

การเตรียมและประเมินผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน

Preparation and Evaluation of Gummy Jelly Products Containing Glucomannan

ณัชชากร วรสาร (Natchakorn Worrasam)* ดร.นภกัศ ใจภักดี (Dr.Napaphak Jaipakdee)**

ดร.เอกพล ลิมพงษ์ษา (Dr.Ekapol Limpongsa)***

บทคัดย่อ

กลูโคแมนแนนเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ให้พลังงานต่ำ สมบัติความหนืดและการก่อเจลของกลูโคแมนแนนมีผลให้กลูโคแมนแนนสามารถกระตุ้นการอิ่มและการลดน้ำหนัก ชะลอการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตและลดการดูดซึมไขมัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมและประเมินผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนน จากการศึกษาพบว่าการใช้กลูโคแมนแนนเพียงชนิดเดียวไม่สามารถเตรียมเป็นกัมมีเยลลี่ได้ การใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาตินในอัตราส่วนกลูโคแมนแนนต่อเจลาติน 1 ต่อ 9 ถึง 2 ต่อ 8 ที่ระดับสารก่อเจลรวมร้อยละ 12-20 โดยน้ำหนักสามารถขึ้นรูปเป็นกัมมีเยลลี่ได้ ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้วิธีวิเคราะห์โปรไฟล์เนื้อสัมผัส พบว่า ค่าเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ที่เตรียมจากกลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาตินและกัมมีเยลลี่ที่เตรียมจากเจลาติน ได้แก่ ความแข็ง แรงยึดเหนี่ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น และความทนต่อการเคี้ยว มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การเพิ่มความเข้มข้นของกลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาตินจากระดับร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 18 มีผลให้ ความแข็ง ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยวของกัมมีเยลลี่มีค่าเพิ่มขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวและความยืดหยุ่นไม่เปลี่ยนแปลง

ABSTRACT

Glucomannan is a very low calorie, water-soluble dietary fiber. Due to its viscosity and gelling properties, glucomannan can promote satiety and weight loss, slow carbohydrate absorption, and reduce fat absorption. The objective of this research was to develop gummy jelly product containing glucomannan. The result showed that gummy jelly could not be formed by using glucomannan as a gelling agent. Combination of glucomannan with gelatin revealed that 12-20 % by weight of glucomannan : gelatin at 1:9 to 2:8 ratio could result the good characteristics of gummy jelly product. Texture profile analysis of gummy jelly prepared from glucomannan : gelatin including hardness, cohesiveness, gumminess, springiness and chewiness were comparable with those of products prepared from gelatin ($p>0.05$). Increasing the gelling agent concentration from 12 to 18% resulted in the increases in hardness, gumminess and chewiness; while the cohesiveness and springiness were not affected.

คำสำคัญ: กลูโคแมนแนน กัมมีเยลลี่ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

Keywords: Glucomannan, Gummy Jelly, Texture Profile Analysis

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ผลิตภัณฑ์กัมมีเซลลือเป็นผลิตภัณฑ์ลูกกวาด (Confectionery products) ที่ได้รับความนิยมประเภทหนึ่ง มีส่วนแบ่งการตลาดของตลาดลูกกวาดในประเทศไทยที่สูง ลักษณะเฉพาะของกัมมีเซลลือคือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจล มีความใส เนื้อสัมผัสเนียน ไม่หยาบสาก เหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่น (สุวรรณา, 2543; สายสนม, สิริ, 2439) มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำ น้ำตาล สารก่อเจล และ กรด (กรมวิชาการเกษตร, 2543) สารก่อเจลที่ใช้ในการผลิตกัมมีเซลลือ ได้แก่ เจลาติน คาราจีแนน เพกทิน และอะการ์ เป็นต้น (นราธิป, 2556) โดยสารก่อเจลทำหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ชนิดของสารก่อเจลและปริมาณสารก่อเจลที่แตกต่าง จะทำให้ได้เนื้อสัมผัสของเซลลือแตกต่าง และเกิดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์

เจลาติน (gelatin) เป็นสารก่อเจลที่นิยมใช้ในการเตรียมกัมมีเซลลือมากที่สุด เนื่องจากให้กัมมีเซลลือที่มีลักษณะใส เหนียวนุ่มและยืดหยุ่น โดยเจลาตินเป็นสารก่อเจลประเภทโปรตีน เป็นพอลิเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ผลิตได้จากโปรตีนคอลลาเจน มีสมบัติในการเปลี่ยนกลับได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยเจลาตินมีการหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงและเกิดเป็นเจลเมื่อเย็นลง เวลาในการเกิดเป็นเจลขึ้นกับความเข้มข้นของเจลาติน (Edwards, 2000) โดยเมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าความหนืด ความแข็ง (hardness), แรงยึดเหนี่ยวในผลิตภัณฑ์ (cohesiveness), ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness) และ ความเหนียว (gumminess) เพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบด้านความง่ายในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์กัมมีเซลลือมากที่สุดที่ปริมาณเจลาตินร้อยละ 7 และสารละลายกรดซิตริก (เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์) ร้อยละ 3.5 (ศิมาภรณ์ และคณะ 2546)

กลูโคแมนแนน (glucomannan) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ที่พบมากในหัวบุก *Amorphophallus konjac* K.Koch ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง β -1,4 และมีหมู่อะซิetyl (Acetyl group) กระจายอยู่บนสายโมเลกุลของแมนโนส (Tye, 1991) กลูโคแมนแนนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องจะพองตัว เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) โดยเป็นเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermoirreversible gel) (Li et al., 2009) มีการใช้กลูโคแมนแนนเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) อย่างแพร่หลาย โดยกลูโคแมนแนนสามารถทำหน้าที่เป็น สารก่อเจล (gelling agent), สารเพิ่มความข้นหนืด (thickening agent), สารทำให้เกิดฟิล์ม (film forming agent), สารทำให้คงตัว (stabilizing agent) เป็นต้น (Zhang et al., 2005) ซึ่งผลิตภัณฑ์เซลลือที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนที่พบในท้องตลาดจะเป็นชนิดเหลวหรือชนิดคั้บประทาน ยังไม่มีผลิตภัณฑ์หรือรายงานการวิจัยของกัมมีเซลลือที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนมาก่อน

กลูโคแมนแนนจัดเป็นใยอาหาร (dietary fiber) ชนิดละลายน้ำ (soluble fiber) ที่ให้พลังงานต่ำ มีประสิทธิภาพในการจับไขมันและน้ำตาลในทางเดินอาหารเพื่อขับออกจากร่างกาย เนื่องจากความหนืดของกลูโคแมนแนนไปยับยั้งการดูดซึมกลูโคสและไขมันจากทางเดินอาหาร ช่วยลดความรุนแรงของโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ (Supompim et al., 2007; Chen et al., 2003) กลูโคแมนแนนยังจับกับน้ำดีในลำไส้ ทำให้จำเป็นต้องใช้คอเลสเตอรอลเพื่อผลิตน้ำดีมากขึ้น มีผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลูโคแมนแนนเป็นองค์ประกอบในปริมาณ 3-4 กรัมต่อวัน สามารถทำให้น้ำหนักลดลงได้ (Salas-Salvadó et al., 2008; Keithley et al., 2013) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาหลอก เนื่องจากกลูโคแมนแนนละลายและดูดซับน้ำไว้ในตัวมาก ทำให้กระเพาะอาหารขยายตัว กระตุ้นให้เกิดการอิ่มเร็วขึ้น และยังช่วยเพิ่มปริมาณกากอาหารในลำไส้ทำให้ขับถ่ายได้สะดวกขึ้นอีกด้วย (สุวิมล, 2009; Behera, Ray, 2009)

ความนิยมในกัมมี่เยลลีนั้นเชื่อว่าเกิดจากลักษณะที่เหนียวนุ่ม ชืดหยุ่น และต้องเคี้ยวกลืน ร่วมกับความหวานอร่อยของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคจะเพลิดเพลินกับผลิตภัณฑ์ที่สามารถเคี้ยวได้ ความหวานในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีในท้องตลาดโดยส่วนใหญ่มาจากน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งการรับประทานน้ำตาลนั้นไม่เหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เช่น ผู้ป่วยเบาหวานรวมถึงผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน อีกทั้งส่วนเหลือตกค้างสามารถเป็นสาเหตุของฟันผุได้ และจากประโยชน์และความน่าสนใจของกลูโคแมนแนน การวิจัยในครั้งนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ของการนำกลูโคแมนแนนมาใช้เป็นสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ เนื่องจากยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน โดยในการศึกษานี้เป็นการพัฒนากัมมี่เยลลี่ชนิดปราศจากน้ำตาล ใช้น้ำเชื่อมมอลทิทอล (Maltitol syrup) และ Acesufam K เป็นสารให้ความหวาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรตำรับกัมมี่เยลลี่ทางเลือกที่มีพลังงานต่ำและช่วยให้อิ่มต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนซึ่งใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจลร่วม และประเมินลักษณะทางกายภาพ ความเป็นกรดต่าง ค่าเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ได้

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมกัมมี่เยลลี่

ส่วนประกอบและปริมาณของส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมกัมมี่เยลลี่ แสดงในตารางที่ 1 เตรียมผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โดยแยกกระจายสารก่อเจล 2 ชนิด ได้แก่ กลูโคแมนแนนและเจลาตินในน้ำที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส นำสารละลายของสารก่อเจลที่ได้มาผสมกันเข้าด้วยกัน จากนั้นเติมสารให้ความหวาน (Maltitol syrup และ Acesufam K) สารกันบูด (Paraben concentrate) สารแต่งรส (Citric Acid และ Tartaric Acid) และสารแต่งกลิ่น (Lemon flavor) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทสารละลายที่ได้ลงในพิมพ์ และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและแกะออกจากพิมพ์ เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในภาชนะบรรจุปิดสนิทเพื่อนำไปประเมินสมบัติในลำดับถัดไป

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและปริมาณของส่วนประกอบที่ใช้ในการเตรียมกัมมี่เยลลี่

| ส่วนประกอบ | ปริมาณ (%w/w) |
|---------------------|---------------|
| สารก่อเจล | 12-20 |
| Maltitol syrup | 40.0 |
| Acesufam K | 0.05 |
| Citric Acid | 0.75 |
| Tartaric Acid | 0.75 |
| Paraben concentrate | 1.0 |
| Lemon flavor | 0.05 |
| Water..... to | 100.0 |

2. การประเมินสมบัติของกัมมีเซลล์

- ประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยประเมิน ความใส ความยืดหยุ่น (วัดโดยใช้มือสัมผัส) ความนุ่ม (ความรู้สึกหลังเข้าปากโดยการเคี้ยว) และความคงรูป ทำการประเมินโดยผู้วิจัย

- วัดค่าความเป็นกรดต่าง โดยนำกัมมีเซลล์ที่ได้มาละลายน้ำ อัตราส่วนกัมมีเซลล์ 1 กรัมต่อน้ำ 2 กรัม แล้วนำมาวัดความกรดต่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Waterproof Pen Tester 7200 pH/Cond/TDS/Salt/Temp)

- ค่าเนื้อสัมผัส

เตรียมตัวอย่างเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร วัดค่าเนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ได้แก่ hardness, chewiness, cohesiveness, springiness ด้วยเครื่อง texture analyzer ใช้หัววัดชนิด cylinder probe 20 มิลลิเมตร กำหนดความเร็วในการวัด (test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และ ระยะทางในการกด (deformation) ร้อยละ 50

3. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

ผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ที่เตรียมขึ้นจะนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีน (Crude protein) คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen free extract) ไขมัน (Ether extract) การวิเคราะห์เยื่อใยหยาบ (Crude fiber) การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) และ การวิเคราะห์พลังงานรวม (Gross energy)

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนชนิดปราศจากน้ำตาล ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานสำคัญในการเตรียมกัมมีเซลล์ คือ สารก่อเจลให้ความยืดหยุ่น สารให้ความหวาน กรดสารกันบูด สารปรุงแต่งกลิ่นรส และน้ำ โดยจากการทดลองเบื้องต้น พบว่า การใช้กลูโคแมนแนน (ร้อยละ 2-5 โดยน้ำหนัก) เป็นสารก่อเจลเพียงชนิดเดียวนั้นไม่สามารถเตรียมผลิตภัณฑ์ให้ขึ้นรูปเป็นกัมมีเซลล์ได้ จึงนำเจลาตินมาใช้เป็นสารก่อเจลร่วม เนื่องจากเจลาตินนิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ เจลาตินจะทำหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์เซลล์แห้งหรือกัมมีเซลล์เจลาตินจะมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างนุ่ม เหนียว และมีความยืดหยุ่น

ลักษณะกัมมีเซลล์ที่เตรียมจากกลูโคแมนแนนและเจลาตินที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงในรูปที่ 1 พบว่า การใช้กลูโคแมนแนนและเจลาตินในอัตราส่วน โดยน้ำหนักที่มากกว่า 2:8 จะให้เนื้อกัมมีเซลล์ที่มีลักษณะนุ่ม ผิวเนื้อสัมผัสไม่เรียบ และเตรียมผลิตภัณฑ์ได้ยาก เนื่องจากกลูโคแมนแนนมีความสามารถในการพองตัวได้ถึง 200 เท่า จึงดูดน้ำไว้มากทำให้น้ำไม่เพียงพอต่อการเตรียมผลิตภัณฑ์ (จริยา, 2549) ขณะที่การใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาตินในอัตราส่วน โดยน้ำหนัก 1:9 และ 2:8 ที่ระดับสารก่อเจล ร้อยละ 12-20 โดยน้ำหนัก สามารถขึ้นรูปเป็นกัมมีเซลล์ได้

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของกัมมีเซลล์ที่เตรียม โดยใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาตินในอัตราส่วนต่างๆ ที่ระดับสารก่อเจลที่เท่ากัน แสดงในตารางที่ 2 พบว่า กัมมีเซลล์ที่เตรียมจากเจลาตินเป็นสารก่อเจลเพียงชนิดเดียว (อัตราส่วนกลูโคแมนแนน:เจลาติน 0:10) มีความใส ความยืดหยุ่น ความนุ่ม และความคงรูป มากที่สุด การใช้กลูโคแมนแนนเป็นสารก่อเจลร่วมมีผลต่อลักษณะทางกายภาพดังกล่าวของกัมมีเซลล์ โดยเมื่อมีปริมาณกลูโคแมนแนนเพิ่มขึ้น ความใส ความยืดหยุ่น ความนุ่ม และความคงรูปของผลิตภัณฑ์จะลดลง เนื่องจากกลูโคแมนแนนให้เจลที่มีความชุ่ม ไม่ยืดหยุ่นและนุ่ม ที่กลูโคแมนแนน:เจลาติน 1.5:8.5 เป็นสัดส่วนที่สามารถใช้กลูโคแมนแนนในปริมาณสูงสุด โดยที่ยังมีสมบัติต่างๆ ได้แก่ มีความใส ความยืดหยุ่นและความนุ่มในระดับที่ยอมรับได้ จึงเลือกกัมมีเซลล์ที่เตรียมจากกลูโคแมน

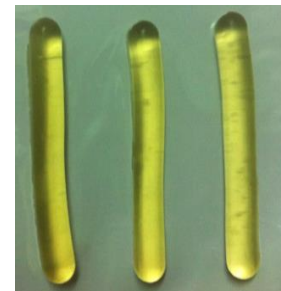
เน้นร่วมกับเจลาติน อัตราส่วน 1.5:8.5 โดยน้ำหนัก ไปศึกษาลักษณะทางเนื้อสัมผัสในลำดับถัดไปผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 3



ก. อัตราส่วน 5:5



ข. อัตราส่วน 1:9



ค. อัตราส่วน 0:10

รูปที่ 1 ลักษณะผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่เตรียมจากกลูโคแมนแนนและเจลาตินที่อัตราส่วน โดยน้ำหนักต่างๆ

ตารางที่ 2 ความใส ความยืดหยุ่น ความขากง่ายในการเคี้ยวและความคงรูปของกัมมี่เยลลี่ที่เตรียมโดยใช้กลูโคแมนแนนและเจลาตินที่อัตราส่วนต่างๆ

| คุณลักษณะของกัมมี่เยลลี่ | สัดส่วนของกลูโคแมนแนน:เจลาติน | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-----|---------|------|
| | 0:10 | 1:9 | 1.5:8.5 | 2:8 |
| ความใส | +++ | + | + | ขุ่น |
| ความยืดหยุ่น | +++ | ++ | ++ | + |
| ความนุ่ม | +++ | ++ | ++ | + |
| ความคงรูป | +++ | +++ | +++ | ++ |

หมายเหตุ (+) = น้อย, (++) = ปานกลาง, (+++) = มาก

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณของสารก่อเจลต่อค่าเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ที่เตรียมโดยใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาติน (อัตราส่วน 1.5:8.5) (MEAN \pm SD, n = 4)

| ร้อยละของสารก่อเจล | Hardness (N) | Cohesiveness | Gumminess (N) | Springiness | Chewiness (N) |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 12 | 3.42 \pm 1.06 | 0.96 \pm 0.17 | 3.11 \pm 0.50 | 4.79 \pm 0.31 | 14.85 \pm 2.21 |
| 14 | 5.09 \pm 1.52 | 1.04 \pm 0.04 | 5.26 \pm 1.36 | 5.00 \pm 0.08 | 26.42 \pm 7.24 |
| 18 | 8.56 \pm 1.93 | 1.06 \pm 0.05 | 8.99 \pm 1.63 | 4.94 \pm 0.04 | 44.48 \pm 8.44 |
| 20 | 8.55 \pm 1.29 | 1.00 \pm 0.03 | 8.57 \pm 1.24 | 4.99 \pm 0.05 | 42.76 \pm 6.13 |

กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนทุกค่าที่เตรียมขึ้น มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีค่าความเป็นกรดค้างอยู่ในช่วง 3.44 \pm 0.01 ถึง 3.67 \pm 0.01 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture profile analysis ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณของของกลูโคแมนแนน-เจลาตินมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ โดยเมื่อปริมาณของกลูโคแมนแนน-เจลาตินเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก ความแข็ง (Hardness) หรือ แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป ซึ่งเทียบได้กับแรงที่ใช้ในการการเคี้ยวครั้งแรก มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.42 \pm 1.06 N เป็น 8.56 \pm 1.93 N ในขณะที่ ความเหนียว (Gumminess) หรือแรงที่ใช้ในการทำให้อาหารกึ่งแข็งแตกกระจายจนอยู่ในสภาพพร้อมจะกลืน ซึ่งบอกความเหนียวแน่นที่คงมีอยู่ในอาหารกึ่งของแข็งตลอดการเคี้ยว มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.11 \pm 0.50

N เป็น 8.99 ± 1.63 N และ ความทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) หรือค่าที่บอกถึงแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหารแข็งพร้อมจะกลืน มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 14.85 ± 2.21 N เป็น 44.48 ± 8.44 N แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณของสารก่อเจลเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จึงต้องใช้พลังงานในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น แต่ในส่วน of แรงยึดเหนี่ยว (cohesiveness) ที่เกิดขึ้นภายในตัวอย่าง และความยืดหยุ่น (springiness) นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากสัดส่วนของสารก่อเจล สารให้ความหวานและสารอื่นๆ ในตำรับไม่แตกต่างกัน จึงไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของตัวผลิตภัณฑ์ การเพิ่มความเข้มข้นของกลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาติน จากระดับร้อยละ 18 เป็นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักนั้น ไม่มีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่ว่าจะเป็น ความแข็ง แรงยึดเหนี่ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น หรือความทนต่อการเคี้ยว

เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของกัมมีเซลล์ที่เตรียมโดยใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาติน (อัตราส่วน 1.5:8.5 โดยน้ำหนัก) กับกัมมีเซลล์ที่เตรียมโดยใช้เจลาติน ที่ระดับสารก่อเจลที่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ความแข็งแรงยึดเหนี่ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น และความทนต่อการเคี้ยว ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าเนื้อสัมผัสของกัมมีเซลล์ที่เตรียมโดยใช้กลูโคแมนแนนร่วมกับเจลาติน (อัตราส่วน 1.5:8.5) เป็นสารก่อเจล เปรียบเทียบกับกัมมีเซลล์ที่เตรียมจากเจลาติน ที่ระดับสารก่อเจลร้อยละ 14 (MEAN \pm SD , n = 4)

| สารก่อเจล | Hardness (N) | Cohesiveness | Gumminess (N) | Springiness | Chewiness (N) |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| เจลาติน (ตัวควบคุม) | 4.58 ± 1.73 | 0.95 ± 0.09 | 4.26 ± 1.26 | 4.92 ± 0.18 | 20.86 ± 5.93 |
| กลูโคแมนแนน : เจลาติน (1.5:8.5) | 5.09 ± 1.52 | 1.04 ± 0.04 | 5.26 ± 1.36 | 5.00 ± 0.08 | 26.42 ± 7.24 |

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ที่เตรียมขึ้นแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมีเซลล์ที่เตรียมขึ้นมีความชื้นร้อยละ 41.18, เถ้า (Ash) ร้อยละ 0.20, โปรตีน (Crude Protein) ร้อยละ 19.23, คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 39.31, ไขมัน ร้อยละ 0.08 ไม่พบเยื่อใยหยาบ (Crude fiber) และให้พลังงานรวม (Gross Energy) ต่อกรัมวัตถุแห้ง (on dry matter basis) เท่ากับ 3.942 kcal/g

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์เซลล์แห้งเจลาติน-กลูโคแมนแนน

| รายการวิเคราะห์* | ผลการวิเคราะห์ |
|--|----------------|
| ความชื้น ,% | 41.18 |
| เถ้า (Ash),% | 0.20 |
| โปรตีน (CP),% (Crude Protein) | 19.23 |
| ไขมัน (EE),% (Eher extract) | 0.08 |
| เยื่อใยหยาบ (CF),% (Crude fiber) | 0.00 |
| คาร์โบไฮเดรต (NFE),% (Nitrogen-free extract) | 39.31 |
| พลังงานรวม (GE), cal/g (Gross energy) | 3,942.00** |

หมายเหตุ *ค่าวิเคราะห์ที่แสดงไม่ได้ปรับเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (on dry matter basis); **ปรับเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (on dry matter basis)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำกลูโคแมนแนนมาใช้เป็นสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ปราศจากน้ำตาล จากการศึกษาพบว่าการใช้กลูโคแมนแนนเพียงชนิดเดียวไม่สามารถขึ้นรูปเป็นกัมมีเยลลี่ได้จำเป็นต้องใช้เจลาตินเป็นสารก่อเจลร่วม สัดส่วนที่สามารถใช้กลูโคแมนแนนในปริมาณสูงสุดคืออัตราส่วนกลูโคแมนแนนต่อเจลาติน 1.5:8.5 โดยที่ระดับสารก่อเจลดังกล่าวร้อยละ 14 โดยน้ำหนักจะให้กัมมีเยลลี่ที่มีค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ความแข็ง แรงยึดเหนี่ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น และความทนต่อการเคี้ยว ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่เตรียมจากเจลาติน การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของกลูโคแมนแนนที่เตรียมขึ้นมีโปรตีน ร้อยละ 19.23 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 39.31 ไขมัน ร้อยละ 0.08 และให้พลังงานรวมต่อกรัมวัตถุแห้งเท่ากับ 3.942 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรตำรับกัมมีเยลลี่ทางเลือกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์หรือการศึกษาค้นคว้า จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพร และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับการสนับสนุนด้านสถานที่และเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. เยลลี่มะม่วง. วารสารสถาบันอาหาร 2543; 3(14): 41-42.
- จริยา เชชญุชร. เยลลี่ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เพชรการเรือน; 2549.
- นราธิป ปุณเกษม. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สมุนไพรไทยเคลือบดำ : ชิง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต; 2556.
- ศิมาภรณ์ มีแสง, ไพศาล วุฒิจำนงค์, รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, สุนันรัตน์ ชื่นพุฒิ. ผลของเจลาติน อัตราส่วนของซูโครส/กลูโคส/ไซรัป และกรดซิตริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41; 3-7 กุมภาพันธ์ 2546; กรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546. หน้า 20-27
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง, สิริ ชัยเสรี. ลูกกวาดและซ็อกโกแลต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539.
- สุวรรณ สุกิมารส. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและซ็อกโกแลต. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.
- สุวิมล ทรัพย์วิโรบล. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อการลดน้ำหนัก. Journal of Nutrition Association of Thailand 2009; 44(3): 80-89.
- Behera SS, Ray RC. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide of *Amorphophallus konjac* K. Koch in health care. Int J Biol Macromol 2016; 92: 942-956.
- Chen HL, Sheu WH, Tai TS, Liaw YP, Chen YC. Konjac supplement alleviated hypercholesterolemia and hyperglycemia in type 2 diabetic subjects--a randomized double-blind trial. J Am Coll Nutr. 2003; 22(1): 36-42.
- Edwards WP. The Science of Sugar Confectionery. Royal Society of Chemistry, England; 2000.



- Li L, Ruan H, Ma LL, Wang W, Zhou P, He GQ. Study on swelling model and thermodynamic structure of native konjac glucomannan. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2009; 10(4): 273-9.
- Keithley JK, Swanson B, Mikolaitis SL, DeMeo M, Zeller JM, Fogg L, Adamji J. Safety and Efficacy of Glucomannan for Weight Loss in Overweight and Moderately Obese Adults. *J Obes*. 2013; Article ID 610908.
- Salas-Salvadó J, Farrés X, Luque X, Narejos S, Borrell M, Basora J, Anguera A, Torres F, Bulló M, Balanza R; Fiber in Obesity-Study Group. Effect of two doses of a mixture of soluble fibres on body weight and metabolic variables in overweight or obese patients: a randomised trial. *Br J Nutr*. 2008; 99(6): 1380-7.
- Chearskul S, Sangurai S, Nitiyanant W, Kriengsinyos W, Kooptiwut S, Harindhanavudhi T. Glycemic and Lipid Responses to Glucomannan in Thais with Type 2 Diabetes Mellitus. *J Med Assoc Thai* 2007; 90(10): 2150-7.
- Tye R. Konjac flour: properties and applications. *Food Technology*. 1991; 45: 11-16.
- Zhang Y-Q, Xie B-J, Gan X. Advance in the applications of konjac glucomannan and its derivatives. *Carbohydrate Polymers* 2005; 60(1): 27-31.