Thai Science and Technology Journal Vol. 34 No. 3 May-June 2026 ISSN 3027-6365 (Online)

Thai Science and Technology Journal
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Journal Homepage : http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj

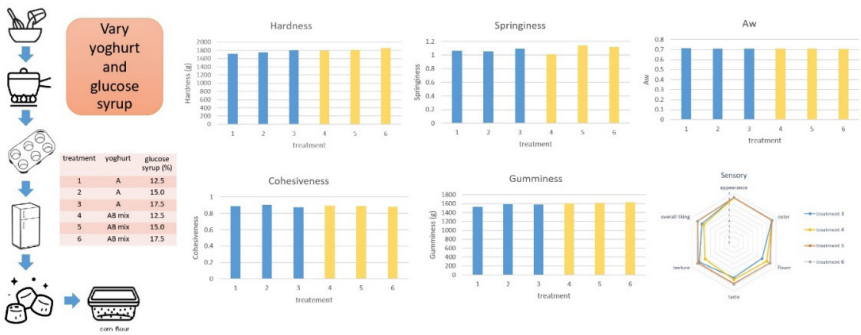
ผลของโยเกิร์ตและกลูโคสซีรัปต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่น้ำตาลต่ำ
Effect of Yoghurt and Glucose Syrup on Physical and Sensorial Properties of Low-Sugar Gummy Jelly

พัชชาพลอย กิตติพีรกิจ, สิรินดา กุสุมภ์*
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

Patchaploy Kittiperakit, Sirinda Kusump*
Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Pathum Thani 12120

Received 29 October 2025; Received in revised 15 December 2025; Accepted 18 December 2026

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of yoghurt and glucose syrup on the physical and sensory properties of low-sugar gummy jelly. Two types of yoghurt were investigated: commercial yoghurt A and a mixture of commercial yoghurt A and commercial drinking yoghurt B (AB mix), in combination with three levels of glucose syrup. The results showed that the combined effect of the main factors significantly influenced the pH, cohesiveness, and color values (L*, a*, and b*) of the yoghurt gummy jelly ($p<0.05$). The use of the yoghurt AB mix in combination with increasing levels of glucose syrup resulted in decreases in pH, cohesiveness, and L* value ($p<0.05$), while the a* and b* values increased ($p<0.05$). When considering the individual effects of the main factors, the type of yoghurt affected hardness and gumminess, whereas the amount of glucose syrup affected hardness and springiness ($p<0.05$). The use of the yoghurt AB mix resulted in increases in both hardness and gumminess values ($p<0.05$). Increasing the concentration of glucose syrup led to increases in hardness and springiness ($p<0.05$). Sensory evaluation revealed that yoghurt gummy jelly prepared using the yoghurt AB mix and glucose syrup at 15% and 17.5% received the highest scores for flavor, taste, texture, and overall liking ($p<0.05$). This research is the first to report the use of at least 50% yogurt in the production of low-sugar gummy jelly.

คำสำคัญ

โยเกิร์ต; กลูโคสซีรัป; เจลาติน; ขนมหวาน; กัมมี่เยลลี่; น้ำตาลต่ำ

Keywords

Yoghurt; Glucose syrup; Gelatin; Confectionary; Gummy jelly; Low sugar

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโยเกิร์ตและกลูโคสซีรัปต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่น้ำตาลต่ำ โดยศึกษาโยเกิร์ต 2 ชนิด คือ โยเกิร์ตทางการค้า A และโยเกิร์ตทางการค้า A ผสมกับโยเกิร์ตพร้อมดื่มทางการค้า B (AB mix) ร่วมกับการแปรปริมาณกลูโคสซีรัป 3 ระดับ จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักส่งผลต่อค่า pH, Cohesiveness และค่าสี (L*, a* และ b*) ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต ($p<0.05$) เมื่อใช้โยเกิร์ต AB mix ร่วมกับปริมาณกลูโคสซีรัปที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่า pH, Cohesiveness และค่า L* ลดลง ($p<0.05$) ในขณะที่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลเดี่ยวของปัจจัยหลักพบว่า ชนิดของโยเกิร์ตส่งผลต่อค่า Hardness และ Gumminess ($p<0.05$) เมื่อใช้โยเกิร์ต AB mix ส่งผลให้ค่า Hardness และ Gumminess เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ส่วนปริมาณกลูโคสซีรัป ส่งผลต่อค่า Hardness และ Springiness เมื่อเพิ่มปริมาณกลูโคสซีรัปส่งผลให้ค่า Hardness และ Springiness เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ใช้โยเกิร์ต AB mix และกลูโคสซีรัปร้อยละ 15 และ 17.5 ได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p<0.05$) งานวิจัยนี้เป็นงานแรกที่รายงานการใช้โยเกิร์ตปริมาณไม่น้อยกว่า 50% ในการผลิตกัมมี่เยลลี่น้ำตาลต่ำ

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** sirinda@tu.ac.th

DOI:

1. บทนำ

กัมมี่เยลลี่ หรือเยลลี่แห้ง (Gummy jelly) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำน้ำผลไม้หรือน้ำสมุนไพรมาผสมกับสารให้ความหวาน สารที่ทำให้เกิดเจล และสารปรุงแต่งชนิดอื่นๆ เช่น สารควบคุมความเป็นกรด และสารปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นต้น มีลักษณะเป็นชิ้นแห้ง ไม่เกาะติดกัน มีเนื้อสัมผัสเหนียวนุ่มและหยุ่นตัว [1]

สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในกัมมี่เยลลี่ทางการค้าคือน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัป โดยมีปริมาณรวมกันไม่น้อยกว่า 70% [2] น้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปนอกจากให้ความหวานและลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์แล้ว ยังช่วยในการทำให้สารก่อเจล เช่น เจลาติน สานโครงสร้างร่างแหได้ดีขึ้น ได้เนื้อสัมผัสของเจลที่แข็งและยืดหยุ่น [3] และกลูโคสซีรัปที่เติมลงไปช่วยปรับเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ ป้องกันการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครส ช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้เจลที่ได้มีความแข็ง ความยืดหยุ่น และคืนรูปเมื่อถูกเคี้ยวได้ดี [4, 5, 6] กลูโคสซีรัปที่มีค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (Dextrose equivalent; DE) ต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เหนียวหนืบมากขึ้น [7] ทั้งนี้ได้มีการศึกษาการแปรปริมาณกลูโคสซีรัปในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ โดย Meesang et al. [8] ศึกษาเกี่ยวกับผลของเจลาติน อัตราส่วนของซูโครส/กลูโคสซีรัป และกรดซิตริก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเจลาติน ทำให้ค่าความหนืด Hardness, Cohesiveness, Chewiness และ Gumminess เพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของซูโครสในสารละลายน้ำตาลเข้มข้นของซูโครสและกลูโคสซีรัป ทำให้ค่าความหนืด Hardness และ Chewiness ลดลง

โยเกิร์ต (Yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก (Fermented milk) ชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักนมด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria) ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* โดยเชื้อทั้ง 2 ชนิดจะย่อยน้ำตาลแล็กโทสเป็นน้ำตาลกลูโคสและกาแล็กโทส และสร้างกรดแล็กติกในระหว่างกระบวนการหมัก กรดแล็กติกจะส่งผลให้โปรตีนนมเกิดการเสียสภาพ และเกาะกลุ่มรวมตัวกัน (Aggregation) เกิดเป็นก้อนนม และเกิดเจลของโยเกิร์ตในที่สุด อีกทั้งกรดแล็กติกยังทำให้โยเกิร์ตมีรสเปรี้ยว [9, 10] โยเกิร์ตเป็นแหล่งของโปรตีน อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่หลากหลาย เช่น วิตามิน B และแคลเซียม เป็นต้น

จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถือเป็นขนมหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ แต่ให้พลังงานสูง อีกทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการสึกกร่อนของเคลือบฟันและปัญหาฟันผุตามมา โดยมีสาเหตุหลักคือปริมาณน้ำตาลที่สูงและความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ [11, 12] แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคมีการเลือกรับประทานอาหารที่ดีหรือมีประโยชน์มากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ หรือผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากน้ำตาล เป็นต้น [13] ทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการลดปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปในกัมมี่เยลลี่น้ำตาลต่ำ โดยในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษากัมมี่เยลลี่ที่มีปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปรวมกันร้อยละ 27.5-32.5 ของน้ำหนักรวมในสูตร ซึ่งต่ำกว่าปริมาณรวมของน้ำตาลและกลูโคสซีรัปในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทางการค้า แต่เนื่องจากกลูโคสซีรัปมีส่วนช่วยในการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ ซึ่งการลดปริมาณกลูโคสซีรัปลง อาจส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ ทางผู้วิจัยจึงได้มีการเลือกใช้โยเกิร์ตมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการเติมโยเกิร์ตลงในสูตรจะไปลด pH ของกัมมี่เยลลี่ pH ที่ลดลงทำให้โปรตีนจากทั้งโยเกิร์ตและเจลาตินเข้าใกล้จุด Isoelectric point ของโปรตีน โปรตีนเกิดการรวมกลุ่มสานเป็นโครงสร้างร่างแหได้มากขึ้น [14] อีกทั้งปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น น่าจะช่วยเพิ่มจำนวนร่างแหของโปรตีน จึงคาดว่าการเติมโยเกิร์ตสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ที่มีการลดปริมาณกลูโคสซีรัปได้

Science34-N3.indd 57 30/6/2569 BE 12:48

อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยน้อยมากที่ทำการทดลองผสมโยเกิร์ตกับเจลาตินในสารละลายน้ำตาลเข้มข้นสูงเพื่อผลิตเป็นกัมมี่เยลลี่ที่มีโยเกิร์ตเป็นส่วนผสมหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกลูโคสซีรัปและชนิดของโยเกิร์ตที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต และศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต โดยใช้โยเกิร์ตเป็นส่วนผสมหลัก เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ อีกทั้งยังลดน้ำตาลและกลูโคสซีรัปให้ต่ำกว่ากัมมี่เยลลี่ทั่วไปในท้องตลาด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

กลูโคสซีรัป (DE = 38) คาราจีแนน กรดมาลิกและกรดแล็กติก ซื้อจากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์เปอร์เรชั่น จำกัด (ประเทศไทย) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (Activity 100 U/g) (MTGase, E.C. 2.3.2.13, ACTIVA®) ได้รับจากบริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด น้ำตาลทราย (ตราลิน บริษัท ไทยรุ่งเรือง คอร์ปอเรชั่น จำกัด, ประเทศไทย) เจลาตินผง (ตราแมคการ์เรตต์ บริษัท เจอาร์ เอฟ แอนด์ บี จำกัด, ประเทศไทย) และแป้งข้าวโพด (ตราคนอร์ บริษัท ยูนิลีเวอร์, ประเทศไทย) โยเกิร์ตทางการค้าชนิด A (โปรตีน 5.30% ไขมัน 0% น้ำตาลทราย 1.5% pH 4.34 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 16.8 °Brix) โยเกิร์ตพร้อมดื่มทางการค้าชนิด B (โปรตีน 1.64% ไขมัน 0% น้ำตาลทราย 18% pH 3.67 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 20.7 °Brix) ซื้อจากร้านค้าปลีกในจังหวัดปทุมธานี และโยเกิร์ต AB mix (โปรตีน 3.99% ไขมัน 0% pH 4.23 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 17.0 °Brix) ได้จากการผสมโยเกิร์ตทางการค้าชนิด A และ โยเกิร์ตพร้อมดื่มทางการค้าชนิด B ตามสูตรในข้อ 2.2

2.2 กระบวนการผลิตกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต

ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตแสดงได้ดัง Table 1 กระบวนการผลิตกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต

Table 1 Ingredient composition of gummy jelly yoghurt

Ingredient / Treatment	Weight (g)					
	1	2	3	4	5	6
Yoghurt A	50	50	50	50	50	50
Yoghurt B	-	-	-	10	10	10
Sucrose	15	15	15	15	15	15
Glucose syrup	12.5	15	17.5	12.5	15	17.5
Transglutaminase (MTGase)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Gelling agent [a]	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Acidity regulator [b]	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Water	15.1	12.6	10.1	5.1	2.6	0.1

[a] Mixture of gelatin and carrageenan at the ratio of 12:1

[b] Mixture of malic acid and lactic acid at the ratio of 5:2

Science34-N3.indd 58 30/6/2569 BE 12:48

เริ่มจากให้ความร้อนกับโยเกิร์ตและน้ำจนได้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาล เจลาติน คาราจีแนน เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (MTGase) และกลูโคสซีรัป คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติมกรดมาลิกและกรดแล็กติก คนให้เข้ากัน แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที นำเยลลี่เหลวที่ได้เทใส่แม่พิมพ์ ตั้งทิ้งไว้ให้คงตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วแกะออกจากแม่พิมพ์ก่อนที่จะนำเยลลี่มาทำให้แห้งในแป้งข้าวโพด (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และร่อนผ่านตะแกรงก่อนที่จะนำมาอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนมีค่า Water activity ประมาณ 0.1) โดยนำเยลลี่มาคลุกกับแป้งข้าวโพดให้เข้ากัน พักไว้ให้แป้งข้าวโพดคลุมเยลลี่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปัดแป้งออกได้เป็นกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต

2.3 ค่า Water activity (a_w)

หั่นตัวอย่างกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัด Water activity (รุ่น CX2 บริษัท Aqua Lab, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำตัวอย่างกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมาหั่นให้ละเอียด แล้วผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนเยลลี่ต่อน้ำเท่ากับ 1:9 จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 15 วินาที นำส่วนของเหลวที่ได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH (รุ่น Lab 850 บริษัท Schott Instruments, ประเทศเยอรมันนี)

2.5 ค่าสี

วัดค่าสี (CIE L* a* b*) ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น CX267 บริษัท Hunter Lab, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยค่า L* หมายถึงค่าความสว่าง มีค่า 0-100 ค่า a* หมายถึงค่าสีเขียว-สีแดง ค่า b* หมายถึงค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง

2.6 ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดลักษณะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis, TPA) ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตด้วยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA-XT2 บริษัท Stable Micro System ประเทศอังกฤษ) โดยใช้หัววัด Cylindrical Probe (P/50) กำหนดให้ Pre-test speed เท่ากับ 1.0 mm/sec, Test-speed เท่ากับ 5.0 mm/sec, กำหนด Strain เท่ากับ 50% และ Trigger force เท่ากับ 10 g รายงานค่า Hardness, Springiness, Cohesiveness และ Gumminess

2.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained panelists) จำนวน 50 คน ประเมิน 4 ทรีตเมนต์ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ถูกคัดเลือกจากผลการทดสอบทางกายภาพ (มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับกัมมี่เยลลี่ทางการค้า โดยกัมมี่โยเกิร์ตทางการค้าที่ใช้มีปริมาณน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปรวมกันร้อยละ 89.5 และเจลาติน ร้อยละ 8) การประเมินใช้ความชอบ 9-Point hedonic scale ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ได้รับการอนุมัติโครงการจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ (COA No. 023/2568)

2.8 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in completely randomized design (ชนิดของโยเกิร์ตxปริมาณของกลูโคสซีรัป) ทดลอง 3 ซ้ำ การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และ

Science34-N3.indd 59 30/6/2569 BE 12:48

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test หรือ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 29

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ค่า Water activity (a_w)

ค่า a_w ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตอยู่ในช่วง 0.708 ถึง 0.712 (Table 2) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 3) พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยหลัก และอิทธิพลเดี่ยวของปัจจัยหลัก คือ ชนิดของโยเกิร์ตและปริมาณกลูโคสซีรัป ไม่มีผลต่อค่า a_w ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต ($p\geq0.05$) อาจเนื่องจากกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ถูกแกะออกจากแม่พิมพ์ได้สัมผัสกับแป้งข้าวโพดอบในขั้นตอนการทำแห้งเยลลี่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งแป้งข้าวโพดอบมีค่า a_w เท่ากับ 0.111 ทำให้น้ำอิสระของกัมมี่เยลลี่เคลื่อนที่เข้ามาอยู่ในแป้งข้าวโพดได้ ดังจะเห็นได้ว่าแป้งข้าวโพดอบหลังจากคลุกกับเยลลี่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่า a_w สูงขึ้น คืออยู่ในช่วง 0.571-0.596 (ไม่แสดงข้อมูล) การทำแห้งเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการผลิตกัมมี่เยลลี่ ทำให้ได้กัมมี่เยลลี่ที่มีลักษณะผิวแห้ง ไม่เหนียวติดมือ ลดปริมาณน้ำอิสระ และมีส่วนในการกำหนดความแข็งและความนุ่มเหนียวของผลิตภัณฑ์ [15] และเมื่อเปรียบเทียบกับกัมมี่เยลลี่ทั่วไป พบว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตและกัมมี่เยลลี่มีค่า a_w ใกล้เคียงกัน [15, 16, 17] ถึงแม้ว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมีส่วนผสมที่แตกต่างจากกัมมี่เยลลี่ทั่วไปก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตในงานวิจัยนี้มีการใช้แป้งข้าวโพดอบแห้งช่วยดึงน้ำอิสระออกจากผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นจากการเติมโยเกิร์ต จึงสามารถจับน้ำอิสระของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตได้มากขึ้น ซึ่งอาจเทียบเท่ากับการลดปริมาณน้ำอิสระโดยการทำแห้งหรือโดยการใช้น้ำตาลและกลูโคสซีรัปปริมาณมากของกัมมี่เยลลี่ทั่วไป

3.2 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

ค่า pH ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตอยู่ในช่วง 3.84-4.04 (Table 2) และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 3) พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักทั้งสองมีผลต่อค่า pH ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต ($p=0.022$) โดยเมื่อใช้โยเกิร์ตชนิด A และกลูโคสซีรัป 12.5% ทำให้กัมมี่เยลลี่มีค่า pH สูงที่สุด ($p<0.05$) และเมื่อใช้โยเกิร์ตชนิด AB mix และกลูโคสซีรัป 17.5% ทำให้กัมมี่เยลลี่มีค่า pH ต่ำที่สุด ($p<0.05$)

Table 2 Water activity (a_w) and pH of yoghurt gummy jelly

Yoghurt	Glucose syrup (%)	a_w^{ns}	pH
A	12.5	0.712 ± 0.004	4.036^{a} ± 0.032
	15	0.710 ± 0.005	4.006^{b} ± 0.011
	17.5	0.710 ± 0.004	3.959^{c} ± 0.019
AB mix	12.5	0.711 ± 0.005	3.964^{c} ± 0.031
	15	0.711 ± 0.008	3.894^{d} ± 0.035
	17.5	0.708 ± 0.010	3.842^{e} ± 0.018

^{ns} indicates nonsignificance ($p\geq0.05$)

Means with different superscript letters (a-e) within the same column are significantly different at $p<0.05$

Science34-N3.indd 60 30/6/2569 BE 12:48

Table 3 Factorial ANOVA summary table showing the main effects and their interaction effects of water activity, pH and color values

Sources of Variation		a_w	pH	L*	a*	b*
YG	SS	4.167E-6	0.134	1.728	5.907	41.501
	Df	1	1	1	1	1
	MS	4.167E-6	0.134	1.728	5.907	41.501
	F-value	0.147	198.931	6.686	2475.589	442.933
	p-value	0.703	0.000	0.013	0.000	0.000
GS	SS	4.226E-5	0.089	32.593	0.123	1.437
	Df	2	2	2	2	2
	MS	2.113E-5	0.045	16.297	0.062	0.718
	F-value	0.744	66.065	63.050	25.818	7.667
	p-value	0.481	0.000	0.000	0.000	0.001
YG x GS	SS	2.411E-5	0.006	9.532	0.270	27.854
	Df	2	2	2	2	2
	MS	1.206E-5	0.003	4.766	0.135	13.927
	F-value	0.424	4.126	18.438	56.611	148.637
	p-value	0.657	0.022	0.000	0.000	0.000

YG = Yoghurt, GS = Glucose syrup, YG x GS = interaction of YG and GS, SS = Sum of Square, df = Degree of freedom, MS = Mean Square

Science34-N3.indd 61 30/6/2569 BE 12:48

Table 4 Factorial ANOVA summary table showing the main effects and their interaction effects of instrumental texture values

Sources of Variation		Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess (g)
YG	SS	164154.257	0.016	0.000	108097.271
	Df	1	1	1	1
	MS	164154.257	0.016	0.000	108097.271
	F-value	9.672	0.568	3.041	8.042
	p-value	0.002	0.452	0.083	0.005
GS	SS	159989.224	0.182	0.012	58655.452
	Df	2	2	2	2
	MS	79994.612	0.091	0.006	29327.726
	F-value	4.713	3.219	59.773	2.182
	p-value	0.010	0.042	0.000	0.116
YG x GS	SS	2473.904	0.141	0.004	21513.741
	Df	2	2	2	2
	MS	1236.952	0.070	0.002	10756.871
	F-value	0.073	2.484	19.931	0.800
	p-value	0.930	0.086	0.000	0.451

YG = Yoghurt, GS = Glucose syrup, YG x GS = interaction of YG and GS, SS = Sum of Square, df = Degree of freedom, MS = Mean Square

Science34-N3.indd 62 30/6/2569 BE 12:48

3.3 ลักษณะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 4) พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักไม่มีผลต่อค่า Hardness ($p \geq 0.05$) แต่ปัจจัยเดี่ยวคือชนิดของโยเกิร์ตและกลูโคสซีรัปมีอิทธิพลต่อค่า Hardness ($p=0.002$ และ $p=0.010$ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของปัจจัยหลักคือชนิดของโยเกิร์ต (Table 6) พบว่า โยเกิร์ตชนิด AB mix ทำให้ค่า Hardness ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตสูงกว่าโยเกิร์ตชนิด A ($p<0.05$) เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระในกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตทุกทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์สันนิษฐานว่าเกิดจากการสร้างโครงข่ายพันธะระหว่างโปรตีน (Protein cross-linking) ภายในเมทริกซ์เจล ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทั้งชนิดโคเวเลนต์และไม่ใช่โคเวเลนต์ (Non-covalent bond) เช่น พันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก ในกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตนี้ พันธะโคเวเลนต์เกิดขึ้นได้หลายทาง เช่น การเชื่อมระหว่างกรดอะมิโนกลูตามีนและไลซีนด้วยเอนไซม์ MTGase หรืออาจเกิดจากพันธะไดซัลไฟด์เชื่อมระหว่างกรดอะมิโนซิสเทอีนของโปรตีนเวย์ [14, 18] ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างความแข็งให้กับเมทริกซ์เจล เนื่องจากกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ใช้โยเกิร์ตชนิด AB mix มีปริมาณโปรตีนสูงกว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ใช้โยเกิร์ต A เพียงอย่างเดียว (จากการแทนที่น้ำบางส่วนในสูตรด้วยโยเกิร์ตชนิด B) จึงส่งผลให้ภายในเมทริกซ์เจล เกิดการสร้างโครงข่ายพันธะระหว่างโปรตีนได้จำนวนมากกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งสูงกว่า นอกจากนั้นโยเกิร์ตชนิด AB mix มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงกว่าโยเกิร์ตชนิด A ซึ่งน้ำตาลซูโครสช่วยให้เจลาตินเกิดเป็นโครงสร้างเจลที่แข็งแรงขึ้น [19] จึงช่วยเสริมความแข็งของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของปัจจัยหลักคือปริมาณกลูโคสซีรัป พบว่า เมื่อใช้กลูโคสซีรัปในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของกัมมี่เยลลี่สูงขึ้น (Table 7) สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลูโคสซีรัป ทำให้กัมมี่เยลลี่มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น [3, 8] และเจลมีค่า G* (Complex modulus) สูงขึ้น [6]

ค่า Springiness หรือค่าความยืดหยุ่น เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการคืนตัวของวัสดุหลังการเสียรูป ถือเป็นตัวชี้วัดความยืดหยุ่น (Elasticity) ของโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ [20] เมื่อนำมาวัดในผลิตภัณฑ์เยลลี่ สามารถบอกได้ถึงความเด้งกลับหลังการเสียรูปของผลิตภัณฑ์ เช่น หลังการกดครั้งที่ 1 ในการทดสอบ TPA หรือหลังการเคี้ยว เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมของโยเกิร์ตและกลูโคสซีรัปไม่มีผลต่อค่า Springiness ($p \geq 0.05$) แต่อิทธิพลของปัจจัยหลักคือกลูโคสซีรัปมีผลต่อค่า Springiness ($p=0.042$) (Table 4) โดยพบว่า เมื่อปริมาณกลูโคสซีรัปเพิ่มขึ้น ค่า Springiness เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) (Table 7) เนื่องจากกลูโคสซีรัปสามารถขัดขวางการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครส ทำให้น้ำตาลซูโครสอยู่ในรูปอสัณฐาน (Amorphous sucrose) ผ่านกลไกการเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature) และการเพิ่มขึ้นของอันตรกิริยากับโมเลกุลอื่น ทำให้กัมมี่เยลลี่มีความคืนตัวแบบยืดหยุ่น (Elasticity recovery) [4, 5]

ค่า Gumminess เป็นพลังงานที่ต้องใช้ในการสลายตัวของอาหารกึ่งของแข็ง (Semi-solid food) จนพร้อมที่จะกลืน สามารถใช้บอกความหนืบของผลิตภัณฑ์ [20] เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมของโยเกิร์ตและกลูโคสซีรัปไม่มีผลต่อค่า Gumminess ($p \geq 0.05$) แต่อิทธิพลของปัจจัยหลักคือชนิดของโยเกิร์ตมีผลต่อค่า Gumminess ($p=0.005$) (Table 4) โดยพบว่า ค่า Gumminess ของกัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ตชนิด AB mix มีค่าสูงกว่าของกัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ตชนิด A ($p<0.05$) (Table 6) ทั้งนี้เนื่องจากโยเกิร์ตชนิด AB mix มีโปรตีนจำนวนมากกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างโครงข่ายพันธะระหว่างโปรตีน (Protein Cross-linking) ภายในเมทริกซ์เจล โครงข่ายโปรตีนที่แข็งแรงนี้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มี Hardness สูงขึ้น

Science34-N3.indd 63 30/6/2569 BE 12:48

Table 5 Effect of yoghurt and glucose syrup on instrumental texture values (Interaction effect)

Yoghurt	Glucose syrup (%)	Hardness^{ns} (g)	Springiness^{ns}	Cohesiveness	Gumminess^{ns} (g)
A	12.5	1720.968 ± 154.555	1.061 ± 0.203	0.889^{c} ± 0.014	1529.885 ± 133.571
	15	1756.256 ± 128.909	1.054 ± 0.066	0.906^{a} ± 0.005	1591.843 ± 117.516
	17.5	1799.272 ± 85.602	1.095 ± 0.092	0.878^{d} ± 0.008	1579.711 ± 74.736
AB mix	12.5	1791.365 ± 133.831	1.008 ± 0.253	0.895^{b} ± 0.10	1602.686 ± 113.415
	15	1808.922 ± 127.849	1.138 ± 0.175	0.891^{bc} ± 0.11	1611.852 ± 121.344
	17.5	1857.401 ± 140.523	1.118 ± 0.145	0.880^{d} ± 0.10	1633.937 ± 125.797

Means with different superscript letters (a-d) within the same column are significantly different at $p<0.05$

^{ns} indicates nonsignificance ($p\geq0.05$)

Table 6 Effect of yoghurt type on instrumental texture values (Main effect only)

Yoghurt	Hardness (g)	Springiness^{ns}	Gumminess (g)
A	1758.832^{b} ± 39.216	1.070 ± 0.022	1567.146^{b} ± 32.834
AB mix	1819.230^{a} ± 34.203	1.089 ± 0.070	1616.158^{a} ± 16.064

Means with different superscript letters (a-b) within the same column are significantly different at $p<0.05$

^{ns} indicates nonsignificance ($p\geq0.05$)

Table 7 Effect of glucose syrup concentration on instrumental texture values (Main effect only)

Glucose syrup (%)	Hardness (g)	Springiness	Gumminess^{ns} (g)
12.5	1756.167^{b} ± 147.664	1.035^{b} ± 0.229	1566.285 ± 128.216
15.0	1782.589^{ab} ± 130.028	1.096^{a} ± 0.138	1601.847 ±118.857
17.5	1828.337^{a} ± 119.025	1.107^{a} ± 0.121	1606.824 ± 106.166

Means with different superscript letters (a-b) within the same column are significantly different at $p<0.05$

^{ns} indicates nonsignificance ($p\geq0.05$)

Science34-N3.indd 64 30/6/2569 BE 12:48

และเนื่องจากค่า Gumminess เป็นผลคูณระหว่าง Hardness และ Cohesiveness การเพิ่มขึ้นของ Hardness จึงเป็นตัวกำหนดหลักที่ทำให้ค่า Gumminess ที่คำนวณได้มีค่าสูงตามไปด้วย

เมื่อวิเคราะห์ค่า Cohesiveness หรือค่าการยึดเกาะกันภายในผลิตภัณฑ์พบว่ามีค่า 0.878-0.906 (Table 5) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 4) พบว่าอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักมีผลต่อค่า Cohesiveness ($p=0.000$) โดยพบว่ากัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ต AB mix และกลูโคสซีรัป 17.5% มีค่า Cohesiveness ต่ำที่สุด ($p<0.05$) Wang et al. [6] พบว่า การใช้ความเข้มข้นของเจลาตินและความเข้มข้นของกลูโคสซีรัปที่สูง ทำให้เกิดการแยกวัฏภาคในระดับจุลภาคของเจลที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายผสมให้สูงเกินกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤติ (Critical Concentration) มากขึ้น จะเห็นการแยกวัฏภาคที่ชัดเจนขึ้นระหว่างวัฏภาคที่อุดมไปด้วยเจลาติน (Gelatin-rich phase) และวัฏภาคที่อุดมไปด้วยกลูโคสซีรัป (Glucose syrup-rich phase) ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่อธิบายได้ว่าค่า Cohesiveness ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตในงานวิจัยนี้มีค่าต่ำลงเมื่อเพิ่มปริมาณกลูโคสซีรัปหรือปริมาณโปรตีน เนื่องจากเกิดการแยกวัฏภาคของโปรตีนและกลูโคสซีรัป ทำให้ความต่อเนื่องของพันธะที่เกิดขึ้นภายในเยลลี่ลดลง การยึดเกาะกันภายในจึงมีค่าลดลง นอกจากนี้ Wang et al. [6] ยังพบว่า เจลที่มีการแยกวัฏภาคมาก มีค่า G* (Complex modulus) สูงกว่าเจลที่มีการแยกวัฏภาคน้อย เนื่องจากการสร้างพันธะที่แข็งแรงมากขึ้นภายในวัฏภาคชนิดเดียวกัน ทำให้เจลมีความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่มีค่า Cohesiveness ต่ำ มีค่า Hardness สูง อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้โยเกิร์ตชนิด A ร่วมกับกลูโคสซีรัปในปริมาณ 12.5% กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมีค่า Cohesiveness ต่ำ และ Hardness ต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า โปรตีนและกลูโคสซีรัปในทรีตเมนต์นี้มีปริมาณค่อนข้างน้อยและน้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นทำให้เกิดพันธะทั้งระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกันและโมเลกุลต่างชนิดกันได้น้อย

3.4 ค่าสี

ค่าสีของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตแสดงได้ดัง Table 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 3) พบว่าอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักมีผลต่อค่า L*, a* และ b* ($p=0.000$) โดยพบว่ากัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ต AB mix และกลูโคสซีรัปร้อยละ 17.5 มีค่า L* ต่ำที่สุด และมีค่าสี a* และ b* สูงที่สุด ($p<0.05$) การเปลี่ยนแปลงของค่าสีนี้อาจ

Table 8 Color values (L*, a* and b*) of yoghurt gummy jelly

Yoghurt	Glucose syrup (%)	L*	a*	b*
A	12.5	$48.878^{a} \pm 0.303$	$-1.094^{d} \pm 0.070$	$12.217^{c} \pm 0.253$
	15	$47.973^{b} \pm 0.781$	$-1.116^{de} \pm 0.020$	$11.122^{d} \pm 0.548$
	17.5	$46.017^{e} \pm 0.460$	$-1.156^{e} \pm 0.082$	$10.071^{e} \pm 0.213$
AB mix	12.5	$47.717^{bc} \pm 0.382$	$-0.621^{c} \pm 0.034$	$12.253^{c} \pm 0.264$
	15	$47.259^{cd} \pm 0.430$	$-0.419^{b} \pm 0.018$	$12.793^{b} \pm 0.210$
	17.5	$46.819^{d} \pm 0.555$	$-0.341^{a} \pm 0.029$	$13.623^{a} \pm 0.198$

Means with different superscript letters (a-e) within the same column are significantly different at $p<0.05$

Science34-N3.indd 65 30/6/2569 BE 12:48

เนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิด Maillard reaction ที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ในกลูโคสซีรัปกับโปรตีน (จากเจลาติน โยเกิร์ต A และโยเกิร์ต B) ซึ่งทำให้เกิดสารสีน้ำตาล นอกจากนี้ โยเกิร์ต B เองก็มีส่วนช่วยเสริมค่าสี a* และ b* ให้สูงขึ้น และค่า L* ให้ต่ำลง เนื่องจากมีสีเหลืองอ่อนแกมส้มซึ่งเป็นสีเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดนี้ และเมื่อใช้ปริมาณกลูโคสซีรัปเท่ากัน กัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ต AB mix จะมีค่าสี a* และค่าสี b* สูงกว่า ขณะที่ค่า L* ต่ำกว่า ($p<0.05$) กัมมี่เยลลี่ที่ใช้โยเกิร์ต A

3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้คัดเลือกกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตจาก 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ทรีตเมนต์ที่มีการใช้โยเกิร์ต A ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 17.5, โยเกิร์ต AB mix ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 12.5, โยเกิร์ต AB mix ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 15.0 และโยเกิร์ต AB mix ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 17.5 โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่มีค่า Springiness และ Gumminess ใกล้เคียงกับค่า Springiness และ Gumminess ของกัมมี่เยลลี่ทางการค้า (เท่ากับ 1.592 ± 0.423 และ 1636.432 ± 114.560 g ตามลำดับ) เนื่องจากเป็นค่าที่แสดงถึงความเด้งหนึบของผลิตภัณฑ์และกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.00 เพื่อให้มีความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ ผลการทดลอง (Table 9) พบว่า คะแนนความชอบกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตทางด้านลักษณะปรากฏและสีของทุกทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) แต่คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่มีการใช้โยเกิร์ต AB mix ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 15.0 และ17.5 ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันในระดับคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบมาก ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมได้ให้เหตุผลของการให้คะแนนของทั้งสองทรีตเมนต์ว่าได้รับรสเปรี้ยวและกลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะของโยเกิร์ตมากกว่า รวมทั้งสัมผัสได้ถึงความเด้งหนึบของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมากกว่า ลักษณะดังกล่าวอาจเป็นเพราะปริมาณโยเกิร์ตที่เพิ่มขึ้นช่วยทำให้รสชาติและกลิ่นรสของโยเกิร์ตในกัมมี่เยลลี่ชัดเจนขึ้น ประกอบกับปริมาณกลูโคสซีรัปที่เพิ่มขึ้นไปเพิ่มค่า Springiness และ Gumminess ซึ่งผู้ทดสอบชิมสามารถรับรู้ถึงเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่นได้ดีขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตทั้งสองทรีตเมนต์มีค่าความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยในสูตรของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต

Table 9 Sensorial properties of yoghurt gummy jelly

Yoghurt	Glucose syrup (%)	Appearance^{ns}	Color^{ns}	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
A	17.5	8.22 ± 0.76	8.08 ± 0.80	6.00^{c} ± 1.28	6.52^{c} ± 1.07	7.38^{b} ± 0.81	6.80^{b} ± 0.76
AB mix	12.5	8.20 ± 0.83	8.12 ± 0.72	7.00^{b} ± 1.03	6.88^{b} ± 1.08	6.18^{c} ± 1.17	6.44^{c} ± 1.07
AB mix	15	8.24 ± 0.59	8.10 ± 0.61	7.66^{a} ± 0.75	7.64^{a} ± 0.83	7.60^{ab} ± 0.83	7.72^{a} ± 0.62
AB mix	17.5	8.22 ± 0.74	8.16 ± 0.71	7.62^{a} ± 0.73	7.70^{a} ± 0.68	7.78^{a} ± 0.74	7.76^{a} ± 0.62

Means with different superscript letters (a-c) within the same column are significantly different at $p<0.05$

^{ns} indicates nonsignificance ($p\geq0.05$)

Science34-N3.indd 66 30/6/2569 BE 12:48

ทั้งสองทรีตเมนต์ที่ผู้บริโภคยอมรับสูงที่สุดมีปริมาณของน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปรวมกันร้อยละ 30.0 และ 32.5 และเมื่อเทียบกับกัมมี่เยลลี่ทางการค้าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตทั้งสองทรีตเมนต์สามารถลดปริมาณของน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปรวมกันลงได้ร้อยละ 66 และ 64 ตามลำดับ

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้โยเกิร์ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยเป็นแหล่งของโปรตีนในการผลิตกัมมี่เยลลี่ และศึกษาปริมาณกลูโคสซีรัปที่ใช้ในสูตรการผลิตกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปให้ต่ำกว่าปริมาณที่ใช้กันทั่วไปในกัมมี่เยลลี่ ผลการศึกษาพบว่า กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ได้มีค่า a_w ไม่แตกต่างกัน อิทธิพลร่วมของชนิดของโยเกิร์ตและปริมาณกลูโคสซีรัปมีผลต่อค่า pH และ Cohesiveness และค่าสี L* a* b* ของกัมมี่เยลลี่โยเกิร์ต แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว พบว่า เมื่อใช้โยเกิร์ตสองชนิดร่วมกัน (มีโปรตีนมากกว่าและความเป็นกรดสูงกว่าโยเกิร์ตชนิดเดียว) สามารถทำให้กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมีค่า Hardness และ Gumminess สูงกว่า และเมื่อใช้ปริมาณกลูโคสซีรัปมากขึ้นทำให้กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตมี Hardness และ Springiness สูงขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่ากัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่ใช้โยเกิร์ตสองชนิดร่วมกันและใช้กลูโคสซีรัปร้อยละ 15 และ 17.5 มีการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ผสมโยเกิร์ตลงในสูตรกัมมี่เยลลี่น้ำตาลต่ำโดยใช้โยเกิร์ตในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของสูตร และสามารถลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและกลูโคสซีรัปรวมกันลงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 64 ของปริมาณที่ใช้ในกัมมี่เยลลี่ทางการค้า โดยยังได้กัมมี่เยลลี่โยเกิร์ตที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนให้งานวิจัยนี้จนเสร็จสมบูรณ์

6. References

[1] Thai Industrial Standards Institute, 2004, Thai Community Product Standard for Frozen Dried Jelly (No. 520/2547), Available Source: https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps520_47.pdf, October 27, 2025. (in Thai)

[2] Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N. and Schebor, C., 2021, Development and characterization of two gelatin candies with alternative sweeteners and fruit bioactive compounds, LWT-Food Sci. Technol. 141: 110894.

[3] Marfil, P.H.M., Anhê, A.C.B.M. and Telis, V.R.N., 2012, Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections, Food Biophys. 7: 236-243.

[4] Tjuradi, P. and Hartel, R.W., 1995, Corn syrup oligosaccharide effects on sucrose crystallization, J. Food Sci. 60(6): 1353-1356.

[5] Gabarra, P. and Hartel, R.W., 1998, Corn syrup solids and their saccharide fractions affect crystallization of amorphous sucrose, J. Food Sci. 63(3): 523-528.

[6] Wang, R., Hartel, R.W., Wu, J., Liu, Q., Wang, J. and Wang, S., 2024, Phase separation phenomena in gelatin-glucose syrup mixtures: microstructures and gel

Science34-N3.indd 67 30/6/2569 BE 12:48

characterization, Food Hydrocolloids. 148: 109378.

[7] Hull, P., 2010, Glucose Syrup: Technology and Applications, Wiley-Blackwell, United Kingdom, 392 p.

[8] Meesang, S., Wuttijumnong, P., Pongsawatmanit, R. and Chenputhi, S., 2003, Effect of Gelatin Sucrose/Glucose Syrup Ratio and Citric Acid on Physical Properties and Sensory Quality of Gummy Jelly Product, Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry, Thailand Research Fund, Bangkok, pp. 20-27 (in Thai)

[9] Tamime, A.Y. and Deeth, H.C., 1980, Yoghurt: technology and biochemistry, J. Food Prot. 43(12): 939-977.

[10] Tamime, A.Y., Marshall, V.M.E. and Robinson, R.K., 1995, Microbiological and technological aspects of milks fermented by bifidobacteria, J. Dairy Res. 62(1): 151-187.

[11] Aljawad, A., Morgan, M.Z., Fairchild, R. and Rees, J.S., 2017, Investigation of the erosive potential of sour novelty sweets, Br. Dent. J. 222(8): 613–620.

[12] Alani, B.W., Qasim, A.A. and Mohammad, F.A., 2024, Effect of different chocolate and candy in enamel surface loss of human permanent and primary teeth, an *in vitro* study, Rom. J. Stomatol. 70(3): 263-271.

[13] Kaya, I.H., 2019, Confectionery and child consumers: situation and solution proposals, Food Nutr. Sci. 10: 893-899.

[14] Damodaran, S. and Paraf, A., 1997, Food Proteins and Their Applications, Marcel Dekker Inc., New York, 694 p.

[15] Delgado, P. and Bañón, S., 2015, Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties, CyTA-J. Food 13(3): 329–335.

[16] Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., Leiva, G., Coronel, B.B. and Schebor, C., 2019, Development of healthy gummy jellies containing honey and propolis, J. Sci. Food Agric. 100: 1030-1037.

[17] Kaewpetch, K., Yolsuriyan, S., Disayathanoowat, T., Phokadem, P., Jannu, T., Renaldi, G., Samakrad hamrongthai, R.S., 2024, Influence of gelatin and propolis extract on honey gummy jelly properties: optimization using d-optimal mixture design, Gels 10(4): 282.

[18] Folk, J.E. and Finlayson, J.S., 1977, The ε-(γ-glutamyl)lysine crosslink and the catalytic role of transglutaminases, Adv. Protein Chem. 31: 1-133.

[19] Kasapis, S., Al-Marhoobi, I.M., Deszczynski, M., Mitchell, J.R. and Abeysekera, R., 2003, Galatin vs polysaccharide in mixture with sugar, Biomacromolecules 4(5): 1142-1149.

[20] Szczesniak, A.S., 2002, Texture is a sensory property, Food Qual. Prefer. 13(4): 215-225.

Science34-N3.indd 68 30/6/2569 BE 12:48