พัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์งางอกร่วมกับการคั่ว เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร

Value augmentation to sesame sprouts through production method improvement and roast process

สุนัน ปานสาคร[1*] และ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1]

Sunan Parnsakhorn[1*] and Jaturoung Lungapin[1]

บทคัดย่อ: กระบวนการงอกของเมล็ดธัญพืชส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยจะเริ่มเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นกระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของคุณค่าทางอาหาร ซึ่งงางอกเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ ทั้งนี้มีการนำงาไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย รวมถึงการบริโภคในรูปแบบของงาคั่ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดงา ระหว่างกระบวนการงอกที่สภาวะต่างๆ เพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตร จากการทดลองผลิตงางอกจากงาดำ-แดงพันธุ์เกษตรพื้นเมือง โดยทดลองแช่ในน้ำที่มีค่าความเป็น กรด-ด่าง ระหว่าง 4 และ 6 ที่เวลาการแช่ 24 ชั่วโมง ณ อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) และการแช่ 2-4 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่ม 20-22 ชั่วโมงที่อุณหภูมิเดิม โดยเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของงางอกที่ได้กับงาไม่ผ่านกระบวนการงอก จากการทดลองพบว่า หลังการแช่เมล็ดงาในน้ำค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 4-6 ชั่วโมง และมีแนวโน้มคงที่หากแต่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเมล็ดงาเข้าสู่กระบวนการบ่ม เมื่อทำการทดสอบเปอร์เซ็นต์การงอกและปริมาณสาร GABA พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกลดลงเมื่อแช่งาในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดสูง (pH 4) หากแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแช่เมล็ดงาในน้ำ (pH 4 และ 6) ร่วมกับการบ่ม และให้ค่าสูงกว่ากรณีการแช่เมล็ดงาในน้ำเพียงขั้นตอนเดียว โดยให้ปริมาณสาร GABA สูงสุด 47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม ที่สภาวะแช่เมล็ดงาในน้ำ 2 ชั่วโมงร่วมกับการบ่ม 22 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของสาร GABA หลังการงอกของเมล็ดงาจะลดลง (12.04 มิลลิกรัม/100 กรัม) เมื่อนำงางอกไปคั่วด้วยกระทะให้ความร้อน (100 องศาเซลเซียส, 60 นาที) แต่ยังคงมีค่าสูงกว่างาสดที่ไม่ผ่านการงอก (5.85 มิลลิกรัม/100 กรัม) นอกจากนี้เมล็ดงางอกยังให้ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับเมล็ดงาสด ดังนั้นจากการทดสอบนี้จึงพบว่า งาที่ผ่านการงอกมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่างาสด ทั้งนี้ต้องผ่านกระบวนการผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพเป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ธัญพืช, เมล็ดงา, สารกาบา, การแช่, การงอก

ABSTRACT: The germination of cereal was causing *changes* in the *biochemical* by starting when water content increased and improved nutritional value. A product of seed germination, sesame sprout is of special interest due to its use as a raw material or ingredient in various food products. Even roasted sesame seeds are consumed as a snack. This research was undertaken to study changes in the physicochemical properties of sesame seeds during germination at different conditions with the aim to create a greater value of the sesame seed products. In the experiments, black and red sesame sprouts of local variety were tested by soaking in 4-6 pH of controlled water at room temperature (27±2°C) for 24 hours and condition of soaking for 2-4 hours combined with incubation at the same temperature for

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi: Thanyaburi Pathumthani 12110

* Corresponding author: sunanpan@yahoo.com

20-22 hours. The physicochemical properties of sesame sprouts and sesame (original) were subsequently compared. The results indicated that moisture content rapidly increased during the first 4-6 hrs after soaking and remained relatively constant afterward. However, moisture content of sesame seeds slightly increased in incubation condition. The percentage of germination was decreased after soaking of sesame seeds at 4 pH of controlled water. The condition of soaking of sesame seeds combined with incubating produced higher gamma-aminobutyric acid (GABA) and percentage of germination than that of mere soaking. In addition, soaking of sesame seeds for 2 hrs combined with incubating for 22 hrs gave the highest GABA content of 47.27 mg/100 g. However, the GABA content was reduced to 12.04 mg/100 g. after roasting at high temperature (100°C) for 60 min. Which was, nevertheless, still higher compared to sesame (original) under the same condition (5.85 mg/100g). Moreover, sesame sprouts showed reduction in whiteness, redness and yellowness values ($p<0.05$) after soaking in comparison with sesame (original). The study results indicated that, with proper quality of control, sesame sprouts contain more nutrients than sesame (original).
Keywords: Cereal, Sesame seeds, GABA, Soaking, Germination

บทนำ

งา เป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ และมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญขึ้นทุกปี เนื่องจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) นอกจากนี้งายังเป็นพืชที่มีขนาดเมล็ดเล็กมากแต่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินบี ธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี ทองแดง แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม ใยอาหาร ที่สำคัญปริมาณแคลเซียมในงามีสูงกว่านมถึง 3 เท่า เมื่อเทียบในปริมาณที่เท่ากัน (Elleuch et al., 2007) การบริโภคงาจะช่วยในการป้องกันโรคคอพอก บำรุงเลือด บำรุงผิวหนัง และบำรุงกระดูก และฟัน เป็นต้น รวมถึงในเมล็ดงามีน้ำมันเป็นส่วนประกอบประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์ (พิสิษฐ์ และอริยาภรณ์, 2549; Sirato et al., 2001) ด้วยปัจจุบันกระแสความนิยมเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น หนึ่งในนั้น คือ “ข้าวกล้องงอก” ซึ่งในเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการงอกจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเพิ่มขึ้นของสารอาหาร รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระ และที่สำคัญการเพิ่มขึ้นของกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) ซึ่งจะช่วยในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Kawabata et al., 1999; Komatsuzaki et al., 2007; Oh et al., 2003)

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการงอกของเมล็ดธัญพืช เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวสาลี และถั่วเขียว สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารมากขึ้น (Finney, 1978; Chauhan et al., 2007; Dave et al., 2008) รวมถึงเมื่อเมล็ดธัญพืชผ่านกระบวนการงอกแล้วยังส่งผลดีในแง่ของคุณลักษณะทางกายภาพด้วยเช่นกัน ดังนั้นเมล็ดงาจึงเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ ในการนำมาผ่านกระบวนการงอกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และส่งเสริมให้มีการนำไปบริโภคมากขึ้น ซึ่งการบริโภคงาของคนไทยนิยมนำงามาคั่วก่อนเพื่อเพิ่มความหอมจนเมล็ดเต่งน่ารับประทาน หรืออาจนำงาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งการคั่วงามักใช้อุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นอาจส่งผลต่อคุณค่าทางอาหารของเมล็ดงาได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า การรายงานผลเกี่ยวกับกระบวนการงอกที่มีผลต่อเมล็ดงานั้นยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการงอกร่วมกับการคั่วที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดงา เพื่อการนำไปบริโภคนั้นยังไม่ปรากฏ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์งางอกร่วมกับการคั่วเพื่อการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร โดยคาดหวังว่าเมล็ดงางอกที่ผ่านการคั่วนั้นจะยังคงคุณค่าทางอาหารอยู่ และงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปพัฒนาต่อยอด การศึกษาด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไปได้

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเมล็ดงา

(ก) เมล็ดงาที่ใช้เป็นชนิดงาดำ-แดงพันธุ์เกษตรพื้นเมือง นำมาทำความสะอาดโดยแยกวัสดุเจือปน

ออก พร้อมทั้งบรรจุใส่ถุงพลาสติกขนาดประมาณ 1 กิโลกรัมต่อถุงและเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปใช้ทดสอบขั้นตอนต่อไป

(ข) นำเมล็ดงาสดทดสอบความชื้นเริ่มต้นก่อนเข้าสู่กระบวนการเพาะงอก ใช้วิธีการมาตรฐาน AOAC (1995) โดยชั่งเมล็ดงาสดน้ำหนัก 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และคำนวณค่าความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์ฐานเปียก

ขั้นตอนกระบวนการผลิตงางอก

เตรียมตัวอย่างเมล็ดงาสดที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ชั่งน้ำหนัก 300 กรัม ห่อด้วยใส่ผ้าขาวบางเตรียมไว้สำหรับการทดลองในหนึ่งตัวอย่าง จากการศึกษาปัจจัยหลักที่ต้องเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเมล็ดธัญพืชงอก คือ ความชื้น ระยะเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังนั้นในกระบวนการผลิตงางอกนี้จึงได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็นสองขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนแรกการเพิ่มความชื้น และขั้นตอนที่สองคือการบ่ม ซึ่งงานวิจัยนี้มีการทดสอบทั้งสิ้น 3 สภาวะ คือ

1. สภาวะการนำเมล็ดงาไปแช่ในน้ำ (Soaking) อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “S24” ในการอธิบายผลการทดลองต่อไป

2. สภาวะการนำเมล็ดงาไปแช่ในน้ำ (Soaking) อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิเดิมความชื้นสัมพัทธ์ (60±5%RH) เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “S2+IN22” ในการอธิบายผลการทดลองต่อไป

3. สภาวะการนำเมล็ดงาไปแช่ในน้ำ (Soaking) อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ร่วมกับการบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิเดิมความชื้นสัมพัทธ์ (60±5%RH) เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งใช้สัญลักษณ์ “S4+IN20” ในการอธิบายผลการทดลองต่อไป

ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในขั้นตอนการแช่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดธัชพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองแช่เมล็ดงาในน้ำที่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำด้วยกรดซิตริกในช่วง 4 (pH4) และ 6 (pH6) ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า มีการทดสอบทั้งสิ้น 6 ตัวอย่าง พร้อมทั้งเปรียบเทียบคุณสมบัติของเมล็ดงางอกที่ได้กับเมล็ดงาสดที่ไม่ผ่านการงอก (Seed (original))ดังแสดงขั้นตอนการทดสอบใน Figure 1

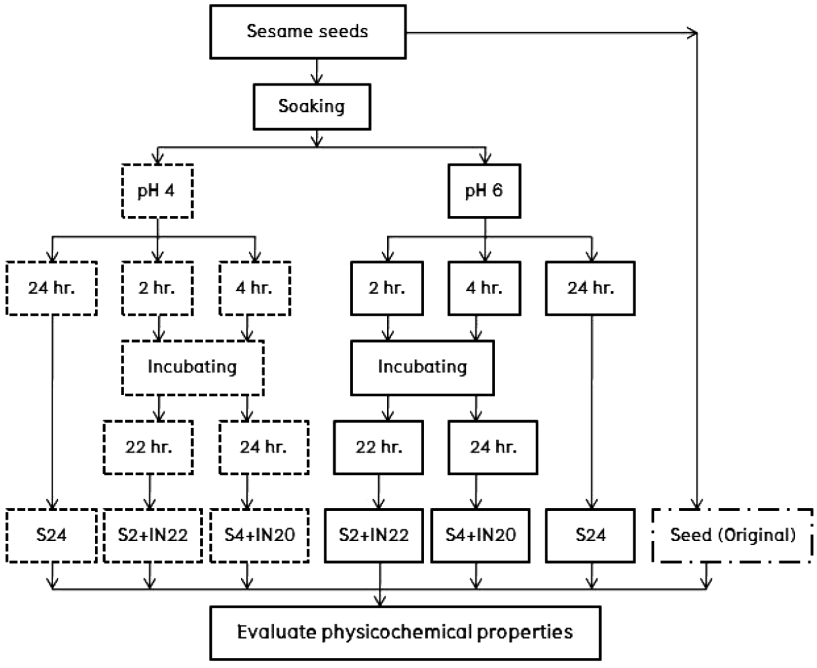

Figure 1 The flow chart of sesame sprouts under various treatments.

ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดงา

ก) ปริมาณความชื้น (Moisture content, %wb.) ตัวอย่างเมล็ดงาชั่งน้ำหนัก 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง (AOAC, 1995)

ข) เปอร์เซ็นต์การงอก (Germination, เปอร์เซ็นต์) สุ่มตัวอย่างในแต่ละสภาวะการทดสอบกระบวนการงอกดังแสดงใน **Figure 1** จำนวน 100 เมล็ด ตรวจนับการงอกของเมล็ดงาที่ความยาวของรากประมาณ 1-2 มิลลิเมตร พร้อมทั้งรายงานผลการทดสอบในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

ค) ค่าสี (Color) และค่าดัชนีความขาว (Whiteness index) เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าสี คือ Color Difference Meter (Model JC801, Tokyo, Japan) รายงานผลในรูปของ L*, a*, b* ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่าเป็นการแสดงการวัดค่าสีเฉพาะเจาะจง และคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (Whiteness index, WI) ซึ่งเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมทั้งหมด โดยใช้สมการ

$$WI = 100-[(100-L^{*})^{2}+a^{*2}+b^{*2}]^{0.5} \quad (1)$$

ง) ปริมาณสารกรดแกมม่าอมิโมบริทิริก (GABA) อ้างอิงกระบวนการทดสอบจากมาตรฐาน Mustafa et al. (2007) โดยนำตัวอย่างเมล็ดงาบดด้วยเครื่องบดความละเอียด 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำมาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์, 50 องศาเซลเซียส และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง 20 นาที แยกส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์ค่ากรดแกมม่าอมิโมบริทิริก (GABA) ด้วยเครื่อง GC (Gas chromatography, รุ่น GC9710)

จ) ปริมาณโปรตีน (Protein), โอเมก้า 3 (Omega 3), กรดโอลิอิค (Oleic acid), กรดลิโนลิอิค (Linoleic acid) และแคลเซียม (Calcium) อ้างอิงกระบวนการทดสอบจากมาตรฐาน AOAC (2005)

ขั้นตอนการทดสอบกระบวนการคั่วงางอก

พิจารณาจากผลการทดลองในขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สอง (การแช่และการบ่ม) เลือกตัวอย่างเมล็ดงางอกที่ให้ผลการทดสอบทางกายภาพและเคมีดีที่สุด โดยการพิจาณาจากการรายงานผลของปริมาณ

กรดแกมม่าอมิโนบริทิริก (GABA) สูงที่สุดทำการคั่วในกระทะให้ความร้อนจนกระทั่งเมล็ดงาหอมและเมล็ดเต่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA) ที่เหลืออยู่ต่อไป

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Version 11.5) ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (Moisture content) ของเมล็ดงา

การงอกของเมล็ดธัญพืช มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ซึ่งหนึ่งในนั้น คือ ปริมาณความชื้น จากการทดสอบโดยการแช่เมล็ดงาสดซึ่งมีค่าความชื้นเริ่มต้น 6.22 % wb. ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) จาก Figure 2 พบว่าในช่วง 4 ชั่วโมงแรก เมล็ดงาแช่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดสูง (pH 4) มีอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่าเมล็ดงาแช่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ (pH 6) อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาในการแช่ยาวนานขึ้นจนกระทั้ง 24 ชั่งโมง พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดงาที่สภาวะ pH6 (S24) ให้ค่า 42.83% wb. ซึ่งสูงกว่าสภาวะการทดสอบ pH4 (S24) มีค่า 40.02% wb. นอกจากนี้เมื่อทดสอบการแช่เมล็ดงาร่วมกับการบ่มพบว่า ในช่วงของการบ่มค่าปริมาณความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และมีแนวโน้มคงที่เมื่อการบ่มยาวนานขึ้น ทั้งนี้การงอกของเมล็ดธัญพืชจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อเมล็ดได้รับปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและเพียงพอ โดยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีและขบวนการเมตาบอลิซึมภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดสร้างเอนไซม์ต่างๆ เพื่อย่อยสลายสารอาหารที่สะสมในเมล็ดและใช้เป็นพลังงานในการงอกต่อไป (Kayahara, 2001)

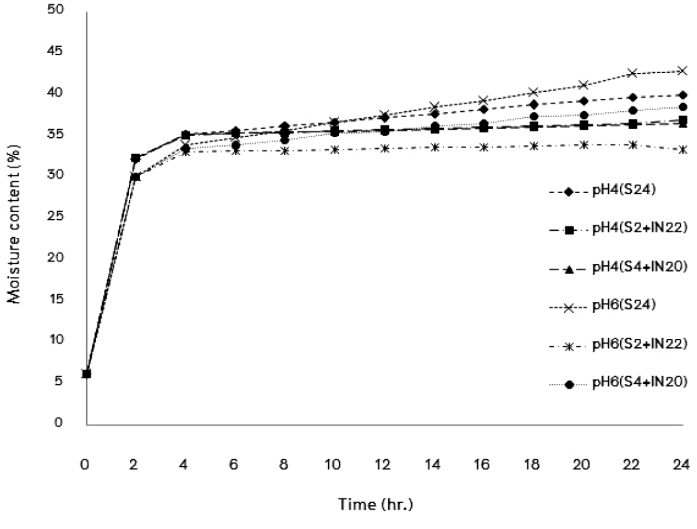

Figure 2 Changes in moisture content of sesame seeds on various treatments.

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดงา

สืบเนื่องจากผลการทดลองดังแสดงใน Figure 2 ซึ่งนำเสนอการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดงาระหว่างกระบวนการแช่ และการแช่ร่วมกับการบ่ม มีผลเป็นอย่างยิ่งต่อการงอกของเมล็ดงา ดังแสดงข้อมูลใน Figure 3 จากการทดลองพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อการงอกของเมล็ดนั้น คือ การแช่เมล็ดงาในน้ำที่มีการปรับค่าความเป็นกรดสูง

(pH 4) ส่งผลต่อการลดลงของการงอกเมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำที่ใช้ในการแช่เมล็ดงาเมื่อมีค่าความเป็นกรดสูง (pH4) ทำให้การสร้างเอนไซม์เพื่อเร่งปฏิกิริยาและการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ดถูกยับยั้ง หรือการชะลอของปฏิกิริยานั้นเอง ซึ่งพลังงานที่ได้จากกระบวนการนี้ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต เป็นผลให้เมล็ดหยุดการเจริญเติบโตและส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกที่ลดลง

นอกจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำที่ใช้ในกระบวนการแช่เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดงาจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกแล้ว กระบวนการแช่เพียงอย่างเดียว หรือการแช่ร่วมกับการบ่มยังมีผลด้วยเช่นกัน ดังแสดงที่ Figure 3 โดยในแต่ละสภาวะ การทดสอบที่ pH4 และ pH6 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากการทดสอบด้วยกระบวนการ S24, S2+IN22 และ S4+IN20 ตามลำดับ ทั้งนี้การแช่เมล็ดงาในน้ำตลอด 24 ชั่วโมง ทั้ง pH 4 และ pH 6 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำกว่าการ แช่เมล็ดงาร่วมกับการบ่มของทั้งสองสภาวะคือ S2+IN22 และ S4+IN20 โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สภาวะ S4+IN20 และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่ระดับ 6 ให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด คือ 71 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสภาวะเดียวกันแต่แช่เมล็ดงาในน้ำที่ค่า pH 4 ($p<0.05$) จากสภาวะการทดลองนี้จึงพบว่าค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมในช่วงของการแช่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าเปอร์เซ็นต์การงอก หรือกล่าวได้ว่าเมล็ดงาต้องได้รับความชื้นเพียงพอและเหมาะสมจึงจะเกิดการงอกนั้นเอง นอกจากนี้ที่สภาวะทดสอบ S24 มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ เนื่องจากเมล็ดงาอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ซึ่งในระหว่างกระบวนการเจริญเติบโตหรือการงอกของเมล็ดนั้นเมล็ดจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ เพื่อใช้ในการสลายและเผาผลาญอาหารที่เก็บสะสมไว้ภายในเมล็ดมาใช้เป็นพลังงานในการงอก ซึ่งเมล็ดงาจะดึงออกซิเจนจากน้ำมาใช้ ทำให้น้ำที่ใช้ในการแช่เมล็ดงาขาดก๊าซออกซิเจนเมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้น ดังนั้นเมล็ดงาจึงได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอต่อกระบวนการงอก จึงหยุดการหายใจและเกิดการพักตัว เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง จากการทดลองนี้พบว่า ความชื้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการงอกของเมล็ดงามีค่าอยู่ในช่วง 35-40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

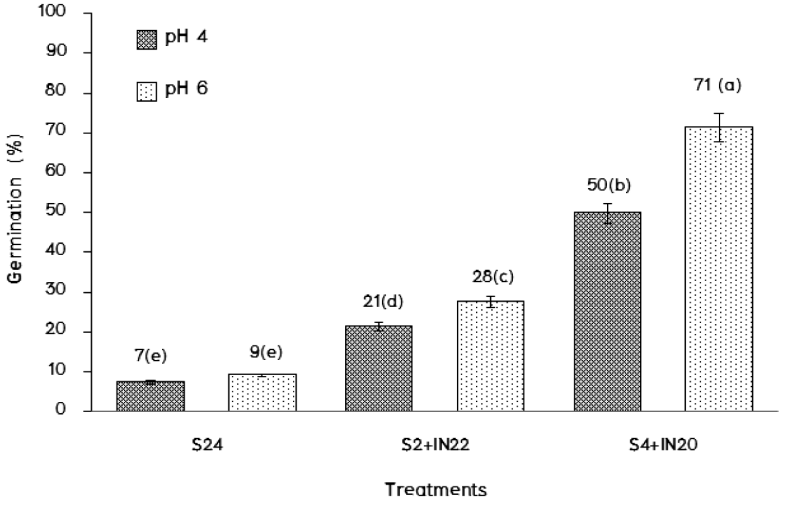

Figure 3 Changes in germination (%) of sesame seeds at different treatments.

[ab]: letters indicate differences among each treatment ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีและค่าดัชนีความขาวของเมล็ดงา

สี เป็นปัจจัยสำคัญมากที่ส่งผลต่อคุณภาพการยอมรับและไม่ยอมรับของผู้บริโภค ถ้าสีของอาหารหรือผลิตผลเกษตรผิดปกติไป ผู้บริโภคส่วนมากจะไม่ยอมรับ โดยอาจไม่คำนึงถึงคุณภาพด้านอื่น เช่น กลิ่น รสชาติ หรือเนื้อสัมผัสเลยดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสีและค่าดัชนีชี้วัดความขาวของเมล็ดงาเมื่อผ่านการงอกที่กระบวนการต่างๆ

Table 1 Color values of sesame seed on various treatments after sprouting.

Color values	Treatments						
		pH 4			pH 6		
	Seed (original)	S24	S2+IN22	S4+IN20	S24	S2+IN22	S4+IN20
L*	17.00±0.76a	12.30±1.54b	13.37±0.99b	13.47±0.31b	12.87±0.50b	13.20±1.37b	13.80±1.23b
a*	2.47±1.25a	1.70±1.25a	2.03±0.51a	2.03±0.58a	1.30±0.60a	2.13±0.47a	2.23±0.32a
b*	6.07±0.29a	6.03±0.71a	5.17±0.76a	4.93±0.35ab	3.73±1.10bc	3.60±0.10c	3.43±1.10c

Remark: Values followed by the same letter in the same row are not significantly different ($p<0.05$). Data expressed as mean±SD of triplicate determinations.

จาก **Table 1** แสดงผลการทดสอบค่าสีของเมล็ดงางอกหลังการทดสอบด้วยกระบวนต่างๆ เทียบกับงาสด (Seed (original)) ที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก จากการทดสอบแช่เมล็ดงาในน้ำพบว่าค่าความสว่างหรือค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับงาสด การลดลงของค่าความสว่างของเมล็ดงางอกหลังผ่านกระบวนการไม่ว่าจะเป็น S24, S2+IN22 และ S4+IN20 ให้ค่าในช่วง 12-14 และไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อผ่านการแช่ในน้ำที่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 และ 6 ตามลำดับ เมื่อพิจาณาค่าความเป็นสีแดง (a*) พบว่าสภาวะ S24 ทั้งในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างระดับ 4 และ 6 ให้ค่าความเป็นสีแดงช่วง 1.3-1.7 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่ากรณีการแช่ร่วมกับการบ่ม (S2+IN22, S4+IN20) ของทั้งสองระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง แสดงค่าในช่วง 2.03-2.23 นั่นหมายความว่า น้ำส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นสีแดง ทั้งนี้สังเกตได้จากเม็ดสี (pigment) ที่เปลือกเมล็ดงาเดิมทีจะมีสีค่อนข้างคล้ำจนถึงดำ เมื่อนำมาแช่ในน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายทำให้เม็ดสีถูกชะละลายปนออกมาผสมในน้ำที่แช่เมล็ดงา ดังนั้นน้ำจึงมีสีคล้ำขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a*) ของเมล็ดงาลดลง เมื่อเทียบกับงาสด (Seed (original))

จากผลการทดสอบค่า L* และ a* พบว่าสอดคล้องกับค่าความเป็นสีเหลืองของเมล็ดงาเช่นกัน คือ เมล็ดงาสด ให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 6.07±0.29 ในขณะที่เมื่อเมล็ดงาผ่านการแช่น้ำด้วยค่าความเป็นกรด-ด่างระดับ 4 และ 6 ในทุกสภาวะการทดสอบพบว่าค่าความเป็นสีเหลืองลดลง อย่างไรก็ตามสังเกตพบว่า ระยะเวลาการแช่และการบ่ม รวมถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่ มีอิทธิพลร่วมต่อการลดลงของค่า b* คือ เมื่อค่าความเป็นกรดของน้ำที่ใช้แช่สูง (pH 4) ให้ค่า b* มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับค่าความเป็นกรดของน้ำที่ใช้แช่ต่ำ (pH 6) เมื่อพิจารณาสภาวะการทดสอบแบบการแช่เมล็ดงา (S24) พบว่าให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการแช่ร่วมกับการบ่ม (S2+IN22, S4+IN20) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อการแช่เมล็ดงาด้วยระยะเวลาที่นานแต่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นและสภาวะเหมาะสมจึงไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์จนเกิดปฏิกิริยาการหมัก อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าความเป็น

สีเหลืองสูงกว่ากรณีการแช่ร่วมกับการบ่ม ซึ่งไม่เกิดปฏิกิริยาการหมัก โดยพิจารณาจากการดมกลิ่น

นอกจากนี้หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมจากดัชนีค่าความขาว (Whiteness index) พบว่าอิทธิพลของกระบวนการทดสอบการงอกของเมล็ดงาที่สภาวะต่างๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) หากแต่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของดัชนีค่าความขาวของเมล็ดงาเมื่อการทดสอบที่สภาวะการแช่ร่วมกับการบ่ม ดังแสดงใน Figure 4

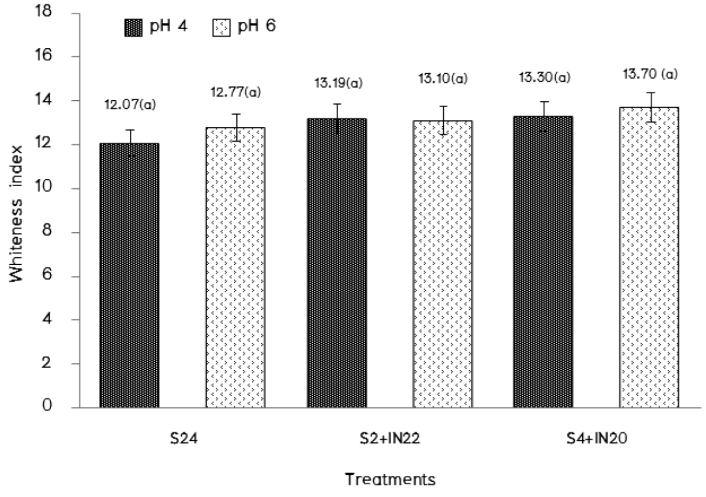

Figure 4 Changes in whiteness index of sesame seeds after soaking on various treatments.
[ab]: letters indicate differences among each treatment ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่ากรดแกมมาอะมิโนบิวทิริคและสารอาหารอื่น ๆ ของเมล็ดงางอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่ากรดแกมมาอะมิโนบิวทิริค (GABA) ของเมล็ดงางอก พบว่าช่วงระยะเวลาการงอก 24 ชั่วโมง แสดงดัง **Figure 5** การงอกของเมล็ดงาส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ GABA ในช่วง 32.18-47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งมากกว่าเมล็ดงาสด ($P<0.05$) ที่มีค่า GABA เพียง 5.85 มิลลิกรัม/100 กรัม เท่านั้น โดยให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับ Liu et al. (2011) เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่า pH ของน้ำที่ใช้แช่เมล็ดงา (pH 4 และ 6) พบว่าที่สภาวะการทดสอบแบบ S24, S2+IN22 และ S4+IN20 เมล็ดงางอกมีค่า GABA แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ในทุกกรณี อย่างไรก็ตามหากน้ำที่ใช้แช่เมล็ดงามีค่าความเป็นกรดอ่อนๆ (pH 4) พบว่าหลังการแช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมงให้ค่า GABA ต่ำกว่าการแช่ในน้ำมีค่าความเป็นกรดต่ำ (pH 6) ที่เวลาเดียวกัน ซึ่งกรณีนี้กลับส่งผลตรงกันข้ามกับการใช้เทคนิคการแช่ร่วมกับการบ่ม นั้นคือ การแช่เมล็ดงาในน้ำค่าความเป็นกรดอ่อนๆ (pH 4) เพียง 2-4 ชั่วโมงก่อนนำไปบ่มอีก 20-22 ชั่วโมง กลับให้ค่าสาร GABA สูงกว่า การแช่เมล็ดงาในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ (pH 6) ที่เวลาเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการแช่น้ำที่มีค่าความเป็นกรดสูงด้วยเวลาที่สั้นๆ จะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ และเมื่อนำไปบ่มทำให้เมล็ดงา ได้รับออกซิเจนมากกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงส่งผลต่ออัตราการหายใจและการย่อยสารอาหารต่างๆ ในเมล็ด และมีการย่อยโปรตีนได้ กรดอะมิโน เช่น กลูตาเมต ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญสำหรับการสังเคราะห์ GABA ต่อไป (Hemalatha and Prasad, 2003)

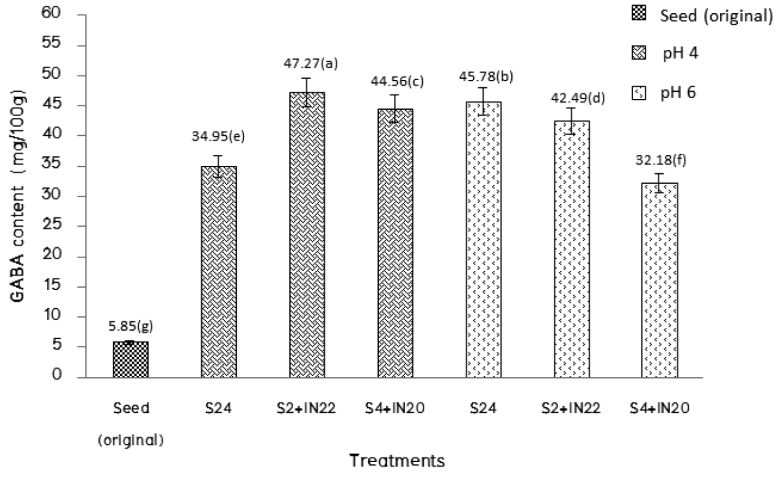

Figure 5 GABA content of sesame seeds on various treatments
[ab]: letters indicate differences among each treatment ($p < 0.05$)

นอกจากนี้จากการทดสอบยังพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่ใช้แช่มีผลต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก ทั้งนี้การแช่เมล็ดงาในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดอ่อนๆ (pH 4) ให้ค่าปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริกเพิ่มขึ้นเมื่อการแช่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ กระบวนการย่อยสลาย และกระบวนการลำเลียงสารอาหารที่เก็บสะสมไว้ นำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ดังนั้นน้ำที่ที่ค่าความเป็นกรดอ่อนๆ (pH ต่ำ) เป็นตัวที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ให้ทำปฏิกิริยากับสารอาหารภายในเมล็ดได้ดี ทำให้อัตราการเผาผลาญสารอาหารเพิ่มขึ้น เกิดการสร้างกรดอะมิโนชนิดใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีชื่อทางเคมีตามชนิดของสารอาหารและเอนไซม์ที่ช่วยย่อยสลายสารอาหารนั้นๆ ในระหว่างการงอกของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสาหรับการผลิตงางอกเพื่อให้ได้กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) สูงสุด สามารถทำได้โดยการแช่เมล็ดงาในน้ำ 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิประมาณ 27±2 องศาเซลเซียส ร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิเดิมเป็นเวลา 22 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ต้องคำนึงถึงคุณภาพด้านอื่นๆ ของเมล็ดงางอกประกอบด้วยเช่นกัน

Table 2 Nutritive values of seed (original) and sesame sprouted (S2+IN22, (pH4)), (g/100 g dry weight)

Treatment	GABA	Protein	Omega3	Oleic acid	Linoleic acid	Calcium
Seed (original)	5.85	19.14	155.76	19.57	21.46	1.49
S2+IN22 (pH4)	47.27	13.1	0.09	10.06	11.23	0.99

จากผลการทดลองที่ผ่านมา พบว่าการงอกของเมล็ดงามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA) อย่างไรก็ตามดังที่ได้เสนอไปแล้วนั้นว่างาเป็นธัญพืชที่มีสารอาหารอยู่มากมายหลากหลายชนิด ดังนั้นเพื่อทดสอบหาปริมาณสารอาหารชนิดอื่นเพิ่มเติมจึงได้เลือกทดสอบกับงางอกที่ให้ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริกสูงที่สุดนั้นคือ สภาวะ S24+IN20 ของกระบวนการแช่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง

เท่ากับ 4 โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างงาสด (Seed (original)) และให้ผลการทดสอบแสดงดัง **Table 2** พบว่า การทำงอกของเมล็ดงาส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของสาร GABA กว่า 8 เท่า (Kyauk et al., 1995; Hahm et al., 2009) อย่างไรก็ตาม กลับส่งผลต่อการลดลงเพียงเล็กน้อยของ Protein, Oleic acid, Linoleic acid, Calcium และลดลงอย่างมากของ Omega3 ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดธัญพืชเมื่อถูกทำให้งอกจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ของ แป้ง น้ำตาล ไขมันและโปรตีนในเมล็ด ทำให้เกิดสารเคมีชนิดใหม่ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynal) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) รวมทั้งสารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิก หรือสารกาบา (gamma-aminobutyric acid, GABA) ซึ่งสารอาหารประเภท Protein, Omega-3, Oleic acid, Linoleic acid และ Calcium ล้วนแต่เป็นองค์ประกอบย่อยสารอาหารหลักในเมล็ดธัญพืช จึงอาจเป็นผลทำให้ปริมาณสารดังกล่าวลดลง

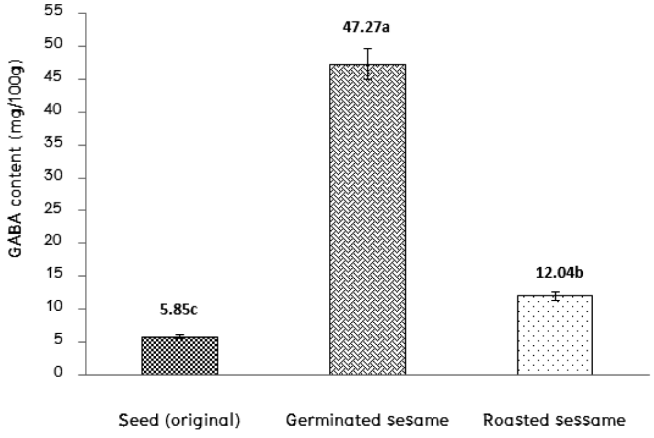

Figure 6 Comparison GABA content of sesame seed (original) with Germinated sesame (S2+IN22, pH4) and roasted sesame.

[ab]: letters indicate differences among each treatment ($P < 0.05$)

จากผลการทดสอบดัง **Figure 6** พบว่า การงอกของเมล็ดงาส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสาร GABA จาก 5.85 เป็น 47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม ของเมล็ดงาก่อนงอกและหลังงอกตามลำดับ ซึ่งสาร GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิก (Komatsuzaki et al., 2007) สารGABA ทำหน้าที่เป็นสารสื่อนำประสาท โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งจะช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย ลดความดันโลหิต และช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้นและที่สำคัญลดอัตราการเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง นอกจากนั้น GABA ยังช่วยควบคุมอาการโรคพิษสุราเรื้อรัง (Chen et al., 2005; Lazarou et al., 2007) อย่างไรก็ตามสาร GABA มักสูญสลายเมื่อได้รับความร้อนที่สูง ด้วยการบริโภคงามักนิยมบริโภคงาที่ผ่านการคั่วจนเมล็ดเต่งและหอม ซึ่งย่อมต้องใช้ความร้อนสูง ดังนั้นการคั่วงางอกจึงต้องคำนึงถึงจุดนี้ และจากการทดลองการคั่วงางอกในกระทะให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ส่งผลต่อการลดลงของสาร GABA (12.04 มิลลิกรัม/100 กรัม) ดังแสดงใน **Figure 6** อย่างไรก็ตาม การลดลงของสาร GABA ในงางอกหลังการคั่วนี้ ยังคงมีค่าสูงกว่าสาร GABA ในเมล็ดงาสดที่ไม่ผ่านการงอก

(a) (b) (c)

Figure 7 Characteristic of sesame seeds on various treatments
Seed (original) (b) sesame sprouts (c) Sesame roasts.

จาก **Figure 7** แสดงให้เห็นความแตกต่างทางกายภาพของเมล็ดงาที่สภาวะต่างๆ ตั้งแต่งาสด (Seed (original), (a)) และหลังจากผ่านกระบวนการงอกจนสังเกตเห็นความยาวของรากประมาณ 2 มิลลิเมตร (Sesame sprouts, (b)) และสุดท้ายเมื่อนำงางอกมาผ่านการคั่วจนเมล็ดเต่งและหอม (Sesame roasts, (c)) สามารถนำไปรับประทานได้ในรูปแบบต่างๆ และมีคุณค่าทางอาหารสูง

สรุป

จากการศึกษาการผลิต ผลิตภัณฑ์งางอกจากงาดำ-แดงพันธุ์เกษตรพื้นเมืองโดยกระบวนการที่แตกต่างกัน คือ การแช่เมล็ดงาในน้ำ 24 ชั่วโมง และการแช่เมล็ดงาร่วมกับการบ่มที่อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 20-22 ชั่วโมง โดยมีการปรับคุณสมบัติของน้ำที่ใช้แช่เมล็ดงาให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 4-6 พบว่า น้ำที่ pH 4 และ 6 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การงอกและปริมาณสาร GABA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการแช่เมล็ดงาในน้ำร่วมกับการบ่ม ให้เปอร์เซ็นต์การงอกและปริมาณสาร GABA ที่สูงกว่าการแช่เมล็ดงาเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้เมล็ดงาเมื่อผ่านการงอกแล้วจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีในลักษณะที่ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองจะลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับเมล็ดงาสด อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของสาร GABA หลังการงอกของเมล็ดงาจะลดลง ($p<0.05$) จาก 47.27 มิลลิกรัม/100 กรัม เหลือเพียง 12.04 มิลลิกรัม/100 กรัม หลังจากที่นำงางอกไปคั่วด้วยกระทะให้ความร้อน (100 องศาเซลเซียส, 60 นาที) แต่ยังคงสูงกว่างาสดที่ไม่ผ่านการงอก (5.85 มิลลิกรัม/100 กรัม) จากการทดสอบนี้จึงพบว่างาที่ผ่านการงอกมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่างาสดทั้งนี้ต้องผ่านกระบวนการผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพเป็นอย่างดี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัย เพื่อการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ในการดำเนินโครงงานวิจัยครั้งนี้ และสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุน เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่เพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล และ อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2549. เครื่องสกัดน้ำมันงา. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 33(5): 565-576.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16th ed., AOAC International, Washington, USA.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry, 18th. ed., AOAC International, Maryland, USA.

Chauhan, G.S. and O.P.Chauhan. 2007. Development of anti-nutrients free soy beverage using germinated soybean. Journal of food science and technology. 44(1): 62-65.

Chen, P. R., K.L.Chien, T.C. Su, C.J. Chang, T. L. Liua, H. Cheng, and C. Tsai. 2005. Dietary sesame reduces serum cholesterol and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolemia. Nutrition Research. 25: 559-567.

Dave, S., B.K. Yadav, and J.C. Tarafdar. 2008. Phytate phosphorus and mineral change during soaking, boiling and germination of legumes and pearl millet. Journal of food science and technology. 45(4): 344-348.

Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C. and H. Attia. 2007. Quality characteristics of sesame seeds and by-products. Food Chemistry. 103 (2): 641-650.

Finney, P.L.1978. Potential for the use of germinated wheat and soybeans to enhance human nutrition. Advances in Experimental Medicine and Biology. 105: 681-701

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

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

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

Kayahara, H. 2001. Functional components of pre-germinated brown rice and their health promotion and disease prevention and improvement. Weekly Agric Forest. 1791:4-6

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78(2): 556-560.

Kyauk, H., N.W. Hopper, and R.D. Brigham.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.

Lazarou, D., R, Grougnet, and A. Papadopoulos. 2007. Antimutagenic properties of a polyphenol-enriched extract derived from sesame-seed perisperm. Mutation Research. 634, 163-171.

Liu B., X. Guo, K. Zhu, and Y. Liu. 2011. Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts. Food chemistry. 129:799-803.

Mustafa, A., P. Aman, R. Andersson, and A. Kamal-Eldin. 2007. Analysis of free amino acids in cereal products. Food Chemistry. 105: 317-324.

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

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