สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง

(Rice Cooking By Ohmic Heating)

นายองอาจ เสรีรัตน์ประสาน รหัสนักศึกษา 47040861

วพ.
ต1177
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85394
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12010315
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง

Rice Cooking By Ohmic Heating

จัดทำโดย

นายองอาจ เสรีรัตน์ประสาน รหัสนักศึกษา 47040861

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....ปรมาภ ฟักแผน..... .....5...../...เม.ย...../.2553... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ปรมาภ ฟักแผน.)

นาย องอาจ เสรีรัตน์ประสาน 2550 – 2551 : การศึกษาการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง (Rice Cooking By Ohmic Heating) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ประมวล ศรีกาหลง

บทคัดย่อ

จากการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่เหมาะสมในการนำไปหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรง ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:2 จะเป็นค่าอัตราส่วนในการหุงข้าวที่ดีที่สุด โดยข้าวจะสุกสม่ำเสมอกัน และ ขั้นตอนศึกษาวิธีการหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรงร่วมกับการเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่อัตราส่วนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการหุงสั้น แต่ไม่สามารถทำให้ข้าวสุกได้ ดังนั้นการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ จึงไม่มีความจำเป็น และจากการศึกษาทดลองการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง (ohmic Heating) โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์นี้ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์แต่ละอัตราส่วน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับอุณหภูมิ ในช่วงก่อนการลดลงของค่าการนำไฟฟ้า คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น และเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงในทุกความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ เนื่องจากข้าวเกิดการพองตัวและดูดน้ำเข้าไปในเม็ดแป้งร่วมกับ การดูดเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้าไปด้วย ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะลดลงอย่างทันที เมื่อน้ำแห้งจนหมด เนื่องจาก ไม่มีสารเหลวที่เป็นอิเล็คโตรไลต์เหลืออยู่

องอาจ เสรีรัตน์ประสาน	ประมวล ศรีกาหลง	5 / เม.ย. / 2551
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน / เดือน / ป

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดขอขอบคุณ ดร.ประมวล ศรีกาหลง ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ เป็นอย่างสูงที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าที่คอยแนะนำให้แนวคิด ความช่วยเหลือและดูแลแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นด้วยและขอขอบคุณ อาจารย์ กัลยาณี เต็งพงศธร และ อาจารย์จิราภรณ์ สิริสัณห์ อาจารย์คณะกรรมการที่สละละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาและแนะนำแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ให้มีความถูกต้องและสมบรณ์ยิ่งขึ้นขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปกิบัติการ เจ้าหน้าที่อาคาร์สถานที่ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ และเพื่ อนทุกๆคนที่คอยให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ร่วมทั้งทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่มีหลักสูตรปัญหาพิเศษนี้ขึ้น

รายงานนี้ สำเร็จด้วยดีเนื่องจากความดีงามและความมีน้ำใจของทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะ อาจารย์ประมวล ศรีกาหลง ที่ให้กำลังใจ ไม่ถือตัวกับลูกศิษย์เวลาให้คำปรึกษาและต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้จัดทำมีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ เสมอมาในทุกๆ ด้าน ผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

.....ลงชื่อ.....เสรีรัตน์ประสาน.....

(นายองอาจ เสรีรัตน์ประสาน)

4 เม.ย. 2551

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	3
2.1 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของโอห์มมิค	3
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง	9
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	9
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง	14
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
4.1ผลการทดลองระหว่างอัตราส่วนข้าวต่อน้ำและเวลาในการหุงข้าว	17
4.2 ผลการทดลองที่อัตราส่วนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการทดลอง	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก	33
ภาคผนวก ข	37

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้
ในการที่หุงข้าวที่อัตราส่วนต่างๆ 18

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงเวลาใน
การหุงข้าวที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำระดับต่างๆ 34

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าใน
การคำนวณหาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4 กรัม 35

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าในการคำนวณ
หาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 6 กรัม 35

ตารางที่ ก.4 แสดงผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้า ในการคำนวณ
หาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 8 กรัม 36

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการให้ความร้อนแบบ Ohmic heating 4
ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 9
ภาพที่ 3.2 แสดงมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) 10
ภาพที่ 3.3 แสดงมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า (Ampmeter) 10
ภาพที่ 3.4 แสดงสวิตช์ปิด-เปิด (Circuit breaker) 11
ภาพที่ 3.5 แสดงสายไฟฟ้า 11
ภาพที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ 12
ภาพที่ 3.6 แสดงมิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิของสารละลาย (Thermostat 12
ภาพที่ 3.8 แสดงกล่องอะคริลิก 13
ภาพที่ 3.9 แสดงแผ่นสแตนเลส 13
ภาพที่ 3.10 แสดงตัวเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า 15
ภาพที่ 3.11 แสดงการประกอบตัวเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า 15
ภาพที่4.1 แสดงลักษณะเม็ดข้าวแต่ละชั้น ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1 19
ภาพที่4.2 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1 19
ภาพที่4.3 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5 20
ภาพที่4.4 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5 21
ภาพที่4.5 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2 22
ภาพที่4.6 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2 22
ภาพที่4.7 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5 23
ภาพที่4.8 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5 24
ภาพที่1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวต่อน้ำและเวลาในการหุง 17
ภาพที่2 กราฟแสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ 25
ภาพที่3 กราฟแสดงค่าการนำไฟฟ้าผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ 4 : 1000 กรัม 26
ภาพที่4 กราฟแสดงค่าการนำไฟฟ้าผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ 6 : 1000 กรัม 27
ภาพที่5 กราฟแสดงค่าการนำไฟฟ้าที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ 8 : 1000 28

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของการศึกษา

กระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารต่างๆมีรูปแบบอยู่ด้วยกันด้วยกันหลายวิธี ซึ่งกระบวนการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค เป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ได้พลังงานความร้อนออกมา โดยความร้อนที่ได้นั้นมีหลักการที่คล้ายกับความร้อนที่เกิดจากไส้หลอดไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ กล่าวคือ เมื่อให้ความต่างศักย์กับสสารใดๆ แล้วจะเกิดกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในเนื้อของผลิภัณฑ์ (ของแข็ง ของเหลว หรือ ของผสม) ที่มีความต้านทานค่าหนึ่งส่งผลให้ผลิภัณฑ์นั้นเกิดพลังงานความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว การให้ความร้อนอาหารโดยใช้กระแสไฟฟ้าหรือการให้ความร้อนด้วยวิธีโอห์มมิค (Ohmicheating) เป็นเทคนิคการให้ความร้อนโดยตรงแก่อาหารโดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในอาหารซึ่งมีคุ ณสมบัตินำไฟฟ้าได้สารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้ เรียกว่า " สารละลายอิเล็กโทรไลต์(Electrolytic solution)" เช่ น สารละลายกรดเกลือ ถ้าเป็นกรดที่มี ปริมาณการแตกตัว 100% มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีมาก เรียกว่า กรดแก่ ได้แก่ H_2SO_4 , HCl , HBr , HI , HNO_3และ $HClO_4$ ถ้ าเป็นกรดที่มีปริมาณการแตกตัวน้ อยมีความสามารถในการนำไฟฟ้าต่ำ เรียกว่ า กรดอ่อนได้แก่ กรดอินทรีย์ และกรดอนินทรี ย์อื่น ๆ รวมทั้งกรดที่ ใส่ในอาหาร ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อาหารร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอ ทำให้ภายในเนื้ออาหารเกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วและพร้อมกั นทุกจุด กระบวนการนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แก้ ไขปัญหาด้านการความร้อนไม่ทั่วถึ งและลดการสูญเสี ยคุณค่าทางโภชนาการ และมี การนำไปพัฒนาใช้ ในกระบวนการผลิตอาหารด้านความร้อนต่างๆ เช่น การพาสเจอร์ไรส์ การสเตอริไลส์และการลวก หรือต้ม

ดังนั้นในปัญหาพิเศษนี้ครั้งนี้จึงได้ศึกษาทดลองค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร เพื่อศึกษาการหุงข้าวหอมมะลิโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง และศึกษาการหุงข้าวหอมมะลิโดยการผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ เวลาในการหุงข้าวหอมมะลิจนถึงน้ำแห้งพอดี

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิและน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวโดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง(ohmic heating)
2. ศึกษาวิธีการหุงข้าวโดยใช้การให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (ohmic heating)

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

1. สร้างชุดการทดลองการให้ ความร้อนแบบโอห์มมิคเพื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย
2. สอบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้น
3. ศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ทั้งแสดงความสัมพันธ์ออกมาในรูปของกราฟ
4. หาสมการค่าการนำไฟฟ้าที่ถูกต้องโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบกระบวนการเกิดความร้อนแบบโอห์มมิค
2. สามารถหาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิและน้ำที่เหมาะสมในการหุงข้าวโดยการให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง(ohmic heating)
3. สามารถหาวิธีการหุงข้าวโดยใช้การให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าโดยตรง (ohmic heating) ที่เหมาะสม

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

2.1ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานหลักการพื้นฐานของการเกิดความร้อนแบบโอห์มมิค

กระบวนการให้ความร้อนแบบ Ohmic heating เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน โดยอาศัยค่าความต้านทานของอาหารที่มีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดค่าได้ในรูปคุณสมบัติ การนำไฟฟ้าของอาหารสามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยให้ความเข้มของสนามไฟฟ้าแก่อาหาร จะเกิดกระแสไฟฟ้าวิ่งผ่านเข้าไปในอาหารนั้น ทำให้เกิดพลังงานความร้อนมากขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมาก

2.1.1 กฎของโอห์ม

ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ ไฟฟ้าที่จะใส่เข้าไปในวงจร ไฟฟ้านั้น ๆ เพราะฉะนั้น ความสำคัญของวงจรที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าใด ๆ เกิดขึ้นคือทำอย่างไรจึงจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในวงจรมากเกิ นไปซึ่ งจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดเสียหายหรือวงจรไหม้เสียหายได้ ยอร์จซีมอน โอห์ม (1831) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันให้ความสำคัญของวงจรไฟฟ้า และสรุปเป็นกฎออกมาดังนี้ คือ

1. ในวงจรใด ๆ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรนั้นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า

$$I\ (\text{กระแสไฟฟ้า}) \propto E\ (\text{แรงดันไฟฟ้า})$$

2.) ในวงจรใด ๆ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรนั้นจะเป็นปฏิภาคโดยกลับกับความต้านทานไฟฟ้า

$$I \propto 1 / R\ (\text{ความต้านทาน})$$

เมื่อรวมความสัมพันธ์ทั้ง 2 เข้าด้วยกัน และเมื่อ K เป็นค่าคงที่ของตัวนำไฟฟ้า จะได้สูตร

$I \propto 1/R$

$I = K(1/R)$

เพราะ ว่า $K = 1$

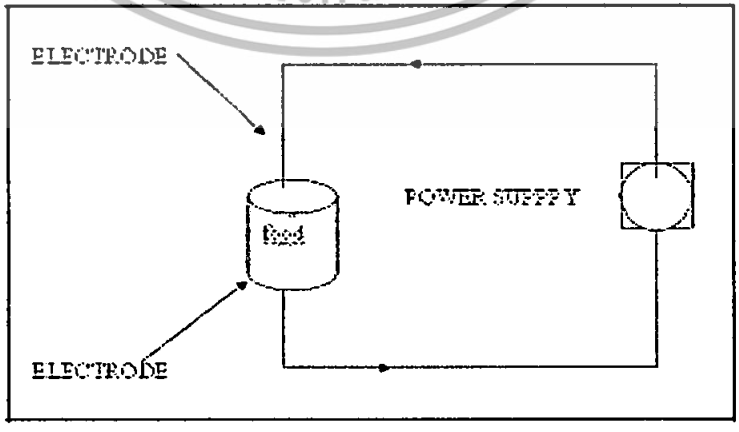
$I \propto E/R$

$\propto$ หมายถึง แปรผัน

K หมายถึง ค่าคงที่

2.1.2 หลักการพื้นฐานของการเกิดความร้อนแบบโอห์มมิค

กระบวนการให้ความร้อนแบบ Ohmic heating เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้ อน โดยอาศัยค่าความต้านทานของอาหารที่มี ผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดค่าได้ในรูปคุณสมบัติ การนำไฟฟ้ าของอาหารสามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยให้ความเข้มของสนามไฟฟ้ าแก่อาหารเหลวจะเกิดกระแสไฟฟ้ าวิ่ งผ่านเข้าไปในอาหารเหลวนั้น ทำให้เกิดพลังงานความร้อนมากขึ้นอย่ างรวดเร็ วและมีปริมาณมาก ซึ่งสามารถนำประโยชน์ จากกระบวนการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเหลว



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการให้ความร้อนแบบ Ohmic heating

ในการให้ความร้อนในกระบวนการ Ohmic heating นี้ ค่าการนำไฟฟ้าของอาหารเป็นตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของอาหารเป็นตัวกำหนดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น โดยค่าการนำไฟฟ้านี้เราจะพิจารณาได้จากสมการ

$$\sigma = iL / Av \qquad (2.1)$$

σ = ค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร (S / m)

A = พื้นที่หน้าตัดของขั้วอิเลคโทรด (m2)

i = กระแสไฟฟ้า (ampere)

L = ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (m)

v = แรงดันไฟฟ้า (volt)

โดยพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ohmic นี้จะเป็นไปตามสมการ

$$Q = \sigma_T E^2 \qquad (2.2)$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อน (Watt / m3)

E = ความเข้มสนามไฟฟ้า (V / m)

σT = ค่าการนำไฟฟ้าของอาหารที่อุณหภูมิใดๆ (S / m)

การที่จะคำนวณการกระจายอุณหภูมิในกระบวนการ ohmic ให้ถูกต้องตรงกั บความเป็นจริงต้ องใช้การคำนวณที่ยุ่ งยากซับซ้อน เช่ น การใช้วิธี Finite element ซึ่ งต้องใช้ คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำที่มากและใช้เวลานานแต่เราสามารถสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์อย่างง่ายโดยสมมติสภาวะการต่างๆเพื่อทำให้การคำนวณง่ายขึ้น และเป็นไปได้ในการปฏิบัติดังนี้ คือ

- ตัวอย่างอาหารอยู่นิ่ง
- การนำและการพาความร้อนระหว่างของเหลวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอุณหภูมิทุกๆ จุดของอาหารจะมีค่าเท่ากัน

- ความเข้มของสนามไฟฟ้ามีให้แก่ระบบมีค่าคงที่
- ค่าการนำไฟฟ้าของอาหารมีความสม่ำเสมอในทุกจุด
- ระบบไม่มีการสูญเสียความร้อน
- อัตราการเกิดความร้อนไม่ขึ้นกับตำแหน่งภายในเครื่องให้ความร้อน

2.1.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซลล์สำหรับการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค

Halden , De Alwis และ Fryer (1990) ได้สร้างเซลล์ให้ความร้อนแบบ ohmic ทำจากกล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพีลีนขนาด 184*70*77 มิลลิเมตร ด้านในของกล่องมีขั้วไฟฟ้าชนิดเดียวกับที่ใช้ในทางการค้าติดตั้งอยู่ โดยต่อผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อปรับแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าเมน (Main supply) ที่มีแรงดันไฟฟ้า 240 โวลท์ ความถี่ 50 เฮิร์ต ให้เหลือ 200 โวลท์ สายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K (K- type thermocouples) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ถูกนำมาใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลระบบคอมพิวเตอร์

Palaniappan และ Sastry (1991) สร้างเซลล์โดยใช้ท่อแสตนเลสยาว 12.5 นิ้วเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 / 16 นิ้ว ด้านในของท่อสแตนเลสมีปลอกเทฟลอนสวมอยู่ (เพื่อให้เป็นฉนวนไฟฟ้า) ส่วนกลางท่อมีปล่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 / 16 นิ้ว สำหรับใส่ตัวอย่างและเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด T (T-type thermocouple) ที่ปลายทั้งสองด้านของท่อ มีขั้วไฟฟ้าที่ทำจากแผ่นโรเดียม (Rhodium plated stainless steel electrodes) สวมอยู่กับ Teflon pressure caps และ Compression fittings เซลล์ของ Gupta และ Jindal (1992) ประกอบด้วย ท่ออคริลิก (Acrylic) ยาว 8 เซนติเมตรเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4 เซนติเมตร ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของท่อ มีขั้วไฟฟ้าที่ทำจากแผ่นสแตนเลสติดอยู่ กับซีลยางและแผ่นประกบ โดยใช้นี อตและสกรู เป็ นตัวยึดให้ แน่น ตามแนวยาวของท่อมี ช่องสำหรับเสียบเทอร์โมคัปเปิ้ล 3 ช่อง โดยช่องหนึ่งเสียบที่ตำแหน่ งกลางของท่อ ส่วนอี ก 2 ช่องที่เหลืออยู่ห่าง จากปลายท่อข้างละ 1 เซนติเมตร

2.1.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของอาหาร

1.) อุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของอาหารสำหรับตัวอย่างอาหารเหลวFryer และ คณะ (1993) สร้างอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าสำหรั บอาหารเหลวประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ ระบบไฟฟาที่ป้อนที่มีแรงดันไฟฟ้ า 240 โวลท์ ความถี่ 50 เฮิร์ต หม้อแปลงไฟฟ้าปรับแรงดันได้ เครื่องมือวั ดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า, เครื่องบั นทึกอุณหภู มิ, สายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเค (K-type thermocouples) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ที่ปลายสายจะหุ้มด้วยโพลิเมอร์

เพื่อป้ องกันสัญญาณรบกวนการผ่ านไฟฟ้ากระแสสลับไปยังอาหารที่มีต่อระบบการวัดอุณหภูมิเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ในการบันทึกข้อมูลและควบคมการทำงานของระบบ ขั้วอิเลคโทรด 2 ขั้วทำจากแผ่นสแตนเลส (Stainless steel) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 7.5*7.5 เซนติ เมตร เซลล์สำหรับการให้ ความร้อนแบบ ohmic (Electric cell) ทำจากกล่องพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนขนาด 7.0*7.77*18.4 เซนติเมตร

Gupta และ Jindal (1992) พัฒนาเซลล์สำหรับหารให้ความร้ อนแบบ ohmic ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดการสูญเสียความร้อนจากตัวอย่างอาหารสู่ภายนอก โดยตัวเซลทำจากท่ออะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 40 มิลลิเมตร ความยาว 80 มิลลิเมตร ที่ปลายท่อทั้งสองด้านมีขั้วอิเลคโทรดทำจากแผ่นเหล็กไร้สนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิ ลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นได้สอบเทียบ (Calibration) เพื่อดูความแม่นยำและความถูกต้อง โดยใช้สารละลายมาตรฐานสารละลายน้ำเกลือ ความเข้มข้น 0.1 และ 0.2 โมลาร์ เป็นตัวอย่างในการสอบเทียบ

Palaniappan และ Sastry (1991) พัฒนาอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของอาหารเหลวซึ่งประกอบด้ วย หม้อแปลงไฟฟ้าปรั บแรงดันได้ เครื่องมือวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เครื่องคอมพิวเตอร์และเซลล์สำหรั บให้ความร้อนแบบโอห์ มมิค ซึ่งทำ าจากท่อสแตนเลสความยาว 12.5 นิ้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15/16 นิ้ว ด้านในท่อสแตนเลสมีปลอกเทฟลอนทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าสวมอยู่ ตรงกลางท่อติดตั้งท่อขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว สำหรับบรรจุตัวอย่างอาหารและเสียบสายเทอร์โมคัปเปิล ที่ปลายท่อทั้งสองด้านมีขั้วอิเลคโทรดซึ่งทำจากแผ่นโรเดียม (Rhodium plated stainless steel electrode)

2.) อุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าสำหรับอาหารชิ้น

Miitchell และ De Alwis (1989) พัฒนาอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าสำหรับชิ้นอาหารที่ความถี่50 เฮิร์ ต อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เซลล์ สำ หรับสร้างความร้ อนแบบ Ohmic ทำจากท่อที่เป็นฉนวนไฟฟ้ า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร วางในแนวตั้งมีตัวยึ ดทั้งด้ านบนและด้านล่าง ปลายท่อด้านล่างมีขั้ วอิ เลคโทรดยึดติ ดอยู่ ส่วนปลายท่อด้านบนขั้วอิเลคโทรดถูกยึดติ ดไว้ที่ปลายหัวกดที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ เพื่อให้ขั้วอิเลคโทรดสัมผัสผิวหน้าของชิ้นอาหารที่มีความยาวต่างๆ กัน

Palaniappan และ Saatry (1991)สร้างเซลล์สำหรับให้ความร้อนแบบ Ohmic โดยตัวเซลล์ทำจากท่อสแตนเลส และมีปลอกเทฟลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.35 เซนติเมตร ซ้อนอยู่ภายในที่ปลายทั้งสองด้านของท่อมีขั้วอิเลคโตรดที่ทำจากแผ่นโลหะโรเดียม โดยมีระยะห่างระหว่างขั้วอิเลคโทรด 1 เซนติเมตร หลังจากปล่อยกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันไฟฟ้า 60 โวลต์ ความถี

60 เฮิร์ต ผ่านตัวอย่าง จะมีการบันทึกอุ ณหภูมิ แรงดั นไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกข้อมูลดังกล่าวจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและควบคุมการทำงานของระบบ

2.2 การนำไฟฟ้าของสารละลายกรด

สารละลายที่นำไฟฟ้าได้เรียกว่า " สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic solution) " เช่น สารละลายกรดเกลือ

- ถ้านำไฟฟ้าได้มาก เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ (strong electrolyte) เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์

- ถ้านำไฟฟ้าได้น้อย เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน (weak electrolyte) เช่น สารละลายกรดอะซิติก

- ถ้าเป็นสารละลายที่ไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า " สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ (Non-electrolytic solution) " เช่น สารละลายกลูโคส

การที่ สารละลายอิเล็ กโทรไลต์ นำไฟฟ้าได้ เพราะในสารละลายมีไอออนซึ่ งมี ประจุ ไฟฟ้าเรียกว่า ไอออนบวก และไอออนลบ กล่ าวคือ เมื่อสารละลายในน้ำจะมีการแตกตัวออกเป็นสองส่วนและมีประจุ ตรงกันข้ามกัน แต่ ละส่วนเรี ยกว่า " ไอออน " ไอออนส่วนหนึ่ งจะมีประจุไฟฟ้าบวกเรียกว่า " ไอออนบวก " ไอออนอีกส่วนหนึ่งจะมีประจุไฟฟ้าลบเรียกว่า " ไอออนลบ " (มีปริมาณเท่ากับไอออนบวก) เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้า ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าลบ และ ไอออนลบจะเคลื่ อนที่ เข้าหาขั้ วไฟฟ้าบวกไอออนบวกที่เคลื่อนที่เข้าหาขั้ วไฟฟ้าลบจะไปรับประจุลบหรืออิเล็กตรอน ส่วนไอออนลบที่เคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าบวกจะเป็นตัวพาประจุลบไปให้ขั้วไฟฟ้าไหลวนเวียนกันอยู่ในสารละลาย จึงก่อให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

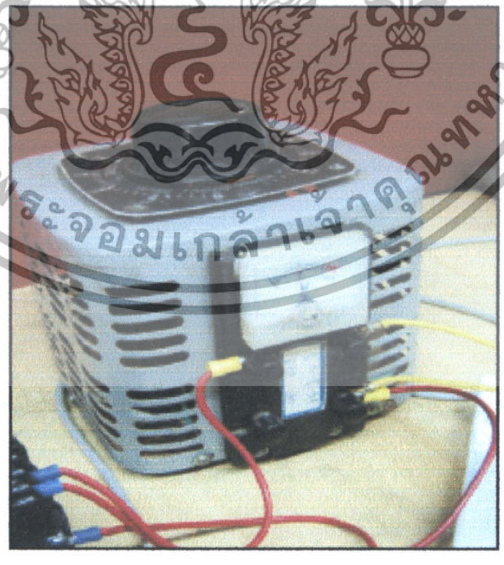
การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรก คือ หาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่เหมาะสมในการนำไปหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรง

ศึกษาวิธีการหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรงร่วมกับการเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

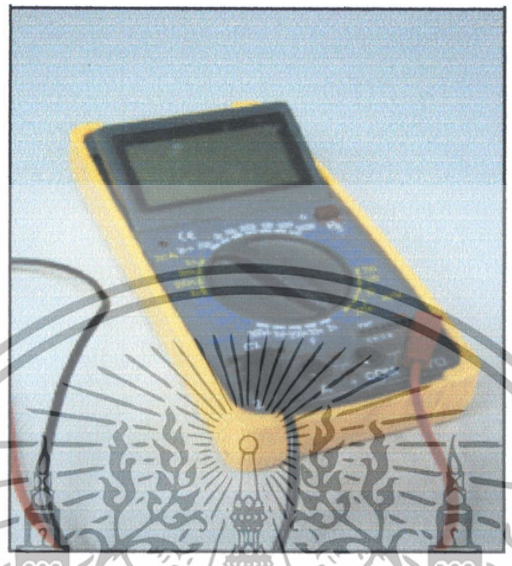
3.1.1 อุปกรณ์ในระบบวงจรไฟฟ้า

•เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (Regulator transformer)



ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

• มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)



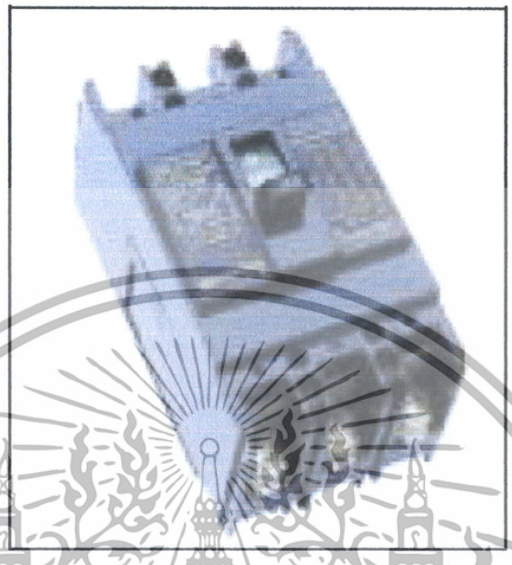
ภาพที่ 3.2 แสดงมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)

• มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า (Ampmeter)

ภาพที่ 3.3 แสดงมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้า (Ampmeter)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

• สวิตช์ปิด-เปิด (Circuit breaker)

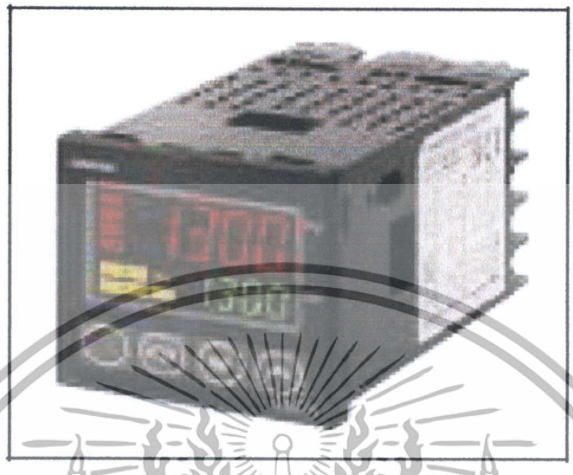


ภาพที่ 3.4 แสดงสวิตช์ปิด-เปิด (Circuit breaker)

• สายไฟฟ้าแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.5 แสดงสายไฟฟ้า

• มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิของสารละลาย (Thermostat)



ภาพที่ 3.6 แสดงมิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิของสารละลาย (Thermostat)

• อุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ (Resistance Temperature Detector : RTD PT 100 Ω)

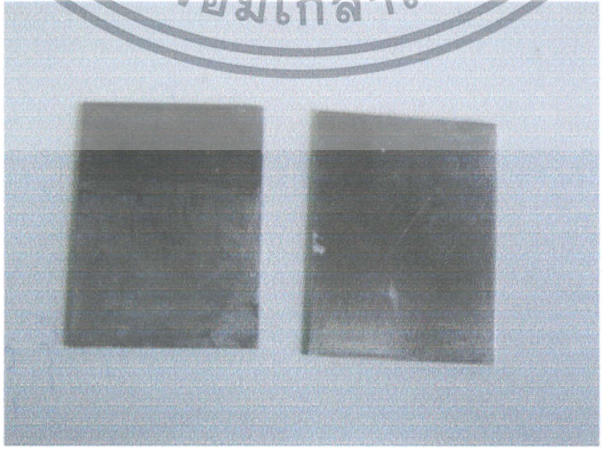
ภาพที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ

3.1.2 อุปกรณ์ทางเทคนิค

• กล่องอะคริลิก หนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 7 x 7 x 7 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ภาพที่ 3.8 แสดงกล่องอะคริลิก

• แผ่นสแตนเลส หนา 0. 5 มิลลิเมตร ขนาด 6 x 8 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.9 แสดงแผ่นสแตนเลส

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ทางเคมี

- บีกเกอร์
- ขวดวัดปริมาตร

3.1.4 สารละลายที่ใช้

- สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ระดับความเข้มข้น 4 กรัม ต่อ น้ำ 1000 กรัม , 6 กรัม ต่อ น้ำ 1000 กรัม และ 8 กรัม ต่อ น้ำ 1000 กรัม

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

1.) หาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่เหมาะสมในการนำไปหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรง

1.1) ผสมข้าวต่อน้ำเป็น ข้าว 50 กรัม : น้ำ 50 กรัม , ข้าว 50 กรัม : น้ำ 75 กรัม , ข้าว 50 กรัม : น้ำ 100 กรัม , และข้าว 50 กรัม : น้ำ 125 กรัม

1.2) นำไปหุงด้วยเซลล์ไฟฟ้า โดยใช้ ไฟ 150 โวลต์ บันทึกเวลา, อุณหภูมิ,กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า จนกระทั่งน้ำในเซลล์แห้งหมด

1.3) คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ ในแต่ละอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ และดูลักษณะของเม็ดข้าวที่หุงที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่างๆกัน

2.) ศึกษาวิธีการหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรงร่วมกับการเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

2.1) เตรียมสารละลาย เกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยใช้ เกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำดังนี้คือ 4 กรัม :1000 กรัม, 6 กรัม :1000 กรัม และ 8 กรัม :1000 กรัม

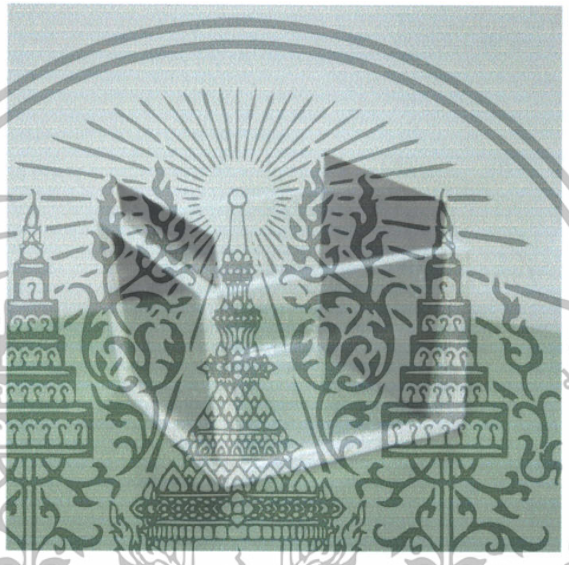
2.2) ผสมข้าวต่อสารละลาย เกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่อัตราส่วนที่เหมาะสม ที่ทดลองได้จากการทดลองตอนที่ 1

2.3) นำไปหุงด้วยเซลล์ไฟฟ้า โดยใช้ ไฟ 150 โวลต์ บันทึกเวลา, อุณหภูมิ,กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า จนกระทั่งน้ำในเซลล์แห้งหมด

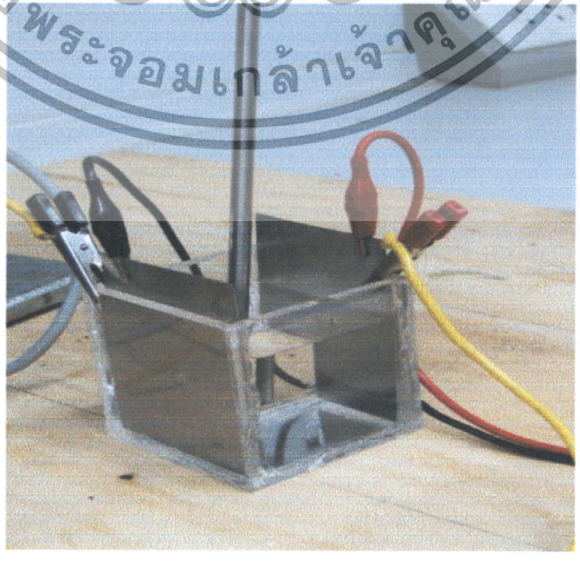
2.4) คำนวณค่าการนำไฟฟ้าที่ใช้ ในแต่ละอัตราส่วนข้าวต่อสารละลาย เกลือโซเดียมคลอไรด์ และดูลักษณะของเม็ดข้าวที่หุงที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำต่างๆกัน

1.) ตัวเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้าใช้แผ่นพลาสติกอะครีลิกใสหนา 0.5 เซนติเมตร ประกอบเป็นรูปกล่องทรงสี่เหลี่ยม ขนาดภายนอก 7 x7 x7 เซนติเมตร วัดขนาดภายในกล่องขนาด 6 x 6 x 5 เซนติเมตร เชื่อมติดด้วยกาวไดคลอโรมีเทนและเคลือบด้วยซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่ว

2.) ขั้วอิเลคโทรดที่ใช้คือ แผ่นสแตนเลส จำนวน 2 แผ่น ขนาด 6x 8 เซนติเมตร มาประกบในเซลล์ทั้งสองด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน



ภาพที่ 3.10 แสดงตัวเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า



ภาพที่ 3.11 แสดงการประกอบตัวเซลล์ที่ใช้ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า

3.2.1 การ วัดค่าการนำ ไฟฟ้า

ในการศึกษานี้จะใช้อัตราส่วน ข่าวหอมมะลิ ต่อ น้ำ ที่ระดับต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1 : 1 , 1 : 1.5 , 1 : 2 , และ 1 : 2.5 เมื่อต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าแล้วมาวัดค่าการนำไฟฟ้าจากอุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็น 150 โวลต์ จากนั้นเปิดสวิตช์ เบรกเกอร์ให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากมิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในวงจร และอ่านค่าอุณหภูมิ (ต้องบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าทันทีเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า) นำค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลงในสารละลาย , ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ , ระยะห่างระหว่างขั้วอิเลคโทรดและขนาดพื้นที่หน้าตัดของขั้วอิเลคโทรด มาคำนวณค่าการนำไฟฟ้า เมื่อได้ค่าการนำไฟฟ้าแล้วให้นำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ในอัตราส่วนระหว่าง ข้าว ต่อ น้ำ ในระดับค่าต่างๆ ซึ่งมีหน่วยของค่าการนำไฟฟ้าเป็นซีเมนต์ต่อเมตร (S/m) โดยการเขียนกราฟและหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองกับค่าอุณหภูมิที่ได้ของอัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำในระดับต่างๆ

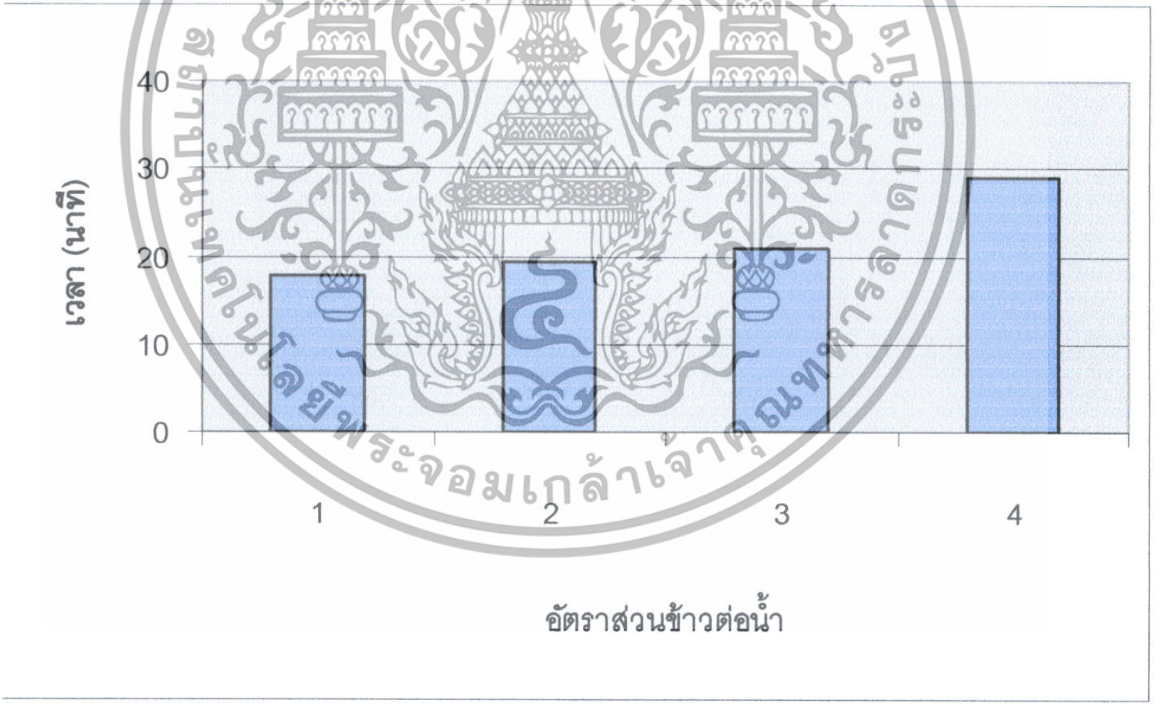
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ

จากการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆคือ อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 1 , 1 : 1.5 , 1 : 2 และ 1 : 2.5: นำไปหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรง จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวต่อน้ำและเวลาในการหุงข้าว ดังแสดงแสดงในกราฟที่1 และในการศึกษาทดลองในอัตราส่วนระหว่าง ข้าวหอมมะลิ ต่อ น้ำ 1:2 จะเป็นค่าอัตราส่วนในการหุงข้าวที่ดีที่สุด โดยข้าวจะสุกสม่ำเสมอกันทุกเม็ด และไม่แข็งหรือแฉะจนเกินไป



กราฟที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนข้าวต่อน้ำและเวลาในการหุงข้าว

โดย 1 หมายถึง อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำเป็น 1:1

2 หมายถึง อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5

3 หมายถึง อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำเป็น 1:2

4 หมายถึง อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5

85394

เมื่อหาอัตราส่วนระหว่างข้าวหอมมะลิต่อน้ำที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 1 : 1 , 1 : 1.5 , 1 : 2 และ 1 : 2.5มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยงเวลา , ค่ากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในการหุงข้าว โดยจะใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 150 โวลต์เท่ากัน จะแสดงได้ดังตารางที่1

อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ	เวลา (นาที)	I (แอมแปร์)	V (โวลต์)	P (วัตต์)
1:1	17.5 ± 0.354 a	0.5	150	75
1:1.5	19.0 ± 0.354 b	0.65	150	97.5
1:2	21.0 ± 0.000 c	0.68	150	102
1:2.5	25.0 ± 0.000 d	0.68	150	102

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในการที่หุงข้าวที่อัตราส่วนต่างๆ

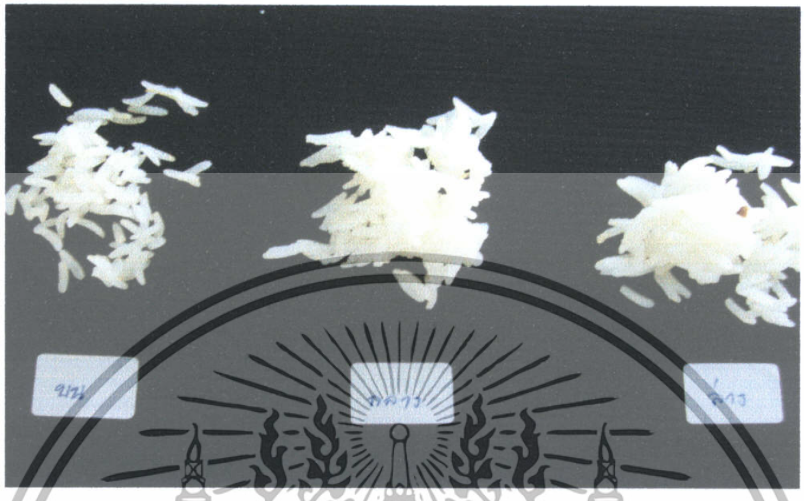
4.1.1 อัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำเป็น 1:1 และหุงข้าวจนน้ำแห้งหมดพบว่าลักษณะเม็ดข้าวที่หุงได้จะสุกไม่สม่ำเสมอกันเมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวแต่ละชั้นในเซลล์ไฟฟ้า จะพบลักษณะดังนี้

ข้าวชั้นบน แข็งเป็นเม็ดข้าวสารอยู่ มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ไม่เหนียว

ข้าวชั้นกลาง แข็งมีกลิ่นหอมและนุ่มบ้างเล็กน้อยไม่เหนียวไม่หนืด

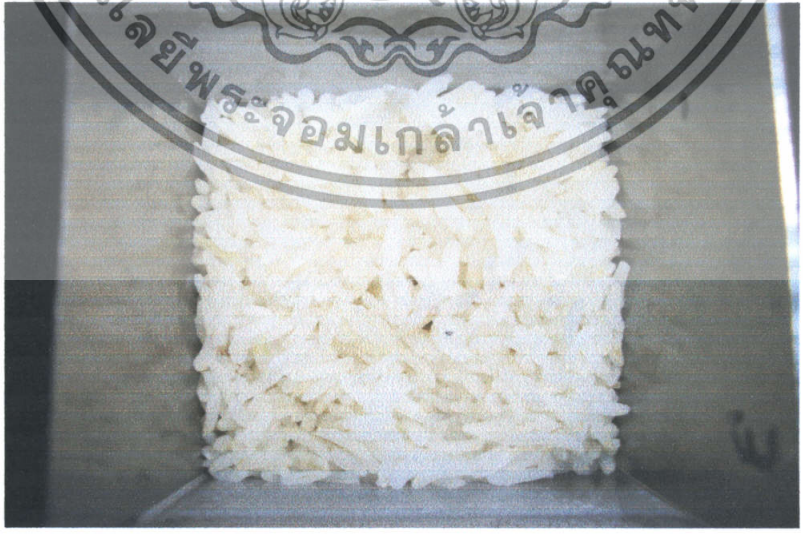
ข้าวชั้นล่าง อ่อนนุ่มเล็กน้อย มีกลิ่นหอม เม็ดข้าวเริ่มบานออกเป็นเม็ดข้าวสุข สีขาวใส เนื่องจากว่าข้าวหอมมะลิใหม่ มีความนุ่มตัวเร็วในปริมาณน้ำน้อย

- แสดงลักษณะเม็ดข้าวแต่ละชั้น ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1



ภาพที่4.1 แสดงลักษณะเม็ดข้าวแต่ละชั้น ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1

- แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1

4.1.2 อัตราส่วนระหว่างข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5 และหุงข้าวจนน้ำแห้งพบว่าลักษณะเม็ดข้าวที่หุงได้เมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวแต่ละชั้นในเซลล์ไฟฟ้า จะพบลักษณะดังนี้

ข้าวชั้นบน แข็งแต่เริ่มมีความนุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอมบ้างเล็กน้อย

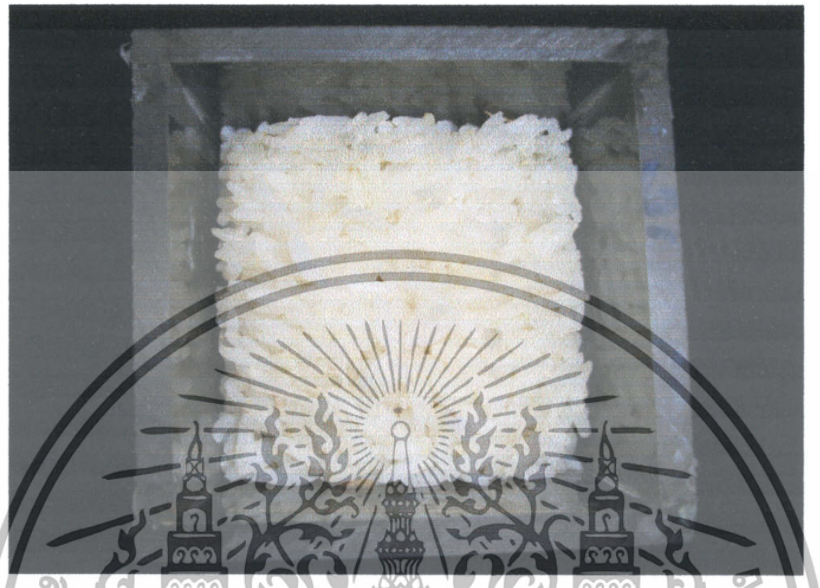
ข้าวชั้นล่าง แข็งปานกลาง กลิ่นหอม นุ่มเหนียว มีสีขาวใส

ข้าวชั้นล่าง แข็งไม่มาก มีกลิ่นหอม นุ่ม กินได้ แต่ยังแข็งอยู่เนื่องจากอัตราส่วนน้ำต่อข้าวไม่พอดีกับการพองตัวของเม็ดข้าวดิบ

- แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5

ภาพที่4.3 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5

- แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5



ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:1.5

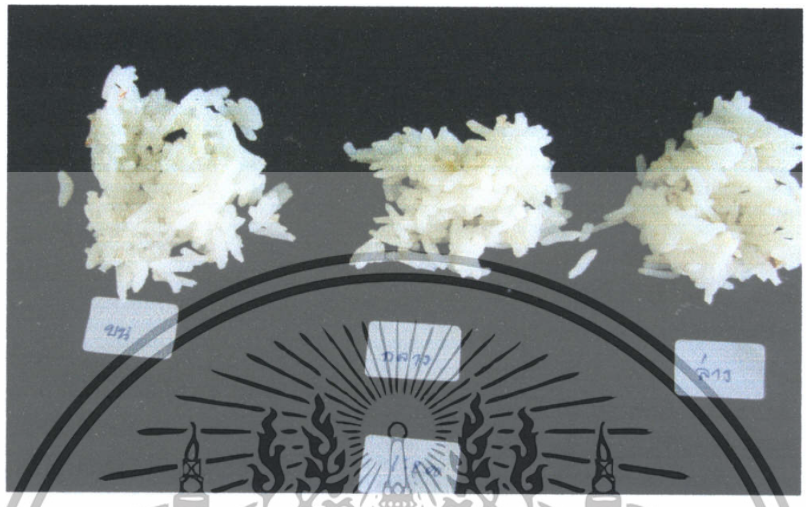
4.1.3 อัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำเป็น 1:2 และหุงข้าวจนน้ำแห้งพบว่าลักษณะเม็ดข้าวที่หุงได้เมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวแต่ละชั้นในเซลล์ไฟฟ้า จะพบลักษณะดังนี้

ข้าวชั้นบน มีกลิ่นหอม นุ่ม มีความเหนียวเล็กน้อย เม็ดข้าวบานออกเต็มที่สุก ทุกเม็ด สีขาวสวยงามน่ารับประทาน

ข้าวชั้นกลาง มีกลิ่นหอม นุ่ม มีความเหนียวเล็กน้อย เม็ดข้าวบานออกเต็มที่สุกทุกเม็ด สีขาวสวยงามน่ารับประทาน

ข้าวชั้นล่าง มีกลิ่นหอม นุ่ม มีความเหนียวเล็กน้อย เม็ดข้าวบานออกเต็มที่สุกทุกเม็ด สีขาวสวยงามน่ารับประทาน

- แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2



ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2

- แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2

ภาพที่ 4.6 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2

4.1.4 อัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำเป็น 1:2.5 และหุงข้าวจนน้ำแห้งพบว่า ลักษณะเม็ดข้าวที่หุงได้เมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวแต่ละชั้นในเซลล์ไฟฟ้า จะพบลักษณะดังนี้

ข้าวชั้นบน เหนียวติดกันเป็นก้อน มีกลิ่นหอม

ข้าวชั้นกลาง เหนียวเกาะติดกันเป็นก้อน กลิ่นหอม

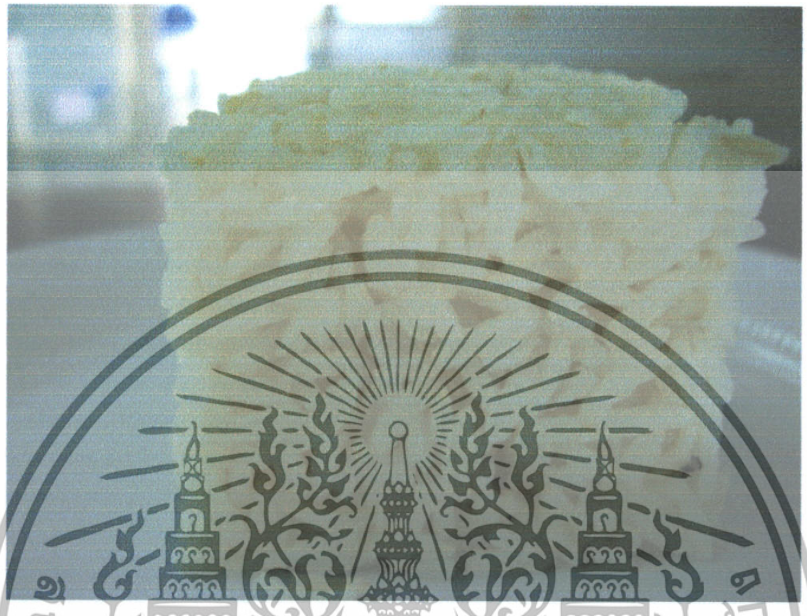
ข้าวชั้นล่าง แฉะ เม็ดข้าวอุ้มน้ำเยอะเกินไป คล้ายข้าวต้ม

อัตราส่วนข้าวต่อน้ำนี้จะทำให้ข้าวแฉะเกินไป ข้าวจะเกาะกันเป็นก้อน

- แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5

ภาพที่ 4.7 แสดงลักษณะเม็ดข้าว ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5

- แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5

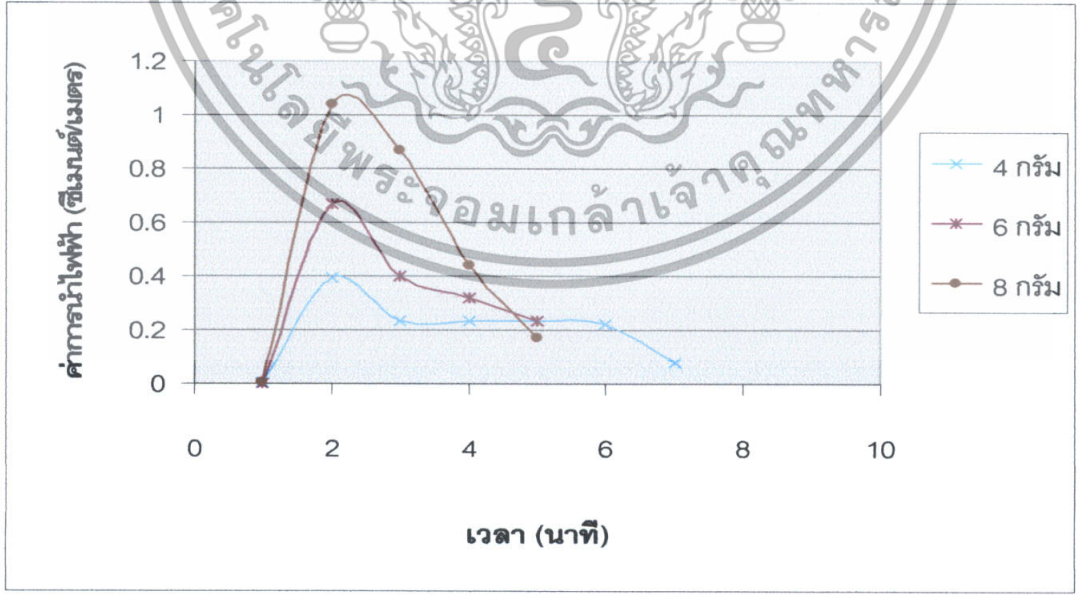


ภาพที่ 4.8 แสดงลักษณะเม็ดข้าวในเซลล์ ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1:2.5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2 ผลการทดลองที่อัตราส่วนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ

ขั้นตอนนี้ศึกษาวิธีการหุงข้าวด้วยระบบกระแสไฟฟ้าโดยตรงร่วมกับการเติมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่อัตราส่วนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ คือ ระหว่างเกลือโซเดียมคลอไรด์ ต่อ น้ำ ที่อัตราส่วน 4 กรัม : 1000 กรัม , 6 กรัม : 1000 กรัม และ 8 กรัม : 1000 กรัม จะใช้เวลาในการหุงสั้น เนื่องจากเกลือโซเดียมคลอไรด์นำไฟฟ้าได้เร็ว ในขั้นตอนเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์นี้ไม่สามารถทำให้ข้าวสุกได้และจากการศึกษาทดลองการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง (ohmic Heating) โดยการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์นี้ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์แต่ละอัตราส่วน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับอุณหภูมิ ในช่วงก่อนการลดลงของค่าการนำไฟฟ้า คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น และเมื่อถึงช่วงเวลาหนึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงในทุกความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ เนื่องจากข้าวเกิดการพองตัว และดูดน้ำเข้าไปในเม็ดแป้งร่วมกับการดูดเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้าไปด้วย ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะลดลงอย่างทันที เมื่อน้ำแห้งจนหมด เนื่องจาก ไม่มีสารเหลวที่เป็นอิเล็คโตรไลต์เหลืออยู่ ดังที่แสดงในตารางและกราฟการทดลองนี้



กราฟที่ 2 แสดงค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหุงข้าวที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่างๆ

4.2.1 เมื่อหุงข้าวที่อัตราส่วนข้าวต่อ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 4 กรัมต่อน้ำ 1000 กรัม เป็น 1:2 พบว่าน้ำจะเดือดเร็วมาก ข้าวจะสุกไม่เท่ากันทุกเม็ดซึ่งบางเม็ดยังเป็นข้าวสารอยู่

ข้าวชั้นบน นุ่มเล็กน้อยมีสีเหลืองอ่อนๆปะปนกับเม็ดข้าว ข้าวยังเป็นเม็ดข้าวดิบอยู่และจะแข็ง

ข้าวชั้นกลาง เม็ดข้าวแห้งกรอบ มีสีน้ำตาล แข็งและยังเป็นเม็ดข้าวดิบอยู่

ข้าวชั้นล่าง เม็ดข้าวบางส่วนแฉะและบางส่วนจะแข็งแห้งเป็นเม็ดข้าวดิบ

ในอัตราสาวนนี้น้ำจะเดือดที่เวลา 2 นาทีและน้ำจะแห้งหมดในเวลา 6 นาที

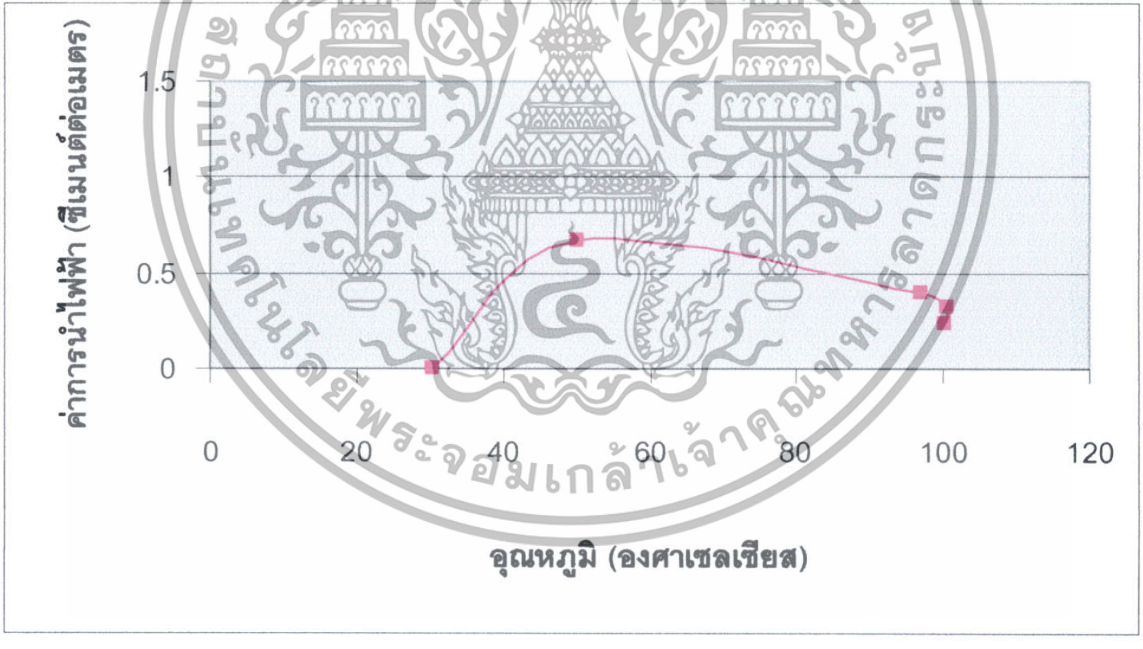
กราฟที่3 แสดงค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหุงข้าวที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 4 กรัม ต่อน้ำ 1000 กรัม ที่ความต่างศักย์ 150 โวลต์

4.2.2 เมื่อหุงข้าวที่อัตราส่วนข้าวต่อ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 6 กรัมต่อน้ำ 1000 กรัม เป็น 1:2 พบว่าเมื่อน้ำแห้งรอบๆแผ่นเซลล์ ข้าวจะเริ่มแห้งกรอบมีรอยไหม้สีน้ำตาลเกิดขึ้นและเม็ดข้าวแข็งเกาะที่กันแน่น ในอัตราส่วนนี้น้ำจะเดือดที่เวลา 1 นาทีและน้ำจะแห้งหมดในเวลา 4 นาที

ข้าวชั้นบน ไม่สุกเลย เป็นเม็ดข้าวดิบอยู่ มีการพแงตัวขึ้นเล็กน้อย

ข้าวชั้นกลาง ข้าวจะสุกไม่สม่ำเสมอกันเม็ดข้าวแห้งกรอบ เกาะกันแน่นมาก

ข้าวชั้นล่าง เม็ดข้าวจะสุกและดิบไม่เท่ากันและมีบางส่วนที่แฉะเกินไป



กราฟที่4 แสดงค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหุงข้าวที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 6 กรัม ต่อน้ำ 1000 กรัม ที่ความต่างศักย์ 150 โวลต์

4.2.3 เมื่อหุงข้าวที่อัตราส่วนข้าวต่อ สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 8 กรัมต่อน้ำ 1000 กรัม เป็น 1:2 พบว่าน้ำจะเดือดแรงมาก เมื่อน้ำแห้งข้าวจะเริ่มกรอบเร็วมาก รอบๆด้านข้างของแผ่นเซลล์จะมีรอยไหม้สีน้ำตาล มีกลิ่นไหม้ หลังจากน้ำแห้งสนิทข้างจะแห้งแข็งโดยเฉาะรอบๆ จะเกาะกันแข็งมาก

ข้าวชั้นบน เป็นเม็ดข้าวดิบอยู่

ข้าวชั้นกลาง เกาะติดกันแน่น และแห้งกรอบมีกลิ่นไหม้

ข้าวชั้นล่าง บางส่วนแฉะบางส่วนดิบ คล้ายกับข้าวที่แช่ธรรมดา

กราฟที่5 แสดงค่าการนำไฟฟ้าระหว่างการหุงข้าวที่ผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ 8 กรัม ต่อน้ำ 1000 กรัม ที่ความต่างศักย์ 150 โวลต์

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองตอนที่1 ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:2 จะเป็นค่าอัตราส่วนในการหุงข้าวที่ดีที่สุด โดยข้าวจะสุกสม่ำเสมอกัน ไม่แข็งหรือแฉะจนเกินไป

ตอนที่ 2 ที่อัตราส่วนสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่างๆ ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาในการหุงสั้น แต่ไม่สามารถทำให้ข้าวสุกได้ ดังนั้นการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ จึงไม่มีความจำเป็น และจากการศึกษาทดลองการหุงข้าวโดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยตรง(ohmic Heating) นี้ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์แต่ละอัตราส่วน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับอุณหภูมิ ในช่วงก่อนการลดลงของค่าการนำไฟฟ้า คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น และจะลดลงอย่างทันที เมื่อน้ำแห้งจนหมด เนื่องจาก ไม่มีสารเหลวที่เป็นอิเล็คโตรไลต์เหลืออยู่

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค

1. การรั่วของเซลล์โอห์มมิคที่ใช้ในชุดทดลองจะทำให้ปริมาตรลดลง ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการรั่วซึมของเซลล์ ในการประกอบเซลล์จึงต้องมีการเคลือบด้วยซิลิโคนบริเวณรอยต่อด้วย

2. ค่าการนำไฟฟ้าที่หามาได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการให้ความร้อนของกระบวนการแปรรูปต่าง ๆ ด้วยกระบวนการการให้ความร้อนแบบโอห์มมิค

3.ในการประกอบเซลล์โอห์มมิคจะต้องให้ผู้ที่มีความชำนาญ มิฉะนั้นจะทำให้กล่องเซลล์อะคริลิกเกิดความคลาดเคลื่อนในเรื่องของปริมาตร และส่งผลต่อขนาดของขั้วอิเลคโทรด(แผ่นสแตนเลสที่ประกบด้านในของเซลล์) ที่ไม่พอดี ทำให้มีปัญหาในการประกอบ

4. การอ่านค่าปริมาตรสารละลายตัวอย่างด้วยสายตา ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในเรื่องปริมาตร ซึ่งส่งผลต่อค่าที่แสดงทางมิเตอร์วัด

5.. แผ่นสแตนเลสที่ใช้เป็นขั้วอิเลคโทรด หากปล่อยให้สนิมจะมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าที่หาได้จาการทดลอง ซึ่งส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่าสูง

6.. เมื่ออุณหภูมิของสารละลายตัวอย่างสูงจนเดือด ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะขัดขวางการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเลคโทรด ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าการนำไฟฟ้า ดังนั้นควรวัดค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของสารละลาย

เอกสารอ้างอิง

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต .2535. "วิศวกรรมแปรรูปอาหาร:การถนอมอาหาร" ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร . คณะเทคโนโลยีการเกษตร .สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพ

ฤทธิชัย อัศวราชันย์ และจิตใจ อัญชลีกิจ. 2542. " การออกแบบและศึกษาเครื่องทำความร้อนระบบโอห์มมิคฮีตเตอร์สำหรับน้ำผลไม้ (Design and Study on Ohmic Heating for fruit juice)" . ปริญญานิพนธ์ . ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร . คณะวิศวกรรมศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง . 52 หน้า

ธิรนันท์ จงอรุณงามแสง , ศราวุธ จากโพธน์ และอรพิน ปรีดา 2550 – 2551 : การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายกรดในอาหารด้วยระบบโอห์มมิค (The study of conductivity value of acid in food with Ohmic system) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บุญทวี แสงพรม และอมรพรรณ สิงขโรทัย 2542 – 2543 : ค่าการนำไฟฟ้าของอาหารเหลวในกระบวนการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคระบบสถิต (Electrical Conductivity of Liquid Foood in Ohmic Heating Proocess of Static System) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนลีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Fryer,P.J., De Alwis, A.A.P., Kour,E.,Stapley,A.G.E. and Zhang, L., 1993, "Ohmic Processing of Solid-Liquid mixture:Heat Gerneration and Convection Effects, "Journal of Food Engineering", Vol.18,No.2,pp101-125

Palaniappan, S. and Sastry, S.K., 1991 "Electrical Conductivity of Selected Food During Ohmic Heating, "Journal of Food Process Engineering , Vol.14, No.3, pp221-236

http://chemistry345.9f.com/"สาวละลายอิเล็กโทรไลต์ ". [online].Available: http://chemistry345.9f.com/page5.html [25Octoberber 2007]

http://ccsmail.sut.ac.th/e-ru/teacher/file/file1918.doc[24 [Decemberctoberber 2007]

http://www.osc.edu" ohmic heating ". [online].Available: http://www.osc.edu/research/video_library/ohmic.shtml [Decemberctoberber 2007]

http://th.wikipedia.org/ " กรด ". [online].Available: http://th.wikipedia.org/wiki/% [14 Decemberctoberber 2007]

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

http://www.thaigoodview.com/“ ไฟฟ้ากระแสตรง”. [online].Available:
http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/2549/khonkhan/electric/content/5_1.htm

http://www.electron.rmutphysics.com/“ สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ”. [online].Available:
http://www.electron.rmutphysics.com/sciencenews/
index.php?option=com_content&task=view&id=277&Itemid=4&limit=1&limitstart=4[5 Janurary 2008]

http://www2.diw.go.th/“ สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)”. [online].Available:
http://www2.diw.go.th/research .[5 Janurary 2008]

http://www.geocities.com/ “ การนำไฟฟ้าของสาร ”. [online].Available:
http://www.geocities.com/chemonline2000/modelatom/__7.html.[5 Janurary 2008]