การอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเครื่องอบฟลูอิไดซ์เบดอากาศร้อน

Drying Germinated Paddy Rice by Hot-Air Fluidized Bed Dryer

อภิชาติ อาจนาเสียว

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนขนาดเล็กต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้อบแห้งข้าวเปลือกงอก พบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศอบแห้งเพิ่มขึ้น ระยะเวลาและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งมีค่าลดลง โดยเมื่อใช้อุณหภูมิอากาศอบแห้งที่ 130 ^{0}C เวลาในห้องอบนาน 2.5 นาที ทำการลดความชื้นของข้าวเปลือกงอกจาก 36% มาเป็น 19% มาตรฐานเปียก มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุด 2.50 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหยจากข้าว คิดเป็นค่าใช้จ่ายพลังงาน 0.99 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหยจากข้าว นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทาริก (GABA) และคุณสมบัติการหุงต้ม (เวลาในการหุงต้มและการดูดซับน้ำ) พบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศอบแห้งสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เวลาในการหุงต้มลดลงและมีการดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น

Abstract

The main objective of this research is to determine the efficiency of a hot-air fluidized bed dryer prototype for germinated paddy rice. The dryer was used to study the effect of drying temperature within the drying chamber on drying time, percentage of whole kernels, GABA content and property of cooked rice (water uptake and cooking time). It was found that drying temperature at 130 ^{o}C and residence time of paddy with approximately 2.5 minutes provided the lowest specific energy consumption (2.5 MJ/ kg-water evaporation and 0.99 Baht/kg-water evaporation) to reduce the moisture content of paddy rice from 36% to 19% wet basis. As expected, drying time was shortened by increasing drying temperature. The percent of whole kernels increased with an increase of drying temperature. Drying temperature had insignificant effects on GABA content (P>0.05). The water uptake was increased by increasing drying temperature but cooking time was reduced by increasing drying temperature.

1. บทนำ

ข้าวเปลือกงอกหรือข้าวฮางงอก คือ ข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำแล้วเพาะให้เกิดการงอกภายใต้สภาวะความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม จากนั้นจึงทำการหยุดการเจริญเติบโตด้วยการนึ่งภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แล้วลดความชื้นด้วยการตากแดดก่อนทำการกะเทาะเปลือก ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

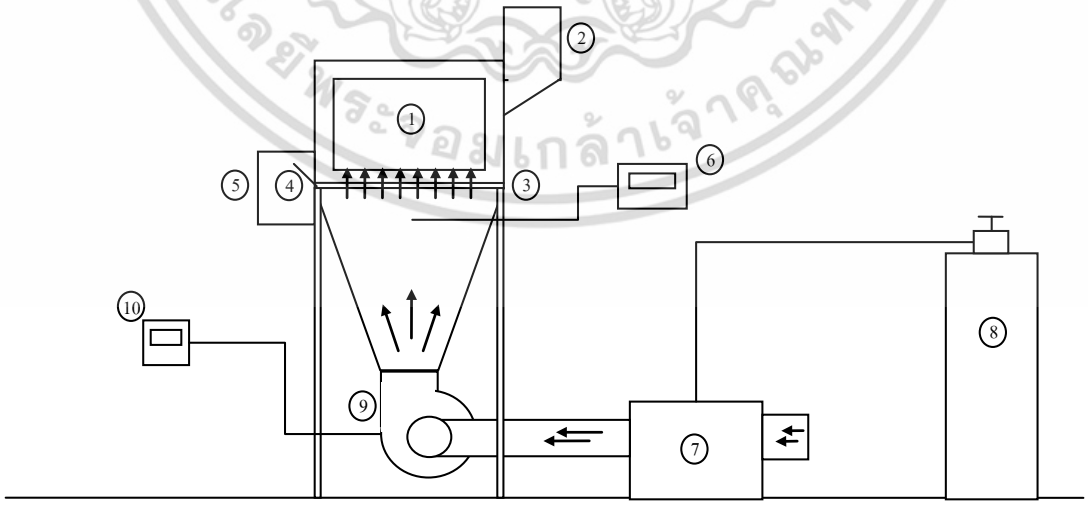
คล้ายคลึงกับกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก แต่มีส่วนที่แตกต่างกัน คือ 1) ข้าวเปลือกงอกไม่ต้องคัดเลือกข้าวกล้องที่ยังมีจมูกข้าวซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในกระบวนการผลิตเชิงอุตสาหกรรม 2) ข้าวเปลือกงอกมีอัตราการงอกสูงมากกว่าร้อยละ 95 [1] และ 3) ข้าวเปลือกงอกไม่จำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแช่น้ำ [2] โดยในระหว่างการงอกของเมล็ดข้าวจากทั้งสองกระบวนการดังกล่าว ภายในเมล็ดข้าวจะมีการสร้างกรดแกมมาอะมิโนบิวทาริก (GABA) เพิ่มมากขึ้น

จากกระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกดังที่ได้กล่าวในขั้นต้น ในระหว่างขั้นตอนการแช่ การเพาะให้งอกและนึ่งเมล็ดข้าวเปลือกงอกที่ได้จะมีความชื้นสูง ซึ่งถ้าทำการลดความชื้นไม่เหมาะสมจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการกะเทาะเปลือกต่อไป นอกจากนี้ยังส่งผลต่อคุณภาพข้าวเปลือกงอกในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ดังนั้นขั้นตอนการลดความชื้นข้าวเปลือกงอกจึงมีความสำคัญมาก โดยทั่วไปข้าวเปลือกที่มีความชื้นต่ำที่ 14% มาตรฐานเปียก จะสามารถเก็บรักษาได้นาน แต่ถ้าความชื้นของข้าวเปลือกงอกต่ำเกินไปนอกจากจะเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้นแล้ว ยังส่งผลให้ข้าวแตกร้าวหรือแตกหักระหว่างการขนถ่ายหรือระหว่างการกะเทาะเปลือกได้ง่ายด้วย

การอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนได้ถูกนำมาใช้เพื่ออบแห้งข้าวในหลายรูปแบบ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวข้าวกล้องงอกจะมีค่าต่ำลง แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญและสามารถลดกลิ่นเหม็นหืนของข้าวกล้องงอกในระหว่างการเก็บรักษาได้ นอกจากนี้การอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิมากกว่า 80 ^{0}C สามารถหยุดการงอกของข้าวได้อย่างสมบูรณ์ [3] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการนำการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดมาใช้กับข้าวเปลือกงอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนต้นแบบที่สร้างขึ้นและศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและลักษณะเชิงคุณภาพของข้าวเปลือกงอก

2. การออกแบบและการทำงานของเครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้ 1) ชุดตู้อบแห้ง ที่มีพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมขนาด 0.2 m x 0.6 m สูง 0.5 m ด้านล่างประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กเจาะรู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรู 1.1 mm กระจายทั่วทั้งแผ่น เพื่อให้ลมที่ผ่านจากแผ่นกระจายลมสัมผัสกับวัตถุดิบทั่วถึง การป้อนวัตถุดิบใช้ Hopper ที่มีลิ้นชักเปิดปิดช่วยในการปรับเปลี่ยน



รูปที่ 1: เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด ที่ประกอบด้วย 1) ห้องอบแห้ง 2) ทางข้าวเข้าและใบกั้นปรับอัตราการป้อนข้าว 3) แผ่นกระจายลม 4) ใบกั้นปรับความสูงเบด 5) ทางข้าวออก 6) เครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลม 7) ชุดทำความร้อน 8) ถังก๊าซหุงต้ม 9) พัดลมแบบใบพัดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และ 10) สวิทช์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการป้อนวัตถุดิบ โดยวัตถุดิบที่ผ่านห้องอบแห้งจะไหลออกผ่านทางช่องข้าวออกซึ่งมีใบกั้นที่สามารถใช้ปรับระดับความสูงของชั้นเบดในห้องอบได้ ส่วนด้านหน้าเป็นอะคิลิกใส เพื่อให้มองเห็นปรากฏการณ์ภายในห้องอบแห้ง 2) ชุดพัดลมดูดอากาศที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขนาด 1 hp ความเร็ว 3000 rpm เป็นพัดลมแบบเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบพัดโค้งหลัง ขนาดท่อลมดูดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.08 m และ 3) ชุดทำอากาศร้อน ที่โครงสร้างภายนอกประกอบขึ้นจากกล่องเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาด 0.25 m x 0.50 m x 0.40 m บุภายในด้วยอิฐทนความร้อน ทำความร้อนโดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง ภายในห้องทำอากาศร้อนมีอุปกรณ์ให้ความร้อนจำนวน 1 หัวเตา โดยเป็นหัวเตาแรงดันสูงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 m ปรับความร้อนโดยวาล์วปรับอัตราการไหลของก๊าซหุงต้มที่หัวเตาโดยตรง

มีการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศร้อนในห้องอบแห้งอย่างต่อเนื่องด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องบันทึกข้อมูลของ Campbell Scientific's datalogger ความแม่นยำ $\pm 1\ ^0C$ (60-180 ^0C) วัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดอัตราเร็วลม Anemometer ความแม่นยำ $\pm 2\%$ ส่วนการวัดอุณหภูมิเมล็ดข้าวใช้การวัดในภาชนะหุ้มฉนวนตามวิธีของวทัญญู [4]

3. การทดสอบเครื่องอบแห้ง

นำข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ เพื่อกำจัดเศษดิน หญ้า ฟางและเมล็ดข้าวลีบออก จากนั้นทำการแช่ข้าวเปลือกในน้ำอุณหภูมิ 30^0C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาให้ปล่อยน้ำออกและเพาะให้งอกในบรรยากาศอุณหภูมิ 30 ^0C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 80% เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง แล้วนำมาสะเด็ดน้ำออกบนตาข่ายพลาสติก ก่อนนำไปนึ่งที่ความดัน 1.2 bars นาน 30 นาที หลังจากนั้นทำการอบแห้ง โดยสภาวะที่ทำการทดลอง คือ อุณหภูมิอบแห้ง 90-150 ^0C อัตราเร็วลม 2.5 m/s ความสูงของชั้นเบด 5 cm ติดตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือกงอกในระหว่างการอบแห้งทุก 1 นาที (วัดด้วยวิธีของ AOAC) [5] โดยอบแห้งข้าวที่อุณหภูมิ 103 ^0C ระยะเวลา 72 ชั่วโมง

วัดร้อยละข้าวเต็มเมล็ด โดยการนำข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งแล้วไปทำการกะเทาะเปลือก แล้วสุ่มข้าวสารรวมมาประมาณ 100 กรัม จากนั้นทำการคัดเฉพาะข้าวเต็มเมล็ดมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณตามสมการ

$$\%\text{ข้าวต้น} = \text{น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด/น้ำหนักข้าวสารรวม} \quad (1)$$

วัดปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกเริ่มต้นจากการการสกัดตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ด้วยสารละลายกรดซัลโฟซาลิไซลิก แล้วนำไปหาปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง HPLC ตามวิธีของจารุรัตน์และคณะ [6]

วัดค่าการสลายเมล็ดข้าวในสารละลายเบส ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้มและอุณหภูมิการเกิดเจล (Gelatinization temperature) ของข้าว โดยสุ่มเมล็ดข้าวตัวอย่าง 25 เมล็ดวางในจานแก้ว (Petri dish) เติมด้วยสารละลาย KOH ความเข้มข้น 1.7 N ปริมาตร 20 ml และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการวัดค่าการสลายตัวของเมล็ดข้าวโดยการสังเกตและให้คะแนน ซึ่งสามารถแบ่งเกณฑ์คะแนนตั้งแต่ 1-7 ซึ่งเกณฑ์คะแนนที่ได้นี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิแป้งสุกและลักษณะข้าวที่หุงสุก [7]

วัดเวลาในการหุงต้ม โดยนำข้าวเต็มเมล็ด 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 20 ml จากนั้นนำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 98 ^0C เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที จากนั้นทุกๆ 1 นาที นำข้าวสารออกจากหลอดหุงต้มมาทำการกดกับแผ่นกระจกใส จนกระทั่งสังเกตไม่พบจุดขาวขุ่นในเมล็ดข้าวสาร [8]

วัดปริมาณการดูดซับน้ำของข้าวสุก โดยนำข้าวเต็มเมล็ดตัวอย่างน้ำหนัก 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง ใส่น้ำกลั่น 20 ml นำหลอดทดลองแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 98 ^0C นานเท่ากับเวลาในการหุงต้ม จากนั้นคำนวณปริมาณน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง โดยเครื่องชั่งความละเอียด ± 0.0001 กรัม [9] แล้วคำนวณตามสมการ

$$\text{ปริมาณการดูดซับน้ำ (กรัมน้ำ/กรัมข้าว)} = \frac{W_c - W_{uc}}{W_{uc}} \quad (2)$$

เมื่อ W_c คือ น้ำหนักข้าวหลังหุงสุก (กรัม)

W_{uc} คือ น้ำหนักข้าวก่อนหุงสุก (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) เป็นพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าว มีหน่วยเป็น MJ/kg คำนวณได้จากสมการ

$$SEC = E/(m_{p,i} - m_{p,f}) \quad (3)$$

เมื่อ $m_{p,i}$ คือ น้ำหนักข้าวก่อนอบแห้ง, kg

$m_{p,f}$ คือ น้ำหนักข้าวหลังอบแห้ง, kg

E คือ ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ (ไฟฟ้าและแก๊ส), MJ

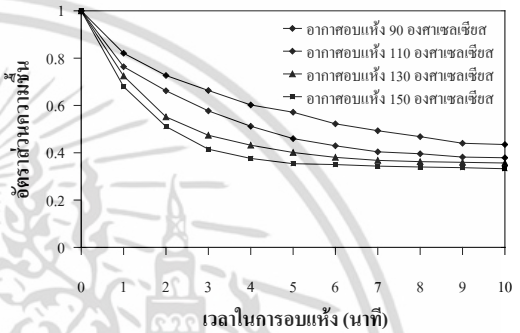
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย ก่อนนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SPSS v.16

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

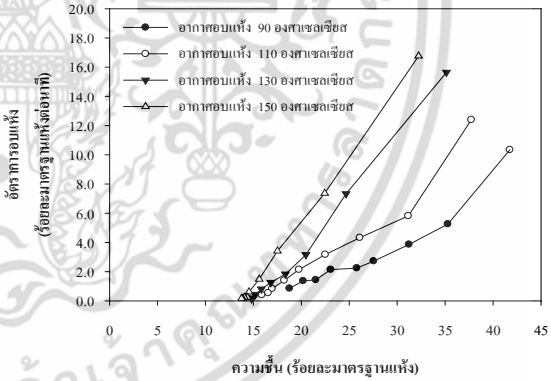
4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเวลาในการอบแห้ง

อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อเวลาในการอบแห้งแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างอัตราส่วนความชื้น (มาตรฐานเปียก) กับเวลาในการอบแห้ง พบว่า เวลาในการอบแห้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เพราะผลต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกข้าวที่อุณหภูมิในการอบแห้งสูงมีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งหมายถึงการมีแรงขับในการถ่ายเทความร้อนสูง มีผลให้มีอัตราการถ่ายเทมวลสูงตามไปด้วย ดังนั้น ที่อุณหภูมิในการอบแห้งสูง อัตราการแพร่ของน้ำจากด้านในของข้าวมาด้านนอกจะมีค่าสูง

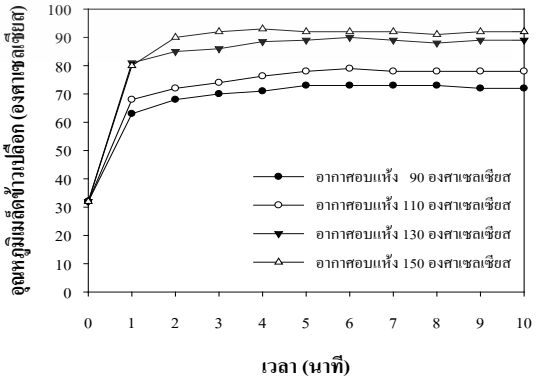
จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดนี้ไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ มีเฉพาะช่วงอัตราการอบแห้งลดลงเท่านั้น เนื่องจากในการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด น้ำในข้าวเกิดการเปลี่ยนสถานะ โดยระเหยออกไปพร้อมกับอากาศอบแห้งที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว จึงไม่มีช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ปรากฏ นอกจากนี้ความชันของกราฟของรูปที่ 3 ในช่วงแรกมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลจากลักษณะเฉพาะตัวของการอบแห้งที่มีอากาศไหลผ่านตลอดเวลา ส่งผลให้ความชื้นที่บริเวณพื้นผิวข้าวระเหยออกไปอย่างรวดเร็วกับอากาศ จึงส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงอัตราการอบแห้งในช่วงแรกนี้ใกล้เคียงกัน แต่หลังจากนั้นความชันของกราฟที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 90 ^{0}C และ 110 ^{0}C มีค่าน้อยลง ขณะที่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง 130 ^{0}C และ 150 ^{0}C มีค่าความชันเท่าเดิม เนื่องจากอุณหภูมิภายในเมล็ดข้าวที่อบด้วยอุณหภูมิอากาศ 90 ^{0}C และ 110 ^{0}C น้อยกว่าจากที่อบด้วยอุณหภูมิอากาศ 130 ^{0}C และ 150 ^{0}C อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลจากมาเมื่ออุณหภูมิอากาศอบแห้งมากกว่า 110 ^{0}C ทำให้อุณหภูมิในข้าวสูงกว่า 75 ^{0}C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่น้ำในข้าวเกิดการแพร่จากเนื้อข้าวมาที่ผิวได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2: อัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง



รูปที่ 3: อัตราการอบแห้งข้าวเปลือกงอก



รูปที่ 4: อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกงอกในห้องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งด้วยอุณหภูมิอากาศ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C เท่ากับ 4.86, 3.65, 2.50 และ 2.53 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหยจากข้าว ตามลำดับ โดยมีแนวโน้ม คือ เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นในช่วง 90-130 ^{0}C ความสิ้นเปลืองพลังงานจะลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นจาก 130 ^{0}C เป็น 150 ^{0}C ความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศอบแห้งแต่อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการอบแห้งโดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงเท่ากับ 1.96, 1.46, 0.99 และ 1.01 บาท/กิโลกรัมน้ำที่ระเหยจากข้าว ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อพิจารณาในประเด็นที่เกี่ยวกับความสิ้นเปลืองพลังงานและอัตราการอบแห้ง อากาศอบแห้งอุณหภูมิ 130 ^{0}C จึงเป็นอุณหภูมิอบแห้งที่ความเหมาะสม

4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น

เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นของข้าวเปลือกงอกหลังการกะเทาะเปลือกเมื่ออบแห้งด้วยอุณหภูมิ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C เท่ากับ 51.45±0.87^a, 52.35±0.68^b, 52.82±0.36^c และ 53.41±0.77^d ตามลำดับ โดยที่เมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นจะมีเพิ่มขึ้นเพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเกิดเจลาทิไนเซชันของข้าวมีมากตามอุณหภูมิ ซึ่งปรากฏการณ์นี้ทำให้ข้าวมีความเหนียว ทนต่อการกะเทาะได้ดี ส่งผลให้เมื่อนำเมล็ดข้าวไปกะเทาะเปลือกจึงมีการแตกหักลดลง[10] ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลาทิไนเซชัน คือ อุณหภูมิและความชื้นในเมล็ดข้าว ดังนั้นข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งที่อุณหภูมิอากาศร้อน 90-150 ^{0}C จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นมากกว่าการตากลานที่มี 48.60±0.94 % โดยมีค่ามากที่สุดเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 150 ^{0}C เนื่องจากเมล็ดข้าวที่ตากลานไม่เกิดเจลาทิไนเซชันเพราะอุณหภูมิของเมล็ดข้าวต่ำ ซึ่งอุณหภูมิของการเกิดเจลาทิไนเซชันอยู่ในช่วง 68-78 ^{0}C [11] ส่วนอุณหภูมิของข้าวเปลือกงอกที่อบแห้งที่อุณหภูมิอากาศ 90-150 ^{0}C สูงกว่าอุณหภูมิของการเกิดเจลาทิไนเซชัน ดังแสดงในรูปที่ 4 และอีกประการข้าวเปลือกงอกที่ผ่านการแช่มาจะมีความชื้นเริ่มต้นสูง จึงทำให้เกิดเจลาทิไนเซชันได้มากขึ้นด้วย

$^{a,b,c,...}$ ตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณสาร GABA ในสภาวะการอบแห้งต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิธี Duncan's new multiple Range test

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปริมาณสาร GABA

ปริมาณสาร GABA ของข้าวเปลือกงอกที่ได้จากการตากลาน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C มีค่าเท่ากับ 85.54±0.91^a, 82.46±0.76^b, 82.03±0.31^b, 81.82±0.48^b และ 81.50±0.27^b มิลลิกรัม/100 กรัมข้าวสารแห้ง (ข้าวเปลือกงอกแห้ง) ตามลำดับ ซึ่งในช่วงอุณหภูมิอากาศอบแห้ง 90-150 ^{0}C ไม่มีความแตกต่างของปริมาณสาร GABA อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เพราะการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 90-150 ^{0}C ทำให้อุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือกงอกมีค่าสูงสุด 92 ^{0}C เท่านั้นยังไม่ถึง 203 ^{0}C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สาร GABA สลายตัว [12]

4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าการสลายเมล็ดข้าวในสารละลายเบส

ค่าการสลายตัวของเมล็ดข้าวในสารละลายเบสที่ได้จากการตากลาน อบแห้งที่อุณหภูมิ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C มีค่าเท่ากัน คือ อยู่ในเกณฑ์ 5-6 ซึ่งมีเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่มีลักษณะร่วนและเหนียวนุ่ม ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ดี (เกณฑ์ 1 คือ เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนเกณฑ์ 7 คือ เมล็ดสลายจนหมด) เพราะข้าวมีการเกิดเจลแล้ว เนื่องจากอุณหภูมิเมล็ดข้าวเปลือกในทุกสภาวะมีค่าสูงกว่า 72 ^{0}C ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจลของข้าวเจ้าที่ 68 ^{0}C [11]

4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเวลาในการหุงต้ม

ระยะเวลาในการหุงต้มเพื่อให้ข้าวกล้องสุกที่ได้จากการตากลาน อบแห้งที่อุณหภูมิ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C มีค่าเท่ากับ 15.78±0.67^a, 14.78±0.67^b, 14.56±0.88^{b,c}, 13.89±0.78^c และ 13.11±0.60^d นาที ตามลำดับ โดยเมื่ออุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น มีผลให้ระยะเวลาในการหุงต้มข้าวลดลง เนื่องจากเมื่อเมล็ดข้าวได้รับความร้อนและสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในเมล็ดข้าวเนื่องจากความแตกต่างของความชื้น ส่งผลให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกร้าวและมีรูพรุนขนาดเล็ก [3] ดังนั้นเมื่อทำการหุงต้ม น้ำจะสามารถแทรกตัวเข้าไปตามรอยแตกร้าวและรูพรุนขนาดเล็กดังกล่าวได้ พื้นที่ผิวสัมผัสในการถ่ายเทความร้อนและมวลสารระหว่างน้ำและอนุภาคแป้งในเมล็ดข้าวจึงมีมากขึ้น ทำให้สามารถลดระยะเวลาการหุงต้มลง

4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการดูดซับน้ำของข้าวสุก

ปริมาณการดูดซับน้ำของข้าวสุกของข้าวเปลือกงอก ที่ได้จากการตากลาน การอบแห้งที่อุณหภูมิ 90, 110, 130 และ 150 ^{0}C มีค่าเท่ากับ 1.94 ± 0.75^a, 2.14 ± 0.17^b, 2.16 ± 0.34^b, 2.24 ± 0.65^c และ 2.33 ± 0.25^d กรัมน้ำ/กรัมข้าว ตามลำดับ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น การดูดซับน้ำของข้าวสุกจะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการหดตัวลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้การจับตัวกันของอนุภาคภายในของเม็ดแป้งไม่แน่นเหมือนเดิม เกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็กภายในเมล็ดข้าว ดังนั้นเมื่อนำมาหุงต้มจะทำให้น้ำสามารถแทรกและซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย ส่งผลให้ค่าการดูดซับน้ำของข้าวสุกเพิ่มขึ้น

5. สรุป

เครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อนที่สร้างขึ้นควรใช้อุณหภูมิอบแห้งที่ 130 ^{0}C ผลการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น เวลาในการอบแห้งลดลง เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มขึ้น ปริมาณสาร GABA ในข้าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่าการสลายตัวของเมล็ดข้าวในสารละลายเบสไม่แตกต่างกัน เวลาที่ใช้ในการหุงต้มลดลงและมีการดูดซับน้ำของข้าวสุกเพิ่มมากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. M. Manna, K. M. Naing, and H. Pe, “Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans”, Food and Nutrition Bulletin, 16, 1–4, 1995.

[2] S. Ito and Y. Ishikawa, “Marketing of value-added rice products in Japan : germinated brown rice and rice bread”, FAO Rice Conference, 12-13 February, 1-5, 2004.

[3] นฤบดี ศรีสังข์, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และวารุณี วารัญญานนท์, “การอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศร้อน”, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2: 21-22 สิงหาคม 2551 หน้า 1-8.

[4] วทัญญู รอดประพัฒน์, “การออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดเคลื่อนย้ายได้”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 67, 2540.

[5] AOAC., “Official methods of analysis”, Association of official Analytical Chemists, 190-194, 2000.

[6] จารุรัตน์ สันเต, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์ และรัชฎา ตั้งวงค์ไชย, “ผลของกระบวนการแช่ต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก (หอมมะลิ 105)”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38, 5 (พิเศษ), 164-167, 2550 .

[7] B. O. Juliano, “Rice: Chemistry and Technology” 2nd edition, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 135-136, 1985.

[8] H. S. Gujral and V. Kumar, “Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice”, Journal of Food Engineering, 59, 117-121, 2003.

[9] V. C. Subularse, J. A. Liuzzo, R. M. Rao and R. M. Grodner, “Cooking quality of brown rice as influenced by gamma irradiation”, Journal of Food Engineering, 56(1), 96-98, 1991.

[10] S. Soponronnarit, W. Rordprapat and S. Wetchacama, “Mobile fluidized bed dryer”, Drying Technology, 16(7), 1501-1513, 1998.

[11] ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง, “เคมีอาหารเบื้องต้น”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, หน้า 211, 2530.

[12] B. J. Shelp, A. W. Brown and M. D. Mclean, “Metabolism and function of γ-aminobutyric acid”, Trends Plant Science, 4, 446-452, 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้