

โครงการ”การเปลี่ยนกระบวนการแช่ข้าวเพื่อลดเวลาและปริมาณน้ำในกระบวนการผลิต”

อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ¹⁾, สุเมธ ตันตระเรียร²⁾, อลิสา วังโน^{*3)}

1) ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Email : alisa.v@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตขนมบอกรอบซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ข้าว การแช่ข้าวเป็นกระบวนการหนึ่งของการผลิตซึ่งมีการใช้น้ำมาก ใช้เวลาในการแช่ข้าว 14 – 16 ชั่วโมง อุณหภูมิแช่ข้าวประมาณ 20 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำแช่ข้าว คือ 1 ต่อ 4 ทำให้ข้าวมีความชื้นจาก 14 เปอร์เซ็นต์เพิ่มเป็น 38 - 40 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นการลดเวลาและปริมาณน้ำในการแช่ จึงได้ทำการทดลองหาปริมาณน้ำและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าว พบว่าอัตราส่วนข้าวต่อน้ำแช่ข้าว 1 ต่อ 2 แช่ข้าวได้ความชื้น 38 – 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิแช่ข้าว 20 30 และ 35 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ ครึ่งชั่วโมงตามลำดับ นำข้าวที่ผ่านการแช่มาตรวจคุณภาพข้าวด้วยการหาสารชีวโมเลกุลเทียบกับคุณภาพข้าวที่แช่ตามกระบวนการ การของโรงงานได้ผลคุณภาพแตกต่างกันเล็กน้อย จากการทดลองนี้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายค่าน้ำ ค่าไฟฟ้าทำน้ำเย็นและค่าบำบัดน้ำเสียได้ 640,565 บาทต่อปี

คำสำคัญ เวลาในการแช่ข้าว, น้ำแช่ข้าว, กระบวนการแช่ข้าว

1. บทนำ.

การแช่ข้าวเป็นกระบวนการหนึ่งในการผลิตขนมบอกรอบโดยมีกระบวนการผลิตดังรูปที่ 1 วัตถุดิบที่ใช้คือ ข้าวเหนียว (glutinous rice, waxy rice, sticky rice) องค์ประกอบของแป้งในข้าวเหนียวจะเป็นอะมิโลเพคติน ปริมาณอะมิโลสจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สัดส่วนที่แตกต่างของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ทำให้คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการแปรรูปแตกต่างกัน คือเมล็ดข้าวเหนียวเมื่อหุงสุกจะมีลักษณะนุ่มและเหนียวติดกัน และเมื่อนำไปแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวเช่นขนมบอกรอบจะมีการพองตัวที่ดี ทำให้เนื้อขนมมีลักษณะโปร่ง ละลายได้ง่ายในปาก (1) กระบวนการแช่ข้าวทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นและเพื่อให้องค์ประกอบบางอย่างในข้าวเช่น โปรตีน สูญเสียไปจากเมล็ดข้าว

โปรตีนในข้าวส่วนใหญ่จะอยู่ที่บริเวณผิวของเมล็ดข้าว ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าวได้ยากและยับยั้งการพองตัวของแป้ง (4) การสุกและการพองตัว

ของแป้งขึ้นกับโปรตีน มีการทดลองที่พบว่าเมื่อสกัดโปรตีนของข้าวออกโดยการย่อยด้วยเอนไซม์จะเร่งการสุกของแป้งให้เร็วขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าวเหนียว (7) กลไกการพองตัวเป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่อคุณภาพและการผลิตขนมประเภทนี้ สิ่งที่มีผลต่อการพองตัวคือ อัตราการระเหยน้ำในตัวขนมระหว่างการให้ความร้อนและสถานะทางกายภาพของตัวขนม (6) ถ้าจะกล่าวในภาพรวมแล้ว สิ่งที่มีผลต่อคุณภาพของขนมคือ สมบัติของข้าวเหนียวและกระบวนการผลิต

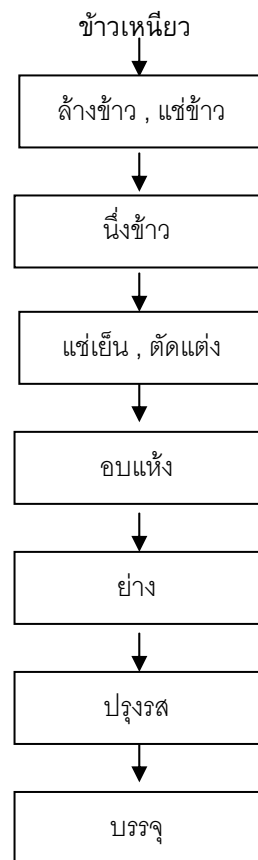
กระบวนการแช่ข้าวในปัจจุบันใช้วิธีการล้างข้าวให้สะอาดแล้วแช่ในถังข้าวโดยใช้น้ำเย็นในการแช่และมีท่อน้ำเย็นหล่อเพื่อรักษาอุณหภูมิในถังแช่ข้าวให้มีอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 18 - 20°C) แช่ข้าวไว้ประมาณ 14 - 16 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 14% เป็น 37 - 40% หลังจากนั้นจะนำไปไม่เพื่อเข้าสู่กระบวนการนึ่งข้าวต่อไป (2)

ปัจจุบันน้ำที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตจะต้องทำการปรับปรุงสภาพเพื่อลดความกระด้างเสียก่อนจึงจะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ น้ำต้นแหล่งที่ใช้เป็นน้ำบาดาลและน้ำประปา ปริมาณการใช้น้ำบาดาลต่อ น้ำประปา คือ 8 ส่วนต่อ 2 ส่วน ในกระบวนการล้างข้าวและการแช่ข้าว จะมีการใช้น้ำดีป้อนเข้าสู่ระบบเป็นจำนวนมากถึง 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและเมื่อผ่านกระบวนการผลิตไปแล้วจะเกิดน้ำเสียขึ้น 165 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (2) จากตัวเลขนี้เห็นได้ว่าการใช้น้ำในปริมาณที่สูงและกระบวนการผลิตยังก่อให้เกิดมลพิษคือน้ำเสียซึ่งจะต้องนำไปทำการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่สาธารณะ ค่าใช้จ่ายในส่วนของการผลิตน้ำดีคือลูกบาศก์เมตรละ 14 บาท ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำคือลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท (2)

ขณะนี้ปัญหาในการใช้น้ำยังมีไม่มากนัก แต่ในอนาคตอันใกล้นี้ พื้นที่อุตสาหกรรมในเขตพระประแดงจะถูกดำเนินการระงับการใช้น้ำบาดาล ทำให้โรงงานในบริเวณนั้นมีความต้องการน้ำประปาสูง ด้วยทำเลที่ตั้งของโรงงานซึ่งอยู่ปลายสุดของถนน ดิตริมแม่น้ำ และความต้องการน้ำประปาของโรงงานใกล้เคียง การใช้น้ำประปาจึงพบกับปัญหา หากไม่รีบดำเนินการแก้ไขเรื่องปริมาณการใช้น้ำ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.

- ตู้อบ 110 องศาเซลเซียส
- เตาเผา 600 องศาเซลเซียส
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- ชุดสกัดไขมัน
- ชุดวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีเจตาห์ล
- ชุดวิเคราะห์ไฟเบอร์
- ชุดวิเคราะห์เถ้า
- Lyophilizer
- อาหารแข็งสูตร APC (3)



รูปที่1 กระบวนการผลิตขนมอบกรอบ (2)

2.1 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าว แช่ข้าวปริมาณ 40 กรัมในภาชนะปิด ข้าวที่ใช้คือ ข้าวเหนียวเมล็ดเต็ม, ข้าวเหนียวเมล็ดท่อน, ควบคุมอุณหภูมิ น้ำแช่ข้าว 20, 30 และ 35 องศาเซลเซียส กำหนด สัดส่วนข้าวต่อน้ำให้เป็น 1 ต่อ 2 หรือ 1 ต่อ 4 จนกระทั่ง มีความชื้น 37 – 40%

2.2 การหาค่าประกอบของเมล็ดข้าวเมื่อผ่านการ แช่น้ำจนมีความชื้น 37 – 40 %

2.2.1 การวิเคราะห์ความชื้น (AOAC official method 930.15) นำข้าวตัวอย่างกรองเอาน้ำออก เกลี่ยลงในถาด อลูมิเนียม บันทึกลงน้ำหนัก อบในตู้อบ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้ง คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น

2.2.2 การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC official method 954.01) นำตัวอย่างจากข้อ 2.2.1 ลงในหลอดย่อย ปริมาณ 0.5 กรัม เข้าเครื่องย่อยอาหารจากนั้นเข้าเครื่อง กลั่นไนโตรเจน นำไปไทเทรตกลับกับกรดซัลฟูริกที่ ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ โปรตีน

2.2.3 การวิเคราะห์ไขมัน (AOAC official method 954.02) นำตัวอย่างจากข้อ 2.2.1 ปริมาณ 5 กรัมลงใน ชุดสกัดไขมัน (soxhlet extraction apparatus) ใช้ปีโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายปริมาตร 150 มิลลิลิตร ให้มีการสกัดอย่างน้อย 30 ครั้ง ระเหยตัวทำละลายออก บันทึกน้ำหนักไขมัน คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไขมัน

2.2.4 การวิเคราะห์เถ้า (AOAC official method 942.25) นำตัวอย่างจากข้อ 2.2.1 ปริมาณ 5 กรัมลงใน ถ้วยกระเบื้อง เผาด้วยเตาไฟฟ้าให้หมดควันดำ นำเข้าเตาเผา 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง บันทึก น้ำหนักเถ้าสุดท้ายที่ได้ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เถ้า

2.2.5 การวิเคราะห์ไฟเบอร์ (AOAC official method 962.09) นำตัวอย่างจากข้อ 2.2.1 ปริมาณ 1 กรัม เข้าชุดสกัดไฟเบอร์ บันทึกน้ำหนักที่ได้ น้ำหนักที่ได้เป็น ปริมาณไฟเบอร์และเถ้า คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์

2.2.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต คำนวณจากสมการ
 $\%CHO = 100 - \%Protein - \%Lipid - \%Ash - \%Fiber$ (1)

2.2.7 การวิเคราะห์จุลชีพ เลี้ยงจุลชีพในอาหารแข็ง สูตร APC (Aerobic plate count) บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี

2.3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ นำตัวอย่างข้าวที่ผ่านการแช่ด้วยเวลาที่เหมาะสมไปทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมาหักเพื่อถ่ายภาพตัดขวาง และถ่ายภาพผิวของเมล็ดข้าวด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM : JSM 5410 LV) ด้วยความละเอียด 500 เท่าสำหรับภาพตัดขวาง และความละเอียด 350 เท่าสำหรับผิวเมล็ดข้าว

2.4 การคำนวณรายจ่าย

รายจ่ายจากกระบวนการแช่ข้าว เกิดจาก รายจ่ายจากการใช้น้ำ รายจ่ายในการทำน้ำเย็น และรายจ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการแช่ข้าว

2.4.1 การคำนวณรายจ่ายจากการใช้น้ำ

$$\text{ค่า น้ำ (บาท)} = \text{ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)} \times 14 \quad (1)$$

ค่า น้ำลูกบาศก์เมตรละ 14 บาท

2.4.2 การคำนวณรายจ่ายในการทำน้ำเย็น

$$W = MC\Delta T \quad (2)$$

$$P = W / t \quad (3)$$

$$U = kW \times h \quad (4)$$

W = พลังงานไฟฟ้า (จูล)

M = มวลของน้ำ (กิโลกรัม)

C = ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (จูลต่อกิโลกรัม)

ΔT = ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ

P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

t = เวลาที่ใช้ไฟฟ้า (วินาที)

U = หน่วยการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.49 บาท

ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %

ค่าไฟฟ้าผันแปร 0.07 บาท

2.4.3 การคำนวณรายจ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

$$\text{ค่าบำบัด (บาท)} = \text{ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)} \times 7 \quad (5)$$

ค่าบำบัดน้ำเสียลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล.

3.1 การทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าว

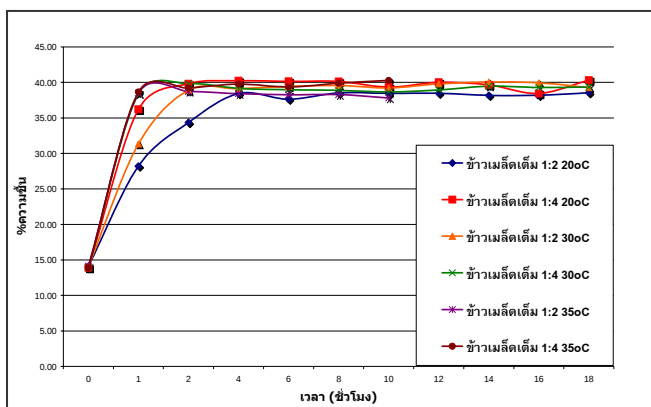
จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการแช่ข้าวเหนียวเต็มเมล็ดกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 ข้าวเพิ่มความชื้นขึ้นจนมีความชื้นในช่วง 37 – 40 % โดยใช้เวลา ตั้งแต่ 0.5 ถึง 2 ชั่วโมงขึ้นกับอุณหภูมิในการแช่ เมื่อแช่ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 ข้าวจะมีความชื้นในช่วงดังกล่าว จะต้องใช้เวลา 0.5 ถึง 4 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 2

เมื่อทำการแช่ข้าวเหนียวเต็มเมล็ดในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ข้าวสามารถเพิ่มความชื้นในเมล็ดได้เร็วขึ้น โดยเมื่อแช่ที่ 20 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลาประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง ที่ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง และที่ 35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาประมาณ 0.5 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 2

การทดลองแช่ข้าวเหนียวท่อนกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 ข้าวเพิ่มความชื้นขึ้นจนมีความชื้นในช่วง 37 – 40 % โดยใช้เวลา ตั้งแต่ 0.5 ถึง 2 ชั่วโมงขึ้นกับอุณหภูมิในการแช่ เมื่อแช่ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 ข้าวจะมีความชื้นในช่วงดังกล่าว จะต้องใช้เวลา 0.5 ถึง 4 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 3

เมื่อทำการแช่ข้าวเหนียวท่อนในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ข้าวสามารถเพิ่มความชื้นในเมล็ดได้เร็วขึ้น โดยเมื่อแช่ที่ 20 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง ที่ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง และที่ 35 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาประมาณ 0.5 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 3

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของข้าวเมื่อผ่านการแช่น้ำ นำข้าวที่ผ่านการแช่น้ำด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 2 และ 1 ต่อ 4 มาวิเคราะห์ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ไฟเบอร์และจำนวนจุลชีพ ดังตัวอย่างตารางที่ 1



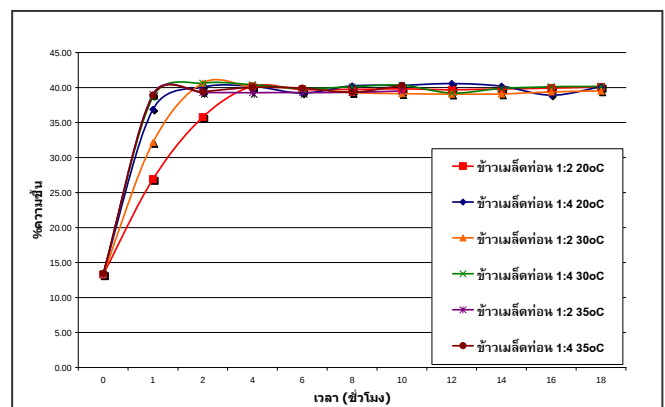
รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการแช่ข้าวเหนียวเต็มเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ความชื้น

และตารางที่ 2 ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงจากข้าวก่อนการแช่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อข้าวผ่านการแช่ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 0.5 – 4 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแช่ที่เวลา 16 ชั่วโมง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ปริมาณไขมัน ไฟเบอร์ และเถ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลงจากข้าวก่อนการแช่น้ำอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อข้าวผ่านการแช่ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 0.5 – 2 ชั่วโมง ปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแช่ที่เวลา 16 ชั่วโมง กลับพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณไขมัน ไฟเบอร์ และเถ้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้น เงื่อนไขในการแช่ข้าวตามตารางที่ 1 ทำให้ข้าวที่ผ่านการแช่มีองค์ประกอบของข้าวใกล้เคียงกับกระบวนการเดิมมากที่สุด



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการแช่ข้าวเหนียวท่อนและเปอร์เซ็นต์ความชื้น

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวเมล็ดเต็มผ่านการแช่ด้วยอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1 ต่อ 2

ข้าวเมล็ดเต็ม	%Carbohydrate (dry weight)	%Protein (dry weight)	%Lipid (dry weight)	%Ash ^{ns} (dry weight)	%Fiber ^{ns} (dry weight)	%Moisture	จำนวนเชื้อ
ข้าวแช่ 4 ชั่วโมงที่ 20 องศา	91.03	8.03 ^b ± 0.12	0.01	0.62 ± 0.07	0.31 ± 0.11	38.43 ± 0.12	2.28 × 10 ³
ข้าวแช่ 16 ชั่วโมงที่ 20 องศา	91.54	7.68 ^c ± 0.12	0.01	0.47 ± 0.09	0.30 ± 0.10	38.19 ± 0.15	2.73 × 10 ⁸
ข้าวแช่ 2 ชั่วโมงที่ 30 องศา	90.84	8.19 ^b ± 0.25	0.01	0.64 ± 0.12	0.32 ± 0.08	38.89 ± 0.13	< 10 ²
ข้าวแช่ 1/2 ชั่วโมงที่ 35 องศา	91.28	7.87 ^b ± 0.19	0.01	0.55 ± 0.14	0.29 ± 0.09	36.86 ± 0.19	< 10 ²
ข้าวก่อนแช่	89.20	9.79 ^a ± 0.14	0.02	0.68 ± 0.07	0.31 ± 0.14	14.12 ± 0.11	< 10 ²

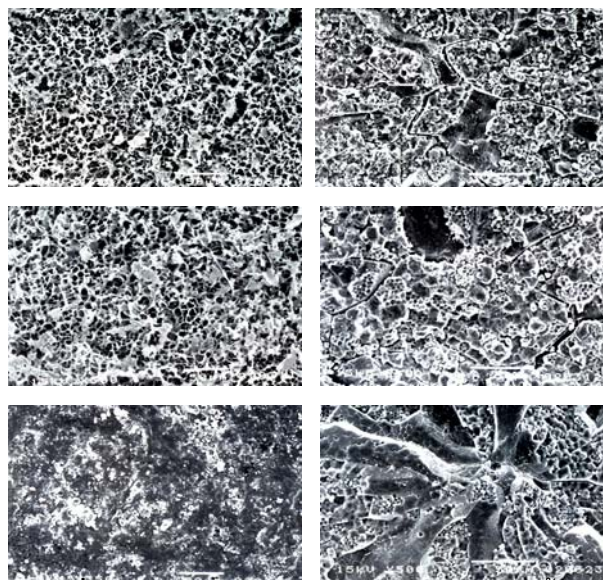
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้าวเมล็ดเต็มผ่านการแช่ด้วยอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1 ต่อ 4

ข้าวเมล็ดเต็ม	%Carbohydrate (dry weight)	%Protein (dry weight)	%Lipid (dry weight)	%Ash ^{ns} (dry weight)	%Fiber ^{ns} (dry weight)	%Moisture	จำนวนเชื้อ
ข้าวแช่ 2 ชั่วโมงที่ 20 องศา	91.54	7.78 ^b ± 0.16	0.01	0.38 ± 0.11	0.29 ± 0.12	39.81 ± 0.14	5.74 × 10 ²
ข้าวแช่ 16 ชั่วโมงที่ 20 องศา	92.33	7.14 ^c ± 0.14	0.01	0.25 ± 0.03	0.27 ± 0.14	38.44 ± 0.18	2.43 × 10 ⁸
ข้าวแช่ 1 ชั่วโมงที่ 30 องศา	91.25	8.12 ^b ± 0.19	0.01	0.31 ± 0.12	0.31 ± 0.11	38.42 ± 0.09	< 10 ²
ข้าวแช่ 1/2 ชั่วโมงที่ 35 องศา	91.51	7.96 ^b ± 0.13	0.01	0.22 ± 0.10	0.30 ± 0.08	38.16 ± 0.11	< 10 ²
ข้าวก่อนแช่	90.52	8.73 ^a ± 0.08	0.02	0.42 ± 0.07	0.31 ± 0.11	13.90 ± 0.05	< 10 ²

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกัน(แนวตั้ง)มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.3 การวิเคราะห์ทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์ด้วยการถ่ายภาพด้วย scanning electron microscope (SEM) ตำแหน่งที่ถ่ายคือผิวของเมล็ดข้าวและภาพตัดขวาง จากรูปที่ 4 ผิวของเมล็ดข้าวเมื่อผ่านการแช่จะมีความพรุนที่บริเวณผิวของเมล็ดข้าวมากขึ้นและจากภาพแสดงภาคตัดขวาง พบว่า ข้าวที่ผ่านการแช่จะมีรอยแยก และมีวัดขนาดประมาณ 2.5 ไมโครเมตรมากกว่าข้าวที่ยังไม่ผ่านการแช่ในขณะที่ข้าวก่อนแช่จะพบวัดขนาดประมาณ 9 ไมโครเมตรมากกว่า

เมื่อนำภาพทั้งหมดมาเปรียบเทียบ โดยดูภาพจากผิวว่ามีลักษณะความพรุน ขนาด และรูปร่างที่ปรากฏ รวมทั้งรอยแยกและขนาดของวัตถุในเมล็ดจากภาคตัดขวางของข้าวที่ทดลองกับข้าวที่แช่ตามกระบวนการของโรงงาน พบว่าเงื่อนไขที่ทำให้ข้าวมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับวิธีการเดิมคือแช่ข้าวที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 4 ภาพถ่ายSEM แช่ด้วยอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 ต่อ 2 ซ้ายคือผิวเมล็ด ขวาคือภาพตัดขวาง แถวที่ 1 ข้าวแช่ 20 องศา 16 ชั่วโมง แถวที่ 2 ข้าวแช่ 30 องศา 2 ชั่วโมงและแถวที่ 3 ข้าวก่อนแช่

3.4 การคำนวณรายจ่าย

3.4.1 รายจ่ายค่าน้ำ ปัจจุบันมีการใช้น้ำประมาณวันละ 200 ลูกบาศก์เมตร สามารถลงปริมาณการใช้น้ำลงได้ 0.5 เท่า จึงใช้น้ำประมาณวันละ 100 ลูกบาศก์เมตร คำนวณจากสมการที่ (1) ประหยัดรายจ่ายค่าน้ำได้ 403,200 บาทต่อปี

3.4.2 รายจ่ายในการทำน้ำเย็น คำนวณพลังงานการใช้ไฟฟ้าจากสมการ (2) และ (3) คำนวณจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากสมการ (4) รายจ่ายจากการทำน้ำเย็นที่สามารถประหยัดได้ 29,465 บาทต่อปี

3.4.3 รายจ่ายจากการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียจากการแช่ข้าวมีประมาณ 165 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถลดการบำบัดได้ 0.5 เท่า ประหยัดรายจ่ายจากการบำบัดน้ำ 207,900 บาทต่อปี

รวมทั้งหมดสามารถประหยัดได้ 640,565 บาทต่อปี

4. สรุปผลการทดลอง.

กระบวนการแช่ข้าวที่โรงงานได้ปฏิบัติอยู่คือ แช่ข้าวที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำแช่ข้าว 1 ต่อ 4 อุณหภูมิ น้ำประมาณ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาแช่ข้าว 14 – 16 ชั่วโมง ทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 14 % เป็น 37 – 40 % สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการแช่ข้าวเป็น แช่ข้าวที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2 อุณหภูมิ น้ำประมาณ 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาแช่ข้าวประมาณ 2 ชั่วโมง โดยที่องค์ประกอบในเมล็ดข้าวและลักษณะทางกายภาพของข้าวไม่แตกต่างจากเดิม และน้ำที่แช่ข้าวจะมีปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างมากอีกด้วย

การเปลี่ยนเงื่อนไขในการแช่ข้าวสามารถลดรายจ่ายค่าน้ำในการแช่ข้าวประมาณ 403,200 บาทต่อปี ลดค่าไฟฟ้าในการปรับอุณหภูมิ น้ำมาใช้น้ำที่อุณหภูมิปกติได้ 29,465 บาทต่อปี และลดรายจ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้ 207,900 บาทต่อปี รวมทั้งหมดโครงการนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 640,565 บาทต่อปี.

5. ข้อเสนอแนะ การวิจัยนี้เป็นการทำในระดับปฏิบัติการจึงต้องทดลองขยายขนาดเพื่อหาความเหมาะสมต่อไป .

5. กิตติกรรมประกาศ.

- คุณอัจฉรา มาติยา คุณกาญจนา พานคำ รองผู้จัดการและเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ บริษัท เอสเอ็มทีซีจำกัด
- คุณชนะพล งามขำ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ 603 ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดุษฎี ประจำปี 2546 ผู้ให้ทุนโครงการ

6. เอกสารอ้างอิง.

1. กาญจนา กันจีนะ (2543), ผลของอายุการเก็บและชนิดพันธุ์ของข้าวเหนียวที่มีต่อคุณ ภาพของขนมขบเคี้ยว, โครงการการเรียนรู้การสอนเสริมประสบการณ์ หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(เทคโนโลยีทางอาหาร), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. สอบถามส่วนตัวกับคุณ อัจฉรา มาติยา (2546)
3. Larry J. Maturin , James T. Peeler (2001), Bacteriological Analytical Manual, Center for Food Safety & Applied Nutrition, USA
4. Hamaker B.R., 1994. The influence of rice protein on rice quality. Rice Science and Technology .p177 – 181 , New York .
5. Patricia Cunniff (1995), Official Methods of Analysis of AOAC international 16th ED, Arlington, VERGINIA.
6. Hsieh F., and Luh B.S., 1991 , Rice (vol2) : Utilization 2nd ed, p 233 – 241 , New York : Nostrand Reinhold .
7. Merca F.E., and Juliano B.O., 1981. Physiochemical properties of starch of intermediate amylase and waxy rice offering in grain quality, Starch / starke 33 : 253 – 260 .