร์ แผนกห้องปฏิบัติการเคมี
บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

ชื่อ-นามสกุล ปรีดิณัฐ จำปาเงิน
วัน เดือน ปี เกิด 9 กันยายน 2540
ประวัติการศึกษา ปี 2559 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
ปี 2559 ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะอุตสาหกรรมเกษตร
ประสบการณ์ทำงาน ฝ่ายควบคุมคุณภาพ (QC) บริษัท อาซันเซอร์วิส จำกัด ปทุมธานี

ชื่อ-นามสกุล ศศิพิมพ์ สิทธิธรรม
วัน เดือน ปี เกิด 25 กันยายน 2540
ประวัติการศึกษา ปี 2559 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสารสาสน์วิเทศรังสิต แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
ปี 2559 ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะอุตสาหกรรมเกษตร
ประสบการณ์ทำงาน ฝ่ายควบคุมคุณภาพ (QC) บริษัท อาซันเซอร์วิส จำกัด ปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้