

การใช้เอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase จากผลิตผลเกษตรเพื่อผลิต GABA
ในผลิตภัณฑ์อาหาร

GABA Synthesis by Using Glutamic Acid Decarboxylase
from Agricultural produces

ศุภมาศ กลิ่นขจร จารุวรรณ รัตน์สกุลธรรม ปาริชาติ อยู่แพทย์ และ นราธร สุขวิเสส
กลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

Abstract

GABA synthesis by using Glutamic Acid Decarboxylase (GAD) from agricultural produces was performed at Postharvest and Processing Research and Development Division during 2013-2015 which had the aim to study the optimum condition of increasing the amount of GABA in DOA corns. The experiment was conducted on three varieties of corn, waxy corn var. Chainat 84-1, sweet corn var. 7566 and sweet corn var. Songkhla 1. It found that sweet corn var. Songkhla 1 had the highest ability to change glutamic acid to GABA by GAD. Then the soaking period was studied by soaking corn in water at room temperature for 0-36 hours. It result showed that soaking corn seed for 24 hours would increase GABA from 28.37 to 230.49 mg/100g without off-flavor. Then the soaking water was adjusted pH to 6.0, 6.5 and 7.0 by using citric acid 0.1 M. The soaking water pH 6.5 had the highest ability to produce GABA. Then study on the precursors of the GAD enzyme by adding monosodium glutamate into the soaking water was performed. Monosodium glutamate at 0.5% would lead to the maximum GABA synthesis. Thus, the optimum conditions for increasing the amount of GABA is immersion corn seed in water for 24 hours which pH was adjusted to 6.5 and monosodium glutamate was added 0.5%. GABA would increase from 233.12 mg/100 g to 259.2 mg/100 g when monosodium glutamate changed from 0% to 0.5%. Before the development of food product was done, high GABA corn was dehydrated and made into powder by dry foam mat technique. The appropriate method of dry foam mat was using methocel : egg albumin, ratio 1:1, for 2.5% as foaming agent and then foamed corn was dried at 60 °C then ground to make it as powder. Dry Foam matted-corn powder was formulated to the high GABA corn soup. The highest acceptance recipe contained corn powder 88.50%, sugar 10.60% and salt 0.9%. Consumption of 100 grams of high GABA corn

soup received 114.51 Kcal of energy which was energy from fat 12.15 Kcal and received 56.86 mg of GABA. The best before date of the product was within six months due to limitation of solubility.

Keywords: GABA, agricultural produce, corn, monosodium glutamate, drying, dry foam mat

บทคัดย่อ

การใช้เอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase (GAD) จากผลิตผลเกษตรเพื่อผลิตกาบาในผลิตภัณฑ์อาหาร ดำเนินการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2556-2558 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเพิ่มปริมาณกาบาในข้าวโพดพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสูง โดยทำการศึกษาในข้าวโพด 3 พันธุ์คือ ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ 7566 และข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 พบว่า ข้าวโพดพันธุ์ที่มีความสามารถสูงที่สุดในการเปลี่ยนกรดกลูตามิกให้เป็นกาบาโดยเอนไซม์ GAD คือ ข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 จากนั้นทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณกาบา โดยศึกษาระยะเวลาแช่น้ำเพื่อให้เอนไซม์ GAD เปลี่ยนกรดกลูตามิกที่อยู่ในเมล็ดข้าวโพดให้เป็นกาบา ทำการแช่ข้าวโพดในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องนาน 0-36 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดข้าวโพด คือ 24 ชั่วโมง ซึ่งกาบาจะเพิ่มขึ้นจาก 28.37 เป็น 230.49 mg/100g โดยไม่เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ จากนั้นศึกษาระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มขึ้นของกาบาโดยปรับ pH ของน้ำที่แช่ข้าวโพดด้วยสารละลายกรดซิตริก 0.1 โมลาร์เป็น 6.0, 6.5 และ 7.0 พบว่าที่ pH 6.5 จะเกิดการสังเคราะห์กาบาได้สูงที่สุด จากนั้นทำการศึกษาถึงปริมาณสารตั้งต้นของเอนไซม์ GAD ที่เหมาะสมโดยการเติมโมโนโซเดียมกลูตาเมตลงไปใต้น้ำที่แช่ข้าวโพดพบว่า การเติมโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่ 0.5% จะทำให้เกิดการสังเคราะห์กาบาได้สูงสุด ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณกาบาได้สูงสุดคือ การแช่น้ำที่ปรับ pH ให้เป็น 6.5 โดยมีการเติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 0.5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงซึ่งสภาวะดังกล่าวจะให้ให้กาบาเพิ่มขึ้นจาก 233.12 mg/100 g เป็น 259.2 mg/100 g เมื่อโมโนโซเดียมกลูตาเมตเปลี่ยนแปลงจาก 0% เป็น 0.5% การพัฒนาข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเริ่มจากการนำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเพิ่มกาบามาทำแห้งด้วยวิธี Dry foam mat จากนั้นจึงนำผงข้าวโพดที่ได้มาพัฒนาเพื่อให้สูตรซุปรูปข้าวโพดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธีการที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าวโพดแบบ dry foam mat คือ การใช้สารที่ทำให้เกิดโฟม methocel : egg albumin ปริมาณ 2.5% จากนั้นจึงนำโฟมข้าวโพดไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส การพัฒนาซุปรูปข้าวโพดกาบาสูงทำโดยใช้ผงข้าวโพดจากการทำ dry foam mat ผลจากการทดสอบผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรซุปรูปข้าวโพดที่ประกอบด้วยผงซุปรูปข้าวโพด 88.50% น้ำตาล 10.60 % เกลือ 0.9% โดยซุปรูปข้าวโพดกาบาสูงพร้อมบริโภค 100 กรัมจะได้ให้พลังงาน 114.51 กิโลแคลอรี เป็นพลังงานจากไขมัน 12.15 กิโลแคลอรี การบริโภคซุปรูปข้าวโพด 100 กรัมจะได้รับกาบาถึง 56.86 มิลลิกรัม โดยมีอายุการเก็บรักษาอยู่ที่ 6 เดือนเนื่องจากข้อจำกัดของความสามารถในการละลาย

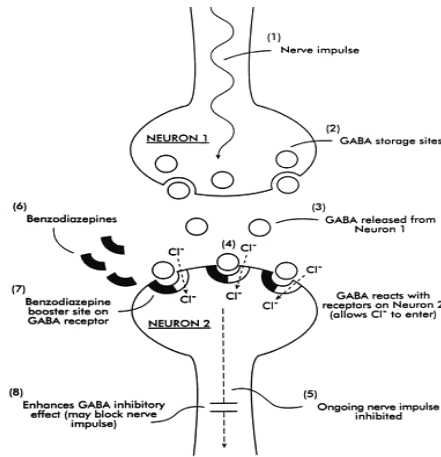
คำหลัก: กาบ่า ผลิตภัณฑ์เกษตร ข้าวโพด โมโนโซเดียมกลูตาเมต อบแห้ง อบแห้งแบบโฟม

คำนำ

เนื่องจากวิถีชีวิตและการบริโภคอาหารของคนไทยที่เปลี่ยนแปลงไป ประกอบกับความเครียดทำให้อัตราการป่วยและตายจากโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และหลอดเลือดเพิ่มขึ้น โดยข้อมูลจากสำนักโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข ปี 2550 พบคนไทยมีอัตราตายต่อประชากร 1 แสนคน โดยป่วยเป็นหัวใจและหลอดเลือด 55 คน โรคความดันโลหิตสูง 3.6 คน ซึ่งโรคเหล่านี้สามารถป้องกันได้ด้วยการลดพฤติกรรมเสี่ยงทั้งการสูบบุหรี่ การดื่มสุรา สารเสพติด ความเครียดและการขาดการออกกำลังกาย (สำนักนิเทศ, 2552) และอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการป้องกันโรคเหล่านี้คือการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีฤทธิ์ในการรักษาโรคต่างๆ (Nutraceutical food) โดยอาหารที่ได้รับความนิยมในกลุ่มนี้คืออาหารที่มี GABA หรือ γ -Aminobutyric acid เป็นองค์ประกอบ

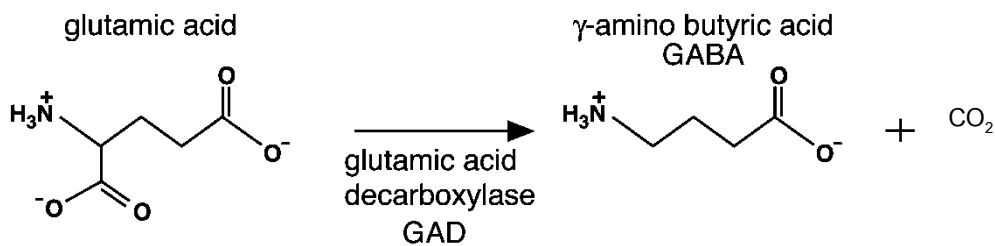
γ -Aminobutyric acid (GABA)

γ -Aminobutyric Acid (GABA) เป็นสารสื่อประสาทชนิดยับยั้ง (Inhibitory neurotransmitter) ซึ่งมีหน้าที่เข้าไปจับกับบริเวณส่วนรับสัญญาณประสาท (Nerve receptor site) ที่เกี่ยวกับสัญญาณประสาทที่ก่อให้เกิดความกังวลและความเครียด ในร่างกายมนุษย์ปกติจะพบกาบ่า ประมาณ 30-40% ในเซลล์ประสาททั้งหมดในสมอง



ที่มา: www.benzo.org.uk/manual/bzcha01.htm (Ashton, 2002)

GABA สามารถสังเคราะห์ในพืชและจุลินทรีย์โดยกระบวนการทางชีวภาพผ่านปฏิกิริยา Decarboxylation ของ กรดกลูตามิกและเกลือของกรดกลูตามิกโดยเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase (GAD) ดังนี้



ที่มา: เอกสารประกอบการฝึกอบรม Food Processing and Preservation Technology III (JAICA and Hiroshima Prefectural Food Research Center, 2007)

GABA เป็นสารที่มีผลงานวิจัยทางการแพทย์ระบุไว้ว่าเป็นสารช่วยในการบำบัดอาการต่างๆ เช่น ลดความดันโลหิตแบบซิสโตลิก (Vemulapalli and Barletta, 1987) เพิ่มความสามารถในการเรียนรู้เพื่อแยกแยะความแตกต่าง (Ishikawa and Saito, 1984) บรรเทาอาการต่างที่เกิดขึ้นในวัยทอง และบรรเทาอาการต่างๆที่เกิดจากระบบประสาทอัตโนมัติผิดปกติ (Okada et al., 2000) ซึ่งควรบริโภคกบา ปริมาณ 250-500 mg/ครั้ง 3 ครั้งต่อวัน และเพื่อบำบัดอาการนอนไม่หลับต้องบริโภคกบาในปริมาณ 750 mg ก่อนนอน (www.vitalhealthzone.com/nutrition/amino-acids/gaba.html) ในปัจจุบันจึงมีการผลิตอาหารที่มีกบา เป็นองค์ประกอบตัวอย่างเช่น ชาเขียวกบา สูง (Garbaron Tea) โดยการหมักชาในสภาวะไร้อากาศ (Ohmori et al., 1987) งานวิจัยที่เกี่ยวกับกบา ส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้เกิดกบาจากการงอกของข้าวหรือธัญพืชต่างๆ โดยอาศัยสารตั้งต้นคือ glutamic Acid ในการเกิดปฏิกิริยา Carboxylation จากวัตถุดิบตั้งต้น เช่น การศึกษาผลของกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวกล้อง (หอมมะลิ 105)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ข้าวโพดสายพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ 7566 และข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1
2. โมโนโซเดียมกลูตาเมต
3. กรดซิตริก
4. สาร Methocel
5. ไข่ขาวผง
6. สาร Carboxy methyl cellulose (CMC)
7. สาร Glycerol Monostearate

วิธีการดำเนินการ

1. วิเคราะห์ปริมาณกาบาและ L-glutamic acid ในข้าวโพดพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร

ศึกษาปริมาณกาบา และ L-glutamic acid ในวัตถุดิบที่มีเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase (GAD) ที่ใช้กระบวนการในการเปลี่ยน กรดกลูตามิก เป็นกาบา ในข้าวโพดพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ 7566 และข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1

2. ศึกษาปัจจัยต่างที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase

ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์กาบาโดยเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase โดยดำเนินการศึกษาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในแช่เมล็ดข้าวโพดเพื่อเพิ่มปริมาณกาบา

ทำการแช่น้ำเมล็ดข้าวโพดแห้งที่มีความชื้น 13.46% โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง ข้าวโพด:น้ำ เป็น 10:1 โดยน้ำหนัก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแปรระยะเวลาของการแช่น้ำเมล็ดข้าวโพดเป็น 0, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง โดยทำการตรวจวัดปริมาณ L-glutamic acid และปริมาณกาบาที่เปลี่ยนแปลงไป

2.2 ศึกษาความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase

ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่เมล็ดข้าวโพดด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแปรระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่ข้าวโพดเป็น 3 ระดับคือ 6, 6.5 และ 7 ทำการแช่เมล็ดข้าวโพดโดยใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในกาทำให้เกิดกาบาสูงสุดจากผลการทดลองที่ได้จากข้อ 2.1 จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณ L-glutamic acid และปริมาณกาบาที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อคัดเลือกระดับของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์กาบา

2.3 ศึกษาปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มขึ้นของกาบา

ทำการศึกษาปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มขึ้นของกาบาในเมล็ดข้าวโพด วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปรระดับโมโนโซเดียมกลูตาเมต

ในน้ำที่ใช้แช่ข้าวโพดที่ผ่านปรับค่าความเป็นกรด-ด่างตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 2.2 เป็น 3 ระดับ คือ 0%, 0.25% และ 0.5% โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณ L-glutamic acid และ ปริมาณกาบาที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อคัดเลือกปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่เหมาะสมต่อการ สังเคราะห์กาบา

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าวโพดที่มีปริมาณกาบาโดยวิธีการ Dry Foam Mat

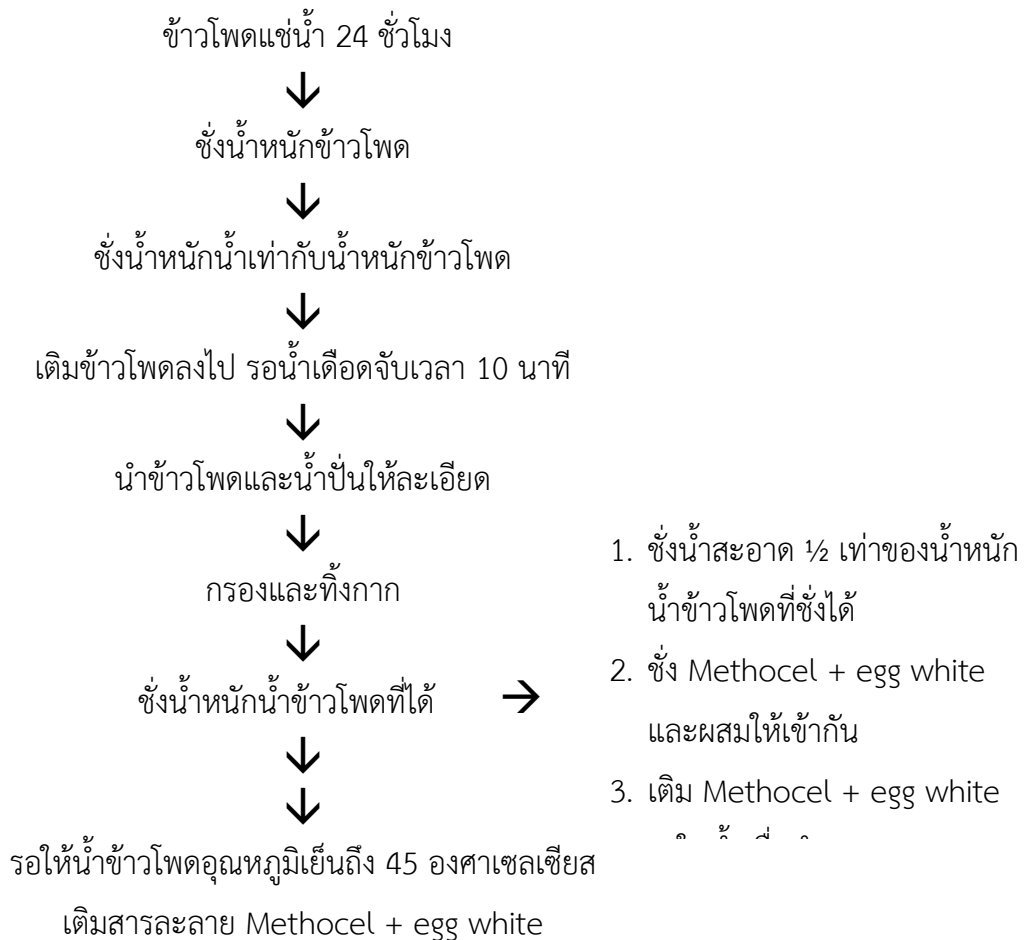
ทำการศึกษาสภาวะก่อโฟมที่เหมาะสม โดยใช้สารที่ทำให้เกิดโฟม Methocel ผสมกับสารที่ทำให้เกิดฟอง และความคงตัวได้แก่ Egg albumin, Carboxy methyl cellulose (CMC) และ Glycerol Monostearate (GM) โดยผสมในน้ำข้าวโพดในปริมาณ 1% โดยน้ำหนัก วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปรกรรมวิธีของสารที่ทำให้เกิดโฟมเป็น 3 กรรมวิธีคือ

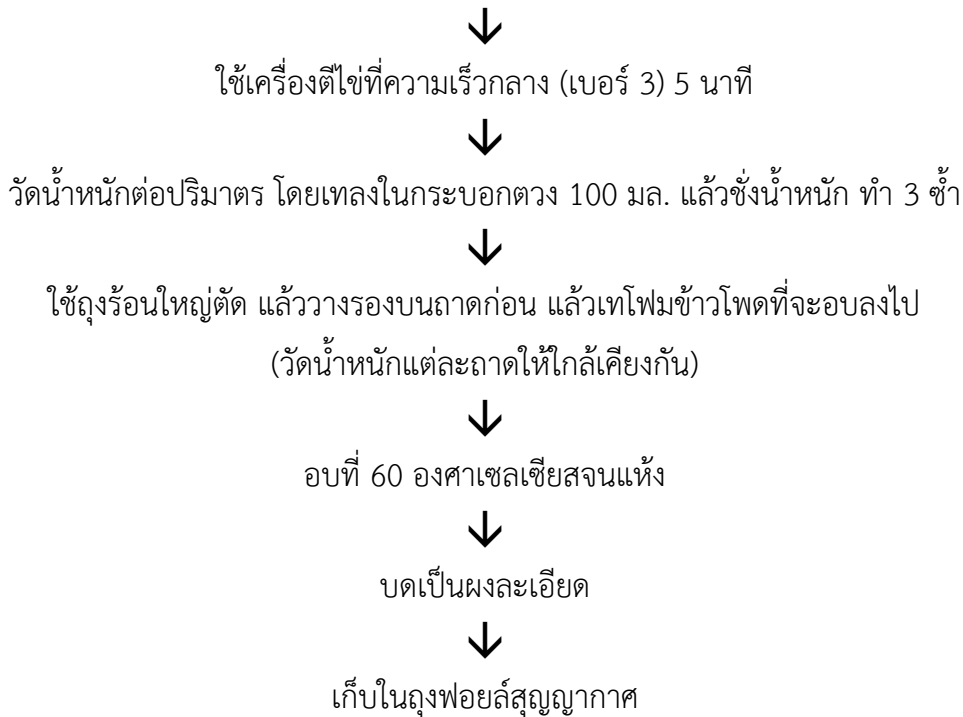
กรรมวิธีที่ 1 Methocel 0.5% + Egg albumin 0.5%

กรรมวิธีที่ 2 Methocel 0.5% + CMC 0.5%

กรรมวิธีที่ 3 Methocel 0.5% + Glycerol Monostearate 0.5%

คัดเลือกสภาวะที่ทำให้ข้าวโพดเกิดฟองสูงที่สุดโดยการตรวจวัดอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนัก:ปริมาตร จากนั้นเพิ่มระดับของการใช้สารก่อโฟมในน้ำข้าวโพดผ่านการเพิ่มปริมาณกาบา โดยแปรระดับการใช้ระหว่าง Methocel และ สารเพิ่มฟองที่ทำการคัดเลือกในอัตราส่วน 1:1 และแปรปริมาณที่ใช้เป็น 2.5% 5.0% และ 7.5% โดยน้ำหนัก วิธีการ foam mat drying มีขั้นตอนดังนี้





ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำแห้งซูปข้าวโพดแบบ foam mat drying

4. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสสูง

ทำการพัฒนาสูตรซูปข้าวโพดกาบาสสูงโดยประยุกต์ใช้ผงข้าวโพดอบแห้งที่ผ่านเพิ่มปริมาณกาบาสในผลิตภัณฑ์ โดยคัดเลือกจากสูตรซูปข้าวโพดต่างๆ ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จากนั้นทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้แก่ สี รสชาติ รวมทั้งกลิ่นรสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) จากนั้นศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- สี (L a b)
- ปริมาณกาบาส
- ปริมาณน้ำอิสระ
- ความสามารถในการละลาย

5. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสสูง

คุณค่าทางโภชนาการ

ทำการวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคดังรายการต่อไปนี้ พลังงาน พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด โซเดียม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โยอาหาร น้ำตาล โปรตีน วิตามิน B1 วิตามิน B2 แคลเซียม เหล็ก และ กาบาส

อายุการเก็บรักษา

ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทุก 2 เดือนจนครบ 1 ปี โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปริมาณกาบา สี ความชื้น ปริมาณจุลินทรีย์ และความสามารถในการละลาย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. วิเคราะห์ปริมาณกาบาและ L-glutamic acid ในข้าวโพดพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร

ทำการศึกษานิตและปริมาณของวัตถุดิบที่มีเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase (GAD) ที่ใช้ กระบวนการเปลี่ยนกรดกลูตามิก (Glutamic acid) เป็นกาบาโดยทำการศึกษาในข้าวโพดพันธุ์แนะนำของ กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ 7566 และข้าวโพดหวาน พันธุ์สงขลา 1 ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดกลูตามิก และกาบาเริ่มต้นในข้าวโพดหวานพันธุ์ชัยนาท 7566, ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 และข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 พบว่ามีปริมาณกรดกลูตามิก 2,163, 2,019 และ 2,004 mg/100g ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีปริมาณกาบาเป็น 14.40 4.22 และ 28.37 mg/100 g ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

2. ศึกษาปัจจัยต่างที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase

2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในแช่เมล็ดข้าวโพดเพื่อเพิ่มปริมาณกาบา

จากการนำเมล็ดข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์ 150 g แช่น้ำ 500 ml ที่อุณหภูมิห้อง แปรระยะเวลาการแช่น้ำ เป็น 12, 24 และ 36 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกาบาของเมล็ดข้าวโพดทั้ง 3 พันธุ์เมื่อทำการแช่น้ำ ที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานจะมีความสามารถในการสังเคราะห์กาบา สูงกว่าเมล็ดข้าวโพด ข้าวเหนียว

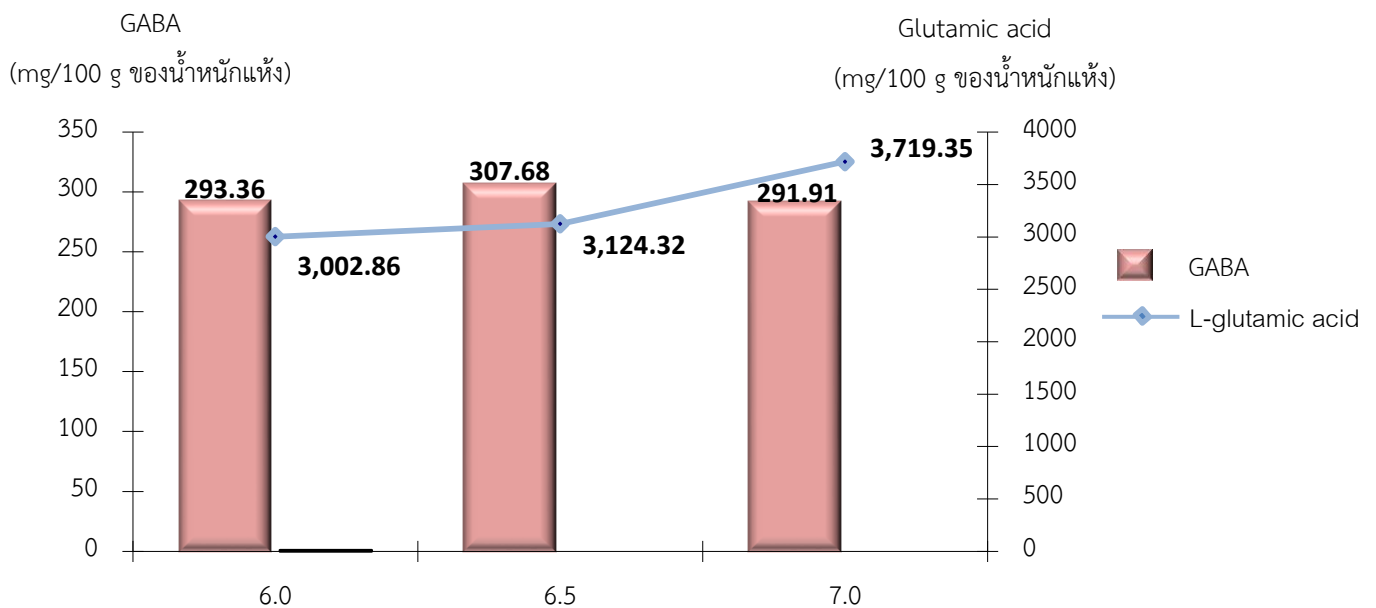
ตารางที่ 1 ปริมาณกาบาในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ชัยนาท 7566 และ ข้าวโพดหวานสงขลา 1

ข้าวโพด	GABA (mg/100 g ของน้ำหนักแห้ง)			
	0 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง
ข้าวโพดข้าวเหนียวชัยนาท 84-1	4.22	53.73	62.64	62.69
ข้าวโพดหวานชัยนาท 7566	14.40	194.46	206.33	236.49
ข้าวโพดหวานสงขลา 1	28.37	185.08	230.49	247.79

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 มีความสามารถสูงสุดในการสังเคราะห์กาบาด้วย เอนไซม์ endogenous glutamic acid decarboxylase และเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวโพดเพื่อเพิ่ม ปริมาณกาบา คือ 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เมื่อแช่ข้าวโพดจนถึง 36 ชั่วโมงจะมีปริมาณกาบาที่เพิ่มสูงขึ้นอีก แต่ก็เป็น การเพิ่มขึ้นที่ไม่สูงมาก อีกทั้งข้าวโพดที่ผ่านการแช่ที่ 36 ชั่วโมงจะมีกลิ่นผิดปกติจากแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดจาก กระบวนการหมักของยีสต์ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมคือ 24 ชั่วโมง จึงทำการคัดเลือกข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 และเวลาในการแช่เพื่อเพิ่มปริมาณกาบาที่ 24 ชั่วโมง มาศึกษาระดับของ pH และปริมาณกรดกลูตามิกที่เติม ในรูปของโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่จะใช้ในการเพิ่มปริมาณกาบาที่เหมาะสมต่อไป

2.2 ศึกษาความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Glutamic Acid Decarboxylase

ทำการศึกษาความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Glutamic acid decarboxylase ในข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 โดยทำการปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำแช่ข้าวโพดด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยแปรระดับของความเป็นกรด-ด่างที่ 6.0, 6.5 และ 7.0 จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณกาบา และ MSG ในรูป L-glutamic acid

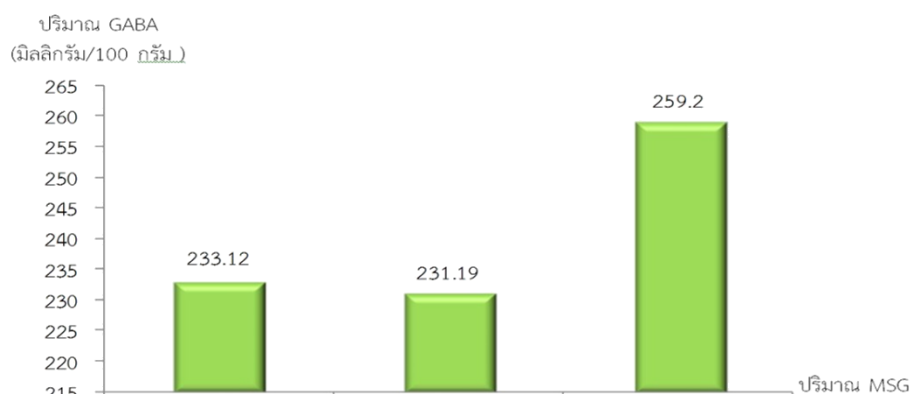


ภาพที่ 2 ปริมาณกาบา และ L-glutamic acid ของข้าวโพดพันธุ์สงขลา 1 ที่ pH 6.0 6.5 และ 7.0

จากกราฟจะเห็นว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ข้าวโพดพันธุ์สงขลา 1 จะสามารถสังเคราะห์กาบาส่งค่าสูงกว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 6.0 และ 7.0 ดังนั้นความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของ glutamic acid decarboxylase ในการสังเคราะห์กาบาในเมล็ดข้าวโพดคือความเป็นกรด-ด่างที่ 6.5

2.3 ศึกษาปริมาณโมโนโซเดียมกลูตาเมตที่เหมาะสมต่อการเพิ่มขึ้นของกาบา

ศึกษาปริมาณ Monosodium glutamate (MSG) ที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณ MSG ที่ใช้เป็น 0, 0.25 และ 0.5 % โดยน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดเริ่มต้น พบว่าเมื่อปริมาณ MSG เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณกาบาที่ข้าวโพดสามารถสังเคราะห์ได้ จากการทดลองพบว่าข้าวโพดสามารถสังเคราะห์กาบาได้สูงสุดที่ 0.5%



ภาพที่ 3 ปริมาณกาบาในเมล็ดข้าวโพดที่ระดับ MSG 0.00, 0.25 และ 0.50%

3. ศึกษากระบวนการทำแห้งที่เหมาะสมด้วยวิธีการ Foam mat drying

จากการศึกษาสารที่ทำให้เกิดฟอง 4 ชนิดคือ Methocel, Egg albumin, Carboxy methyl cellulose (CMC) และ Glyceryl Monostearate โดยแปรรูปของสารที่ทำให้เกิดฟองเป็น 1) Methocel 0.5% + Egg albumin 0.5% 2) Methocel 0.5% + CMC 0.5% และ 3) Methocel 0.5% + Glyceryl Monostearate 0.5% พบว่าสารที่ทำให้เกิดฟองระหว่าง egg albumin และ methocel ทำให้เกิดฟองได้ดีที่สุด โดยผลการวิเคราะห์น้ำหนักต่อปริมาตรของฟองข้าวโพดที่ใช้ egg albumin + methocel จะเป็น 0.69 g/ml ขณะที่ฟองข้าวโพดที่ใช้ Methocel 0.5% + CMC 0.5% และ Methocel 0.5% + Glyceryl Monostearate 0.5% จะมีน้ำหนักต่อปริมาตรของฟองข้าวโพดเป็น 0.75 และ 1.01g/ml ตามลำดับ

จากนั้นคัดเลือกสารที่ทำให้เกิดฟอง Methocel:egg albumin และแปรรูปการใช้ในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้ปริมาณที่ 2.5% 5.0% และ 7.5% พบว่าฟองข้าวโพดที่เกิดจากการใช้สารที่ทำให้เกิดฟอง methocel : egg albumin ปริมาณ 2.5% มีความสามารถในการเกิดฟองสูงที่สุด และผงข้าวโพดที่ผลิตได้มีความชื้น 5.38 และมีค่าสีในระบบ L, a และ b เป็นดังนี้ค่าความสว่าง (L) 78.19 ค่าสีเขียว-แดง (a) 6.71 และสีน้ำเงิน-เหลือง (b) 34.21 โดยมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, Aw) เป็น 0.35

4. พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสสูง

การพัฒนาซูปข้าวโพดกาบาสสูงโดยใช้ผงข้าวโพดกาบาสสูงจากการทำ dry Foam mat ผลจากการทดสอบผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรซูปข้าวโพดที่มีส่วนประกอบดังนี้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของซูปข้าวโพดกาบาสสูง

ร้อยละของส่วนประกอบ	ซูปข้าวโพดผงกาบาสสูง	ซูปข้าวโพดพร้อมรับประทาน
ผงซูปข้าวโพด	88.5	50
น้ำตาล	10.6	6.0
เกลือ	0.9	0.5
น้ำ	-	43.5

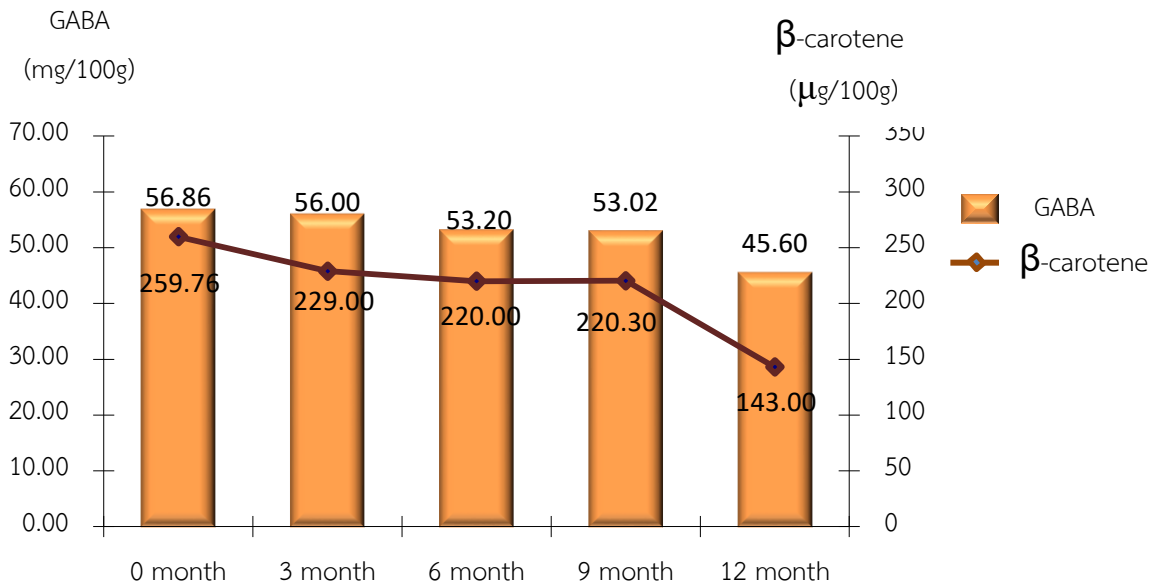
5. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสสูง

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของซูปข้าวโพดกาบาสูงพร้อมบริโภคนพบว่า การบริโภคซูปข้าวโพดกาบาสูง 100 กรัมจะได้รับพลังงาน 114.51 กิโลแคลอรี เป็นพลังงานจากไขมัน 12.15 กิโลแคลอรี โดยการบริโภคซูปข้าวโพด 100 กรัมจะได้รับกาบาถึง 56.86 มิลลิกรัม

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของซูปข้าวโพดกาบา สูงพร้อมบริโภค

คุณค่าทางโภชนาการต่อ100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้	ปริมาณที่พบ	หน่วย
พลังงานทั้งหมด	114.51	กิโลแคลอรี
พลังงานจากไขมัน	12.15	กิโลแคลอรี
ไขมันทั้งหมด	1.35	กรัม
ไขมันอิ่มตัว	0.28	กรัม
โคเลสเตอรอล	0	มิลลิกรัม
โปรตีน	5.26	กรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	20.33	กรัม
ใยอาหาร	0.62	กรัม
น้ำตาล	5.20	กรัม
โซเดียม	17.67	มิลลิกรัม
วิตามิน A	6.74	มิลลิกรัม
วิตามิน B1	0.08	มิลลิกรัม
วิตามิน B2	0.20	มิลลิกรัม
แคลเซียม	9.45	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.51	มิลลิกรัม
GABA	56.86	มิลลิกรัม

เมื่อศึกษาถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในด้านการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกาบา ปริมาณเบตา-แคโรทีน ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ สี การละลายของผลิตภัณฑ์และมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซูปข้าวโพดกาบาสูงตลอด 1 ปี พบว่า ปริมาณกาบาและเบตา-แคโรทีนจะลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณของทั้งกาบาและเบตา-แคโรทีนจะลดลงอย่างช้าๆ ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0-9 เดือน และจะลดลงอย่างรวดเร็วในการเก็บรักษาเดือนที่ 12 โดยปริมาณกาบาและเบตา-แคโรทีนที่อายุการเก็บรักษาที่ 0 เดือนจะอยู่ที่ 56.6 mg/ 100 g และ 259.76 μ g/100g และที่การเก็บรักษาเดือนที่ 12 จะมีปริมาณอยู่ที่ 45.60 mg/ 100 g และ 143.00 μ g/100g ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ปริมาณกาบาและ β-carotene ของซูปข้าวโพด

นอกจากนี้อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะส่งต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์จะลดลง แต่ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b) ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการจับตัวกันเป็นก้อน ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการละลายน้ำที่ยากขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในการละลายที่การเก็บรักษาไว้ 9 เดือนเป็น 2.16 กรัม/นาที่ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ 0 เดือนจะมีผงจะมีความชื้น 6.14% และมีปริมาณน้ำอิสระเป็น 0.36

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของซูปข้าวโพด

ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน)	ค่าสี			ความสามารถในการละลาย (กรัม/นาที่)	ความชื้น (%w/w)	Aw
	L (ความสว่าง)	a (เขียว-แดง)	b (น้ำเงิน-เหลือง)			
0	79.07a	4.22a	27.75a	1.73a	4.77a	0.11a
3	77.67b	4.06a	34.30b	1.61a	5.05a	0.17b
6	77.83b	4.05a	34.82bc	1.74a	6.75b	0.30c
9	77.85b	4.29a	35.69c	2.16b	7.56c	0.35d
12	77.90b	4.64b	39.12d	2.28c	7.75c	0.35d

ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ทั้ง Total Plate Count, ยีสต์และรา รวมถึง *Staphylococcus aureus* พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภคตลอดทั้งอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ดังนั้นปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์คือความสามารถในการละลาย

ของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงหลังจากการเก็บรักษา 6 เดือน ซึ่งจะทำให้ best before date หรือ กำหนดระยะเวลาที่ควรบริโภคผลิตภัณฑ์คือ 6 เดือนนับจากวันผลิต

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้าวโพดพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรคือ ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 ข้าวโพดหวานพันธุ์ 7566 และข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 พบว่าทั้งสามพันธุ์มีความสามารถในการเปลี่ยนกรดกลูตามิกที่มีอยู่ในเมล็ดให้เป็นกาบาได้ โดยพันธุ์ที่มีความสามารถสูงที่สุดคือ ข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 1 โดยสถานะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณกาบาได้สูงสุดคือ การแช่น้ำที่ปรับ pH ให้เป็น 6.5 โดยมีการเติมโมโนโซเดียมกลูตาเมต 0.5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงซึ่งสถานะดังกล่าวจะให้ให้กาบาเพิ่มขึ้นจาก 233.12 mg/100 g เป็น 259.2 mg/100 g เมื่อโมโนโซเดียมกลูตาเมตเปลี่ยนแปลงจาก 0% เป็น 0.5% การพัฒนาข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเริ่มจากการนำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเพิ่มกาบามาทำแห้งด้วยวิธี dry foam mat จากนั้นจึงนำผงข้าวโพดที่ได้มาพัฒนาเพื่อให้สูตรซูปข้าวโพดที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยวิธีการที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าวโพดแบบ dry foam mat คือ การใช้สารที่ทำให้เกิดโฟม methocel : egg albumin ปริมาณ 2.5% จากนั้นจึงนำโฟมข้าวโพดไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส การพัฒนาซูปข้าวโพด GABA สูงโดยใช้ผงข้าวโพด GABA สูงจากการทำ dry Foam mat จากการทดสอบผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรซูปข้าวโพดที่ประกอบด้วยผงซูปข้าวโพด 88.50% น้ำตาล 10.60 % เกลือ 0.9% โดยซูปข้าวโพดกาบาสูงพร้อมบริโภค 100 กรัมจะได้ให้พลังงาน 114.51 กิโลแคลอรี เป็นพลังงานจากไขมัน 12.15 กิโลแคลอรี โดยการบริโภคซูปข้าวโพด 100 กรัมจะได้รับกาบาถึง 56.86 มิลลิกรัม โดยมีอายุการเก็บรักษาอยู่ที่ 6 เดือนเนื่องจากข้อจำกัดของความสามารถในการละลาย

เอกสารอ้างอิง

- สำนักนิเทศ. 2552. สร.จัด 152 หมู่บ้านนำร่องทำหมู่บ้านต้นแบบลดโรคเรื้อรังหวังลดอัตราการป่วยและเสียชีวิตของประชาชน. [ออนไลน์] www.moph.go.th/show_hotnew.php?idHot_new=22869.
- Ashton Heather. 2002. Chapter 1 The Benzodiazepines: What they do in the body. Benzodiazepines: How they work and how to withdraw [online]. www.benzo.org.uk/manual/bzcha01.htm. (15 June 2015).
- Ishikawa, K., and Saito, S. 1978. Effect of intraventricular γ -aminobutyric acid (GABA) on discrimination learning in rats. *Psychopharmacology*. 56:127-132.
- JAICA and Hiroshima Prefectural Food Research Center. 2007. Training document on Food Processing and Preservation Technology III.
- Okada, T., Sugishita, T. Murakami. T., Murai, H., Saikusa, T., Horino, T., Onoda, A., Kajimoto, O., Takahashi, R. and Takahashi, T. 2000. Effect of the defatted rice germ enriched with

GABA for sleeplessness, depression, autonomic Disorder by oral administration.
Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi.47:596-603

Vermulapalli, S. and Barletta, M. 1984. The role of the sympathetic nervous system in the cardiovascular effects of systemically administered γ -aminobutyric acid. *Arch. Int. Pharmacodyn.* 267:46-58.

www.vitalhealthzone.com/nutrition/amino-acids/gaba.html. [ออนไลน์] วันที่ 27 มีนาคม 2553.