ออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงางอก

Design and fabrication of a germinated sesame roaster

สุนัน ปานสาคร[1] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1] ศิริรัตน์ ทัดแก้ว[2] วรรณิกา ซังฮี้[2] ธวัสชัย วงษ์ชมพู[2]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงางอกแบบถังหมุนความจุ 1 กิโลกรัม ตัวเครื่องประกอบด้วย ถังคั่วทรงกระบอก แบบสองชั้นภายในกรุด้วยฉนวนใยหินกันความร้อน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.4 เซนติเมตร และยาว 35.5 เซนติเมตร แหล่งพลังงานความร้อนเป็นฮีตเตอร์แบบครีบ ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ติดตั้งฝั่งตรงข้าม เพื่อการกระจายพลังงานนอกจากนี้ภายในติดตั้งตะแกรงคั่วขึ้นรูปทรงกระบอกทำจากสแตนเลสขนาดรูตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร ขั้นตอนการออกแบบเครื่องคั่วงางอกมีพื้นฐานจากการทดลองคั่วงางอกในกระทะให้ความร้อนก่อน และทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วงางอก โดยพิจารณาคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและโภชนาการของเมล็ดงางอกที่ได้ ซึ่งพบว่าเครื่องคั่วสามารถสร้างความร้อนได้มากกว่า 100 °ซ และสามารถควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดงางอกในขณะทำการคั่วที่ระดับต่างๆ ให้มีความสม่ำเสมอได้ ตัวตะแกรงคั่วสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 1- 21 รอบต่อนาที ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการคั่วเมล็ดงางอกคือ 16 รอบต่อนาที กรณีการทดสอบการคั่วเมล็ดงางอกที่ระดับอุณหภูมิ 100 °ซ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้สุกพอดี เมล็ดเต่ง และมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการคั่วให้นานขึ้นส่งผลต่อการลดลงของความชื้น ค่าความขาว ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a-value) ค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) และค่าความเป็นสีน้ำตาล (Browning index) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง หากพิจารณาปริมาณสาร GABA พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นและเวลานาน อย่างไรก็ตามบนพื้นฐานของกระบวนการคั่วพบว่า ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดงางอกหลังการคั่ว ยังคงสูงกว่าเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการงอก

คำสำคัญ : เครื่องคั่วงางอก งางอก สารกาบา การคั่ว

Abstract

This research is to design and fabrication of a germinated sesame rotary roaster which has a capacity of 1 kg. The roaster is constructed using double wall cylindrical chamber and wrapped with rockwool. The outer dimensions of the roaster are 38.4 cm diameter and 35.5 cm length. Two 1000 Watt are using for the energy source and installed opposite of the rotary roaster. In addition, cylindrical material chamber is fabricated by stainless wire mesh of 0.5 mm diameter. Ideally, the roaster concept was prior estimated using conventional criterion based on pan roasting which is considering of the physical and nutrition properties of germinated sesame seed. The results are shown that, the roaster could be heated up over 100°C and the temperature could be also controlled at steady state during roasting process. The rolling speed could be adjusted at the range of 1-21 rpm. It was noted that the best speed of the roasted germinated

[1] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

sesame was 16 rpm. Regarding the experiment at 100°C of the roasting temperature, germinated sesame seeds provided a good quality and flavor. Besides, the moisture content and whiteness values were decreased with roasting time increased, while color value (a-value and b-value) and browning index (BI) of germinated sesame seeds were no difference. The trend of GABA content of germinated sesame seeds was declined with higher and longer of roasting temperature and time, respectively. However, the GABA content of the germinated sesame seeds was higher than sesame seeds without germination.

Keywords : Sesame roasting machine, Germinated sesame seeds, GABA, Roasting

1. คำนำ

ปัจจุบันกระแสความนิยมเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้นซึ่งหนึ่งในนั้น คือ "ข้าวกล้องงอก" ในข้าวกล้องงอกจะมีคุณค่าทางอาหารสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระ และยังมีกรดกาบาหรือสารกาบา ซึ่งจะช่วยในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และโรคเบาหวาน เป็นต้น [1-3] ถึงแม้กระแสการบริโภคข้าวกล้องงอกกำลังเป็นที่นิยม แต่มีธัญพืชชนิดหนึ่งที่ไม่ควรมองข้าม และน่าจะมาทดแทนข้าวกล้องงอกได้เป็นอย่างดี นั้นคือ "งา" งาเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย [4] นอกจากนี้งายังเป็นพืชที่มีขนาดเมล็ดเล็กมากอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินบี ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี ทองแดง แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ใยอาหาร ที่สำคัญปริมาณแคลเซียมในงาจะมีสูงกว่านมถึง 3 เท่า เมื่อเทียบในปริมาณที่เท่ากัน [5] การบริโภคงาจะช่วยในการป้องกันโรคคอพอก บำรุงเลือด บำรุงผิวหนัง และบำรุงกระดูกและฟัน เป็นต้น รวมถึงในเมล็ดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบประมาณ 45-50 % [6,7]

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผลของกระบวนการงอกของเมล็ดธัญพืชสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารมากขึ้น เช่น การเพิ่มของสารกาบาในข้าวกล้องงอก รวมถึงเมื่อเมล็ดธัญพืชผ่านกระบวนการงอกแล้วยังส่งผลดีในแง่ของคุณลักษณะทางกายภาพที่ดีขึ้น [8,9] ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทดลองผลิตงางอกขึ้น ซึ่งการบริโภคงาของคนไทยนิยมนำงามาคั่วก่อนเพื่อเพิ่มความหอมและเมล็ดเด่นน่ารับประทาน หรือการนำงาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ [10] ซึ่งการคั่วงามักใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูงอาจส่งผลต่อคุณค่าทางอาหารของเมล็ดงางอก โดยทั่วไปแล้วเมื่อนำเมล็ดงาไปคั่วมักจะพบปัญหาเรื่องเมล็ดงาสุกไม่พร้อมกัน ทั้งนี้จึงต้องมีการคน หรือพลิกกลับเมล็ดงาตลอดเวลา ดังนั้นหากใช้แรงงานคนในการคั่วจะพบปัญหาเรื่องความเมื่อยล้า และจะคั่วได้ครั้งละไม่มาก หากคั่วโดยใช้ไฟแรงจะพบปัญหาเมล็ดงาบางส่วนสุก บางส่วนไม่สุก บางส่วนไหม้ และยังทำให้คุณค่าทางอาหารที่อยู่ในงาลดลงไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้าง เครื่องคั่วงางอกขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว รวมถึงเพื่อให้เหมาะสมกับตัวผลิตภัณฑ์งางอก และคาดหวังว่าเมล็ดงางอกที่ผ่านการคั่วนั้นจะยังคงคุณค่าทางอาหารเช่นกัน

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เนื่องจากเมล็ดงางอกมีลักษณะที่ค่อนข้างแตกต่างจากเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการงอก ดังนั้นการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงางอกนี้จึงต้องทดสอบพื้นฐานการคั่วงางอกโดยการทดลองคั่วงางอกในกระทะให้ความร้อนเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมเบื้องต้นและนำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องคั่วงางอกต่อไป

2.1 วัสดุทดสอบ

งาที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นงาดำแดงพันธุ์พื้นเมือง มีความชื้นเริ่มต้น 6.95±0.15 %wb. ก่อนการทดสอบนำ

เมล็ดงาทำความสะอาดโดยแยกเมล็ดลีบและเศษสิ่งสกปรกต่างๆออก และเก็บรักษาในตู้เย็น (4±1 °ซ) จนกว่าจะนำไปใช้ ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างงางอกโดยนำเมล็ดงาออกจากตู้เย็นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 4-5 ชั่วโมง หลังจากนั้นแช่เมล็ดงาในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (27±2 °ซ, 60±5%RH) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่ม 22 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเดิม จะได้เมล็ดงาที่มีรากงอกออกมาประมาณ 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างงางอกที่ได้จากการทดลองนี้ทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าสี และปริมาณกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริก (GABA) ก่อนนำไปทดสอบกระบวนการคั่วต่อไป

2.2 การทดสอบปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์งางอกในกระบวนการคั่ว

ในการออกแบบเครื่องคั่วงางอกพบว่าปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ อุณหภูมิ เวลาในการคั่ว และที่สำคัญความสม่ำเสมอของงาในระหว่างการคั่ว ดังนั้นจึงได้ทดสอบเบื้องต้นโดยการนำงางอกที่ได้จากข้อ 2.1 ทำการคั่วในกระทะที่อุณหภูมิการทดสอบ 70 100 และ 130oซ เวลา 25 และ 30 นาที ตามลำดับ หลังการคั่วทำการทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น การเปลี่ยนแปลงค่าสี การเปลี่ยนแปลงกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริก (GABA) และลักษณะปรากฏของเมล็ดงางอกหลังการคั่วเปรียบเทียบกับงางอกก่อนคั่วและงาที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก

2.3 การออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงางอก

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการคั่วงางอกจากขั้นตอนที่ 2.2 นำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบโดยการควบคุมปริมาณการคั่ว อุณหภูมิการคั่ว เวลาของการคั่ว และความสม่ำเสมอในการคั่ว ดังนั้นองค์ประกอบหลักของเครื่องคั่วงางอกดังแสดงในรูปที่ 1-2 ประกอบด้วย (1) ตะแกรงขึ้นรูปทรงกระบอกสำหรับใส่ตัวอย่างงางอก โดยการขึ้นรูปเป็นล่อนเพื่อช่วยในการกลับหรือพลิกตัวอย่างระหว่างการคั่ว (2) แหล่งพลังงานในที่นี้คือ ฮีตเตอร์ขนาด 1000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด วางในตำแหน่งตรงข้ามเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการให้ความร้อน (3) ชุดควบคุม ซึ่งจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิขณะคั่วงา ความเร็วรอบของการหมุนถังคั่วงาและเวลาในการคั่ว

2.4 การทดสอบเครื่องคั่วงางอกบนพื้นฐานปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทดสอบในเบื้องต้นจนกระทั่งเกิดการออกแบบและสร้างเครื่องคั่งงางอกดังรูปที่ 1-2 พบว่าการใช้อุณหภูมิในการทดสอบที่ต่ำเกินไปจะทำให้ใช้เวลานานในการคั่ว หรือการใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้งาไหม้ก่อนที่จะสุก ดังนั้นในการทดสอบเครื่องคั่วงาจึงเลือกใช้การทดสอบที่อุณหภูมิ 100oซ ที่น้ำหนัก ความเร็วรอบและเวลาการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3

2.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ

2.5.1 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตัวอย่างเมล็ดงาชั่งน้ำหนัก 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 °ซ 16 ชั่วโมง [11]

2.5.2 ค่าสี (Color) เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าสีคือ Color Difference Meter (Model JC801, Tokyo, Japan) รายงานผลออกมาในรูปของ L, a, b ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่าเป็นการแสดงการวัดค่าสีเฉพาะเจาะจง ซึ่งสามารถรายงานผลด้วยค่า Browning index (BI) ซึ่งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมทั้งหมด โดยใช้สมการ

$$\mathrm{BI} = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \qquad (1)$$

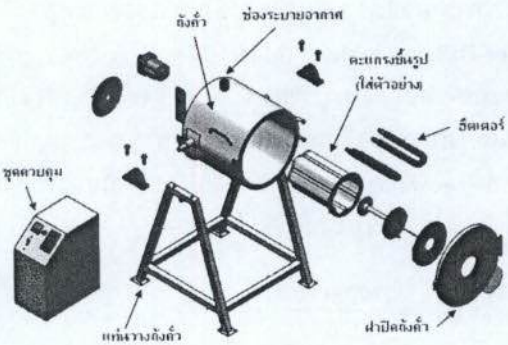
โดยที่ $$\mathrm{X} = \frac{(a+1.75L)}{(5.645L+a-3.012b)} \qquad (2)$$

2.5.3 ปริมาณสาร GABA อ้างอิงกระบวนการทดสอบจากมาตรฐาน [12] ตัวอย่างเมล็ดงาบดด้วยเครื่องบดความละเอียด 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำมาสกัดด้วยแอลกอฮอลล์ 50%, 50 °ซ นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าอุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง (1350g) 20 นาที แยกส่วนใสที่ได้วิเคราะห์ค่า GABA ด้วยเครื่อง GC (Gas chromatography)

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One–way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

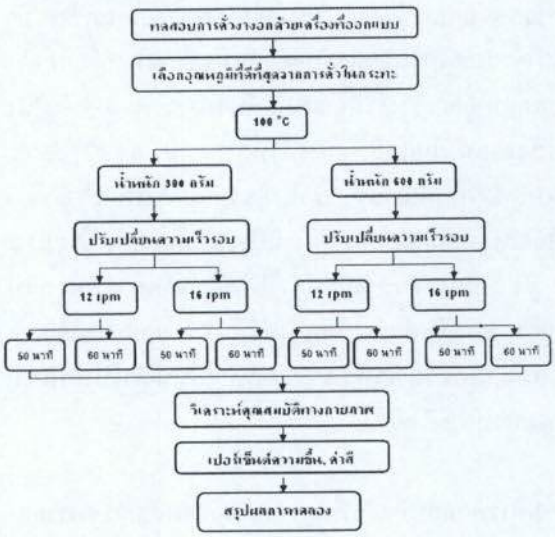
รูปที่ 1 เครื่องคั่วงางอก



รูปที่ 2 องค์ประกอบเครื่องคั่วงางอก

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

เครื่องคั่วงางอกนี้เป็นเครื่องต้นแบบทดสอบขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่มีกำลังการผลิตประมาณ 1000 กรัม ของเมล็ดงางอกสดต่อครั้งในการคั่ว ดังนั้นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสามารถทำได้โดยการพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์งางอกที่ได้หลังการคั่วด้วยเครื่องดังกล่าว ซึ่งให้ผลการทดลองดังปรากฏด้านล่างนี้



รูปที่ 3 แผนการทดสอบการคั่วงางอกด้วยเครื่องคั่วงาที่สภาวะต่างๆ

3.1 ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์งางอกหลังการคั่วในกระทะ

การคั่วงางอกในกระทะ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปออกแบบเครื่องคั่วงางอก และแสดงผลการทดลองดังตารางที่ 1 พบว่าเมล็ดงางอกมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเมื่อผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ซึ่งที่อุณหภูมิการคั่วสูงส่งผลต่อการลดลงของความชื้น [13] และจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์งาคั่วตามแบบ มผช. งาที่ผ่านการคั่วแล้วควรมีความชื้นไม่เกิน 5%wb. ดังนั้น การคั่วงางอกที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °ซ นานกว่า 25 นาทีสามารถลดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ในช่วง 1-5%wb. ได้ ในขณะที่อุณหภูมิการคั่ว 70 °ซ เวลาการคั่วในช่วง 25-30 นาที ค่าความชื้นยังสูงกว่าค่ามาตรฐาน นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาในการคั่วยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขาว (L-value) และค่าสีของเมล็ดงางอก (a-value, b-value) โดยพบว่าค่าความขาวของเมล็ดงางอกคั่วที่อุณหภูมิ 70 °ซ เวลา 25-30 นาที ให้ค่าต่ำสุดในช่วง 24-26 และไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับค่าความขาวที่การคั่วอุณหภูมิ 100 °ซ เวลา 25-30 นาที พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน อย่างไร

ก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าความขาวของงาองกหลังคั่ว และงาองกก่อนคั่ว พบว่าการคั่วงาส่งผลให้ค่าความขาวลดลง และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีแดง (a-value) พบว่าในทางสถิติไม่พบความแตกต่าง (P>0.05) ของงาทั้งก่อนและหลังคั่ว อย่างไรก็ตามค่า b-value หรือค่าความเป็นสีเหลือง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาและอุณหภูมิในการคั่ว พิจารณาค่า BI (Browning index) มีค่าในช่วง 175-184 ที่อุณหภูมิการคั่ว 70-100 °ซ เป็นเวลา 25-30 นาที ซึ่งพบว่าในทางสถิติแล้วไม่แตกต่างกัน (P>0.05) นั้นคืออุณหภูมิที่ใช้ทดสอบการคั่วไม่แตกต่างกันมากนักและเวลาในการคั่วไม่นานมากจนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดงาองกมากนั้นเอง อย่างไรก็ตามการคั่วที่อุณหภูมิสูง (130 °ซ) ให้ค่าสีของเมล็ดงาองกที่ค่อนข้างคล้ำ และเมล็ดงาเริ่มมีกลิ่นเหม็นไหม้ ดังนั้นที่อุณหภูมินี้จึงไม่เหมาะสำหรับกระบวนการคั่วงาองก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเมล็ดงาหลังจากการคั่วนั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และการย่อยสลายของฟอสโฟลิพิดในเมล็ดงาเป็นสำคัญ [14]

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกระบวนการคั่วงาองกด้วยกระทะที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

สภาวะการทดสอบ		ค่าสี				ความชื้น
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)	L	a	b	BI	% wb.
งาไม่ผ่านการงอก		29.20^{bc} ±0.35	7.50^{ab} ±0.36	8.23^{b} ±0.15	167.72^{bc} ±2.03	6.95^{c} ±0.15
		34.07^{a} ±1.16	5.80^{b} ±0.35	10.07^{ab} ±0.40	166.41^{c} ±0.59	44.86^{a} ±0.35
25	70	24.43^{d} ±1.99	7.47^{ab} ±1.70	8.50^{b} ±1.56	183.82^{ab} ±9.53	8.11^{b} ±0.19
	100	27.27^{bcd} ±1.18	7.47^{ab} ±0.71	8.47^{b} ±0.87	174.47^{bc} ±5.06	4.32^{d} ±0.71
	130	30.53^{b} ±1.36	9.10^{a} ±1.83	12.13^{a} ±1.07	195.25^{a} ±6.38	2.85^{e} ±0.03
30	70	25.83^{cd} ±3.35	7.80^{ab} ±2.29	9.13^{b} ±2.60	184.37^{ab} ±15.78	5.14^{d} ±0.67
	100	27.90^{bc} ±2.38	8.13^{ab} ±1.19	9.80^{ab} ±1.91	183.96^{ab} ±9.96	3.26^{e} ±0.11
	130	29.60^{b} ±1.22	8.40^{ab} ±1.04	10.37^{ab} ±1.78	183.66^{ab} ±11.26	1.35^{f} ±0.01

^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean± SD)

3.2 ผลการทดสอบเครื่องคั่วงาองก

หลังจากการทดสอบการคั่วงาองกในกระทะ จนกระทั่งนำมาซึ่งการออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงาองกดังรูปที่ 1 และ 2 รวมถึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการคั่วงาองกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์งาองกที่มีคุณภาพทั้งด้านโภชนาการและคุณสมบัติทางกายภาพจึงได้วางแผนการทดสอบเครื่องคั่วงาองกดังรูปที่ 3 จากผลการทดสอบพบว่า การคั่วงาองกที่อุณหภูมิ 100oซ ปริมาณงาองกสดเริ่มต้นที่ 300 และ 600 กรัม เวลาในการคั่ว 50-60 นาที ที่ความเร็วรอบในการหมุนของถังคั่ว 12-16 รอบต่อนาที นั้นให้ผลการทดสอบแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดสอบการคั่วในกระทะนั้นคือ ค่าความขาวลดลงอยู่ในช่วง 16-21 เมื่อเทียบกับงาองกสดก่อนคั่ว (34.07±1.16) และยังมีแนวโน้มลดลง [15,16] มากกว่าการคั่วในกระทะ ทั้งนี้เนื่องมาจากเวลาการคั่วที่นานขึ้น เมื่อพิจารณาค่า a-value และค่า b-value พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะการคั่วต่างๆ แต่ค่า b-value ของเมล็ดงาองกหลังคั่วมีค่าลดลงและแตกต่างทางสถิติ (P<0.05) กับเมล็ดงาองกก่อนคั่ว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีน้ำตาล (Browning index) หรือ

ค่าสีโดยรวมพบว่าไม่ว่าที่สภาวะการทดสอบใดไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างงางอกก่อนคั่วและงางอกหลังคั่ว นอกจากนี้ตัวแปรที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นพบว่าการคั่วงางอกที่ปริมาณน้ำหนัก 600 กรัม นั้นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังการคั่วอยู่ในช่วงประมาณ 5-9%wb. ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่หากลดปริมาณน้ำหนักลงที่ 300 กรัม พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีค่าต่ำกว่า 5%wb. ทั้งนี้เนื่องมาจากระหว่างการคั่วมีการระบายความชื้นออกจากเมล็ดงางอกมากขึ้น มีการพลิกตัวของเมล็ดงาได้อย่างทั่วถึงอันเนื่องมาจากพื้นที่ในการระบายมากขึ้น ไม่อัดแน่นมากเกินไป รวมถึงการเพิ่มความเร็วรอบของการหมุนของถังคั่วงายังส่งผลต่อการลดลงของค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเช่นกัน [15]จากการทดสอบการคั่วงางอกด้วยเครื่องพบว่าจะใช้เวลานานกว่าการคั่วในกระทะ ทั้งนี้เนื่องมาจากการคั่วในกระทะนั้นเมล็ดงาสัมผัสโดยตรงกับผิวกระทะให้ความร้อนจึงส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การคั่วโดยใช้เครื่อง เมล็ดงาไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับแหล่งพลังงานความร้อน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทพลังงาน จึงใช้เวลานานขึ้นเพื่อให้ได้ความชื้นและคุณภาพของเมล็ดงานที่เท่าเทียมกัน [17] อย่างไรก็ตามอาจเกิดข้อพกพร่องขึ้นได้ในส่วนของค่าความขาวของเมล็ดงางอกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกระบวนการคั่วงางอกด้วยเครื่องคั่วงาที่อุณหภูมิการทดสอบ 100°C

สภาวะการทดสอบ			ค่าสี				ความชื้น
น้ำหนักงางอก (กรัม)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เวลา (นาที)	L	a	b	BI	(% wb.)
งางอกสดก่อนคั่ว			34.07 ±1.16	5.80 ±0.35	10.07 ±0.40	167.72 ±2.03	44.75 ±0.95
300	12	50	17.90^{c}±1.44	4.23^{c}±0.60	5.53^{b}±0.42	172.69^{a}±4.94	2.87^{d}±0.52
		60	19.13^{bc}±0.86	4.53^{bc}±0.58	5.53^{b}±0.42	168.93^{a}±7.59	1.58^{e}±0.11
	16	50	18.87^{bc}±1.66	4.90^{bc}±0.30	5.80^{b}±1.67	175.94^{a}±27.68	2.23^{de}±0.11
		60	21.00^{b}±1.15	5.23^{ab}±0.47	6.70^{b}±0.50	175.27^{a}±3.49	1.45^{e}±0.06
600	12	50	18.50^{c}±1.48	4.77^{bc}±0.47	5.50^{b}±1.10	172.46^{a}±18.08	9.25^{b}±0.36
		60	19.47^{bc}±1.20	4.67^{bc}±0.30	6.90^{b}±1.95	185.32^{a}±30.04	4.62^{c}±0.06
	16	50	20.20^{bc}±1.05	4.93^{bc}±0.15	5.93^{b}±1.06	170.23^{a}±13.33	9.29^{b}±0.56
		60	19.07^{c}±1.25	5.27^{bc}±0.55	6.40^{b}±0.78	173.11^{a}±24.26	4.97^{c}±0.56

^{abc} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT (mean± SD)

3.3. ผลการทดสอบปริมาณกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริก (GABA)

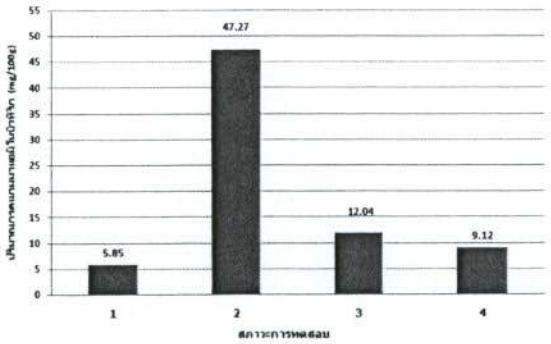
จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4 พบว่าการงอกของเมล็ดงาส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสาร GABA จาก 5.85 เป็น 47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม ของเมล็ดงาก่อนงอกและหลังงอกตามลำดับ ซึ่งสาร GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิก [1] สารGABA ทำหน้าที่เป็นสารสื่อนำประสาท โดยจะทำ

หน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นซึ่งจะช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย ลดความดันโลหิต และช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นและที่สำคัญลดอัตราการเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง นอกจากนั้น GABA ยังช่วยควบคุมอาการโรคพิษสุราเรื้อรัง [1- 3] อย่างไรก็ตาม สาร GABA มักสูญสลายเมื่อได้รับความร้อนที่สูง ดังนั้นการคั่วงางอกจึงต้องคำนึงถึงจุดนี้ และจากการทดลองการคั่วงางอกในกระทะให้ความร้อนที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าที่อุณหภูมิการคั่วสูงและเวลานาน (130 °ซ, 30 นาที)ส่งผลต่อการลดลงของสาร GABA อย่างรวดเร็วและมีค่าน้อยกว่าค่าเริ่มต้นของงาที่ไม่ผ่านการงอก ในขณะที่หากอุณหภูมิในการคั่วต่ำ (70-100 °ซ) พบว่าเมล็ดงางอกยังสามารถคงปริมาณของสาร GABA แต่ยังคงลดลงเมื่อเทียบกับค่าสาร GABA ในเมล็ดงางอกก่อนคั่ว

นอกจากนี้หากพิจารณาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดงางอก ทั้งสี ความหอม และความเต็งของเมล็ดดังปรากฏในรูปที่ 6 พบว่าที่อุณหภูมิ 100 °ซ ให้ผลดีที่สุด หากพิจารณาปริมาณสาร GABA ในเมล็ดงางอกหลังการคั่วด้วยเครื่องคั่วงางอกที่อุณหภูมิ 100 °ซ เวลา 60 นาที พบว่าคงเหลือ 9.12 มิลลิกรัม/100 กรัม เมื่อเทียบกับงางอกก่อนคั่ว (47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม) แต่ยังมีค่ามากกว่าการคั่วที่อุณหภูมิสูง (130 °ซ)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย เพื่อการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ในการดำเนินโครงงานวิจัยครั้งนี้ และสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่เพื่อการวิจัย

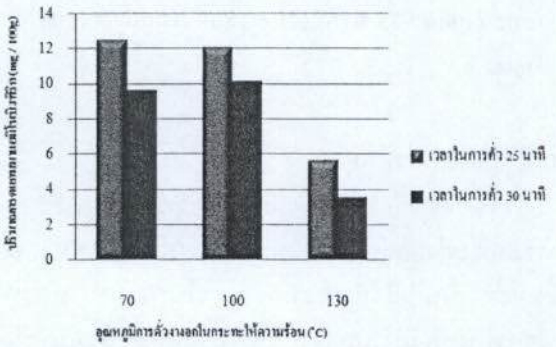


รูปที่ 4 ปริมาณกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริก (GABA) ในระหว่างขั้นตอน (1) งาสด (2) งางอกสด (3) งางอกคั่วในกระทะ (100 °ซ-25 นาที) (4) งางอกคั่วในเครื่อง (100 °C-60 min)

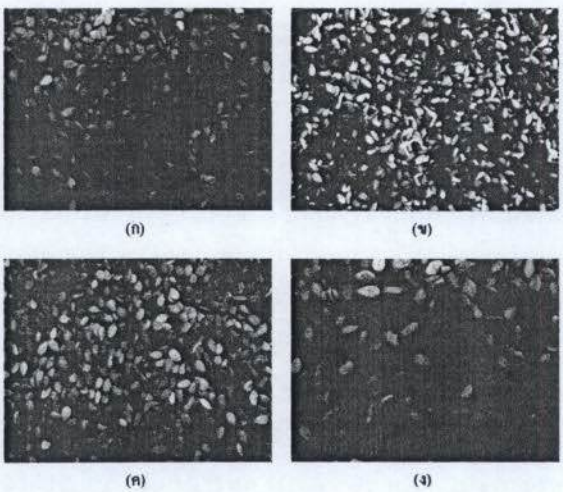
4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าเมล็ดธัญพืชเมื่อผ่านกระบวนการงอกจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่ง "งา" เป็นเมล็ดธัญพืชที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเพื่อการเพิ่มมูลค่า นอกจากนี้การคั่วงาเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งก่อนที่จะนำเมล็ดงามาบริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องคั่วงางอกแบบถังหมุนรูปทรงกระบอก ให้ความร้อนโดยฮีตเตอร์ ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ขนาดความจุ 1 กิโลกรัม โดยขั้นตอนการออกแบบมีพื้นฐานจากการทดลองคั่วงางอกในกระทะ และทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคั่วงางอก โดยพิจารณาสมบัติทั้งทางกายภาพและโภชนาการของเมล็ดงางอกที่ได้ ซึ่งพบว่าเครื่องคั่วสามารถสร้างความร้อนได้มากกว่า 100 °ซ และสามารถควบคุมอุณหภูมิของเมล็ดงางอกในขณะทำการคั่วที่ระดับต่างๆ ให้มีความสม่ำเสมอได้ ตัวตะแกรงคั่วสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 1 - 21 รอบต่อนาที ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการคั่วเมล็ดงางอก คือ 16 รอบต่อนาที และการทดสอบคั่วเมล็ดงางอกที่ระดับอุณหภูมิ 100 °ซ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้สุกพอดี เมล็ดเต่ง และมีกลิ่นหอม

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการคั่วให้นานขึ้นส่งผลต่อการลดลงของความชื้น ค่าความขาว ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a-value) ค่าความเป็นสีเหลือง (b-value) และค่าความเป็นสีน้ำตาล (Browning index) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามหากพิจารณาค่าสาร GABA พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นรวมถึงเวลาในการคั่วนานขึ้นถึงกระนั้นค่าสุดท้ายของปริมาณสาร GABA ในเมล็ดงางอกหลังการคั่ว ยังคงสูงกว่าเมล็ดงาที่ไม่ผ่านการงอก



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของสาร GABA ระหว่างการคั่วเมล็ดงางอกในกระทะ



รูปที่ 6 (ก) งาสด (ข) งางอกสด (ค) งางอกคั่วในกระทะ (100°ซ-25 นาที) (ง) งางอกคั่วในเครื่อง (100°ซ-60 นาที)

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Kawabata, K., Tanaka, T., Murakami, T., Okada, T., Murai, H., Yamamoto, T., Hara,A., Shimizu, M., Yamada, Y., Matsunaga, K., Kuno, T., Yoshimi, N., Sugie, S., and Mori, H. 1999. Dietary prevention of azoxymethane-induced colon carcinogenesis with rice-germ in F344 rats. ***Carcinogenesis (Lond.),*** 20: 2109–2115.

[2] Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T. 2003. Effect of soaking and gaseous phase sprout processing on the GABA content of pre-germinated brown rice. The ***American Society of Agricultural and Biological Engineer.*** Paper number: 036073.

[3] Oh, S.H., Soh, J.R., and Cha, Y.S. 2003. Germinated brown rice extract shows a nutraceutical effect in the recovery of chronic alcohol--related symptoms. ***Journal Medicinal Food.*** 6:115-121.

[4] Hemalatha, K.P.J. and Prasad, D.S. 2003. Changes in the metabolism of protein during germination of sesame (Sesamum indicum L.) seeds. ***Plant Foods for Human Nutrition.*** 58:1-10.

[5] Anonymous. 1998. Sesame Seeds : http://homecooking.about.com/library/archive/blspice18.htm

[6] พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2549. เครื่องสกัดน้ำมันงา ***วิศวกรรมสาร มข.*** ปีที่ 33 ฉบับที่ 5 หน้า 565-576 จำนวน 12 หน้า.

[7] Sirato, Y.S., Katsuta, M., Okuyama, Y., Takahashi, Y., and Ide, T. 2001. Effect of sesame seeds rich in sesamolin on fatty acid oxidation in rat liver. ***Journal Agricultural Food Chemistry.*** 49(5): 2647-2651.

[8] Hahm, T.S., Park, S.J., and Lo, Y.M. 2009. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (Sesamum indicum L.) Seed. ***Bioresource Technology.*** 100:1643-1647.

[9] Kyauk, H., Hopper, N.W.and Brigham, R.D.1995. Effect of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (Sesamum indicum L.). ***Environmental and Experimental Botany.*** 35(3): 345-351.

[10] El-Adaway, T.A., and Mansour, E.H. 2000. Nutritional and physicochemical evaluations of tahina (sesame butter) prepared from heat-treated sesame seeds. ***Journal of Science of Food and Agricultural.*** 80: 2005-2011.

[11] AOAC. 1990. Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. ***Association of Official Analytical Chemists.***

[12] Mustafa, A., Aman, P., Andersson, R., and Kamal, E.A. 2007. Analysis of free amino acid in cereal products, Food Chemistry. 105(1): 317-324.

[13] Aralan, N., and Togrul, H. 2005. Moisture sorption isotherms for crushed chillies. ***Biosystems Engineering.*** 90: 47-61.

[14] Hussain,S.R., Terao, J., and Mathuushita, S. 1986. Effect of browning products of phospholipids on autoxidation of methyly lioenets. ***Journal of American oil Chemist Society.*** 63:1457-1560.

[15] Kahyaoglu, T., and Kaya, S. 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. ***Journal of Food Engineering.*** 75: 167-177.

[16] Avila, I.M.L.B., and Silva, C.L.M. 1999. Modeling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. ***Journal of Food Engineering.*** 39:161-166.

[17] อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์ และ พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล. 2552. เครื่องคั่วงา. ***วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,*** มีนาคม 2552. 14(3): 275-282.