

ผลของสารก่อเจลต่อคุณภาพบางประการของมอสซาเรลล่าชีสจากพืช

Effect of gelling agent on selected properties of plant-based mozzarella cheese

จุฑามาศ สุขดี, เทพกัญญา หาญศิลวัต*, นพรัตน์ ปราบสงบ

Jutamart Sukdi, Thepkunya Harnsilawat*, Nopparat Prabsangob

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding author. E-mail address: thepkunya.h@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารก่อเจล (อะการ์และสารก่อเจลผสมระหว่างแคปปา-คาราจีแนนกับโลคัสบีนกันมที่อัตราส่วน 1:1) ที่ปริมาณ 3 ระดับคือ 1 1.5 และ 2% ต่อคุณภาพบางประการของมอสซาเรลล่าชีสจากพืช พบว่า ตัวอย่างชีสจากพืชมีลักษณะปรากฏเรียบเนียน มีสีขาวออกเหลือง มีค่าสี L^* อยู่ในช่วง 69.35–71.79, ค่า a^* อยู่ในช่วง (-0.34)–(-0.07) และค่า b^* อยู่ในช่วง 19.37–21.48 ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสและความสามารถในการหลอมเหลวของตัวอย่างชีสจากพืช ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อเจลส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ค่าความยืดหยุ่นและแรงยึดเกาะกันภายในมีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างชีสจากพืชที่ใช้อะการ์ 1.5% สามารถหลอมเหลวได้มากที่สุด ผลของการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนามอสซาเรลล่าชีสจากพืชได้

คำสำคัญ: ชีสจากพืช, มอสซาเรลล่าชีส, สารก่อเจล

Abstract

The objective of this research studied the effect of gelling agents (agar and a mixture of kappa-carrageenan and locust bean gum at a ratio of 1:1) at 3 levels of 1 1.5 and 2% on selected properties of plant-based mozzarella cheese. All plant-based cheese samples were a smooth appearance, yellowish white. The color value, L^* was in a range of 69.35–71.79, a^* was in a range of (-0.34)–(-0.07) and b^* was in a range of 19.37–21.48. The type and amount of gelling agent had an effect on the texture value and meltability ($p \leq 0.05$). When the amount of gelling agent increased, the hardness was increased but springiness and cohesiveness were decreased ($p \leq 0.05$). The plant-based cheese sample with 1.5% agar showed the highest meltability. Results from this study can be used as a guideline for the development of plant-based mozzarella cheese.

Keywords: gelling agent, mozzarella cheese, plant-based cheese

คำนำ

เนยแข็งหรือชีส (cheese) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโปรตีนในน้ำนม ส่วนใหญ่ใช้น้ำนมสัตว์เป็นวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจะนำนมหรือหางนมมาผสมกับเอนไซม์ หรือกรด หรือจุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนตกตะกอนแล้วแยกส่วนที่เป็นน้ำออก (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) ชีสจึงเป็นผลิตภัณฑ์จากนมที่มีปริมาณโปรตีนสูงและเป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็น อย่างไรก็ตาม ชีสจากน้ำนมสัตว์จะมีปริมาณไขมันรวม โดยเฉพาะไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอลสูง และในกระบวนการผลิตชีสจะได้ผลผลิตต่ำ ชีสจึงมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้ ชีสที่ทำจากพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อช่วยลดต้นทุนลดไขมันรวม ไขมันอิ่มตัว โคเลสเตอรอล และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและผู้บริโภคที่แพ้น้ำตาลแลคโตส (Boylston, 2022) โดยชีสจากพืช คือ ผลิตภัณฑ์ชีสแปรรูปที่มีส่วนผสมจากพืช บางสูตรอาจใช้เคซีนและเคซินเนตเพื่อขึ้นรูปโครงสร้างชีสและแทนที่ไขมันจากน้ำนมสัตว์ด้วยน้ำมันพืชและบางสูตรอาจผลิตโดยใช้โปรตีนจากพืชและน้ำมันพืชแทนทั้งหมด แม้ว่ากระบวนการทำชีสจากพืชจะคล้ายกับกระบวนการผลิตชีสจากน้ำนมสัตว์ แต่ความแตกต่างในสมบัติเชิงหน้าที่ของส่วนผสมจากน้ำนมสัตว์และส่วนผสมจากพืชมีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน คุณภาพของชีส ความสามารถในการละลายได้และละลายไม่ได้ของผลิตภัณฑ์ชีสแปรรูป (Boylston, 2022) โดยส่วนใหญ่ชีสที่ผลิตจากพืชจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสและความสามารถในการละลายได้ไม่ค่อยดีเมื่อเทียบกับชีสจากน้ำนมสัตว์ที่มีความยืดหยุ่นสูงและละลายได้ดี รวมถึงพืชบางชนิดมีกลิ่นเฉพาะที่แรงจึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น การพัฒนาชีสจากพืชให้มีรสชาติ เนื้อสัมผัส และความสามารถในการละลายเหมือนกับชีสที่ผลิตจากน้ำนมสัตว์จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยหนึ่งในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการพัฒนาออสซิลล่าชีสจากพืช คือ สารก่อเจล การเติมสารก่อเจลสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสและช่วยขึ้นรูปเป็นโครงสร้างชีสได้ โดยสารก่อเจลที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ อะการ์ และ แคปปา-คาราจีแนน มีคุณสมบัติเป็น Thermo-reversible gel สามารถละลายได้เมื่อโดนความร้อนและการผสมสารก่อเจลระหว่างแคปปา-คาราจีแนนและโลคัสบีนัม ช่วยทำให้โครงสร้างเจลแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แคปปา-คาราจีแนนเพียงชนิดเดียว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารก่อเจลต่อคุณภาพบางประการของออสซิลล่าชีสจากพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

สารก่อเจล ได้แก่ อะการ์, แคปปา-คาราจีแนน (kCAR) และ โลคัสบีนัม (LBG) (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ประเทศไทย) เม็ดมะม่วงหิมพานต์ (ตราเอโร่) (บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย) แป้งมันสำปะหลัง (ตราไบหยก) (บริษัท บางกอกอินดอร์ฟู้ด จำกัด, ประเทศไทย) โซเดียมซิเตรต (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ประเทศไทย) เกลือ (ตราปรุงทิพย์) (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย) น้ำมันมะพร้าว (ตราเนเชอรัล) (บริษัท ล้ำสูง จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย) กรดแลคติก (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ประเทศไทย) Nutritional Yeast (ตราออร์แกนิกชีดส์) (บริษัท เงินทองมั่งมี จำกัด, ประเทศไทย) ผงกระเทียม (บริษัท ผึ้งหลวง สไปซ์ จำกัด, ประเทศไทย) และ น้ำสะอาด

การเตรียมน้ำนมเม็ดมะม่วงหิมพานต์

เตรียมน้ำนมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยล้างเม็ดมะม่วงหิมพานต์และนำไปแช่ในน้ำสะอาดที่อัตราส่วนเม็ดมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำ = 1:10 น้ำหนัก/ปริมาตร แช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชม. จากนั้นแยกน้ำออก ซึ่งนำมาผสมกับเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อัตราส่วนเม็ดมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำ = 1:1.6 น้ำหนัก/ปริมาตร นำไปปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็ว

31000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และกรองกากออกด้วยกระชอน จะได้น้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Modified from Ahsan et al., 2015)

การเตรียมสารละลายของสารก่อเจล

การศึกษานี้ใช้สารก่อเจล 2 กลุ่ม ได้แก่: (1) อะการ์; และ (2) สารก่อเจลผสมของแคปปา-คาราจีแนนและโลคัส ปีนัม (kCAR-LBG) ที่อัตราส่วน 1:1 ซึ่งสารก่อเจลกับน้ำให้มีความเข้มข้น 2.2, 3.3 และ 4.3% เพื่อที่จะได้ความเข้มข้นของสารก่อเจลในสูตรชีสจากพืชเท่ากับ 1.00, 1.50 และ 2.00% น้ำหนัก/ปริมาตร จากนั้นค่อย ๆ เทสารลงในน้ำที่อุณหภูมิ 85 ± 2 °C และกวนผสมเป็นเวลา 1 นาที จนละลายสมบูรณ์ จะได้สารละลายเข้มข้นของสารก่อเจลเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในสูตรชีสจากพืชในข้อต่อไป (Modified from da Costa et al., 2020)

การเตรียมชีสจากพืช

เตรียมส่วนผสม ได้แก่ สารละลายของสารก่อเจลเข้มข้น 46.00% น้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 24.00% น้ำมันมะพร้าว 22.00% แป้งมันสำปะหลัง 4.00% โซเดียมซิเตรท 1.00% Nutritional yeast 1.07% ผงกระเทียม 1.07% เกลือ 0.50% และ กรดแลคติก 0.36% กำหนดน้ำหนักรวมสูตรชีสเท่ากับ 400 กรัม ผสมน้ำมันเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แป้งมันสำปะหลัง โซเดียมซิเตรท เกลือ กรดแลคติก Nutritional yeast และ ผงกระเทียม เข้าด้วยกัน ทำการปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็ว 31000 รอบต่อนาที นาน 6 วินาที ให้ส่วนผสมเป็นของเหลวเนื้อเดียวกัน เติมน้ำมันมะพร้าวและปั่นผสมต่ออีก 6 วินาที จากนั้นเติมสารก่อเจลที่เตรียมไว้ และปั่นผสมต่ออีก 10 วินาที รวมเวลาปั่นทั้งหมด 22 วินาที จนส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 78 ± 2 °C และกวนผสมนาน 1 นาที ตักตัวอย่างชีสที่ได้ใส่ในภาชนะแม่พิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดยาว 8 เซนติเมตร กว้าง 5.5 เซนติเมตร สูง 2.4 เซนติเมตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 ± 2 °C เป็นเวลา 24 ชม. จะได้ตัวอย่างมอสซาเรลล่าชีสจากพืช (Modified from Zeng, 2021) การศึกษานี้วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD ได้ทั้งหมด 6 ตัวอย่างคือ สารก่อเจล 2 กลุ่ม (อะการ์ และสารก่อเจลผสมระหว่างแคปปา-คาราจีแนนกับโลคัสปีนัม) ความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 1.00 1.50 และ 2.00% นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส

ตัดตัวอย่างชีสขนาด 15x15x15 มิลลิเมตร ใส่ในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิด วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25–27 °C เป็นเวลา 30 นาที และทำการวิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer วัดโดยกดตัวอย่างลง 60% ของความสูงของตัวอย่าง 2 ครั้ง โดยใช้หัววัดทรงกระบอกสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ที่ความเร็วในการทดสอบ 1.5 mm/s โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ และวัดค่าตัวอย่างละ 25 ครั้ง (Alinovi et al., 2020)

การวิเคราะห์ค่าสี

วัดค่าสี L^* , a^* , b^* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer ระบบ CIELAB L^* , a^* , b^* โดยใช้แหล่งแสงเป็น Daylight (D65) มีมุมของผู้สังเกตการณ์ 10 องศา นำตัวอย่างชีสขนาด 15x15x15 มิลลิเมตร บดโดยใช้มือให้เป็นเนื้อเดียวกันและใส่ในอุปกรณ์วัดสี จากนั้นไปวางที่เครื่องแล้วครอบด้วยฝาสีดำทรงกระบอกและวัดค่าสีของตัวอย่าง โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ และวัดค่าตัวอย่างละ 10 ครั้ง (Modified from Zhang et al., 2021)

การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายของชีส

นำตัวอย่างชีสรูปทรงครึ่งวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 มิลลิเมตร และสูง 5 มิลลิเมตร อุณหภูมิแช่เย็น $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ วางบนฝา Moisture can นำไปให้ความร้อนในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30°C เป็นเวลา 30 นาที ทำการวัดค่าการละลายของชีส โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชีสที่ละลาย (mm) และ คำนวณ % Meltability ทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ และวัดค่าตัวอย่างละ 10 ครั้ง (Modified from Zhang et al., 2021) ตาม Equation 1

$$\% \text{ Meltability} = \frac{\text{The diameter of heated cheese} - \text{the diameter of cheese before heating}}{\text{The diameter of cheese before heating}} \times 100 \quad (1)$$







การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 28.0 (Thaisoftup Co., Ltd., Thailand)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของสารก่อเจลต่อคุณภาพบางประการของมอสซาเรลล่าชีสจากพืช โดยศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารก่อเจลที่ต่างกัน ซึ่งชนิดของสารก่อเจล แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ อะการ์ (Agar) และ สารก่อเจลผสมของ แคปปา-คาราจีแนน (kCAR) และ โลคัสปีนัม (LBG) ที่อัตราส่วน 1:1 แปรความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 1.00 1.50 และ 2.00% ตามลำดับ ตัวอย่างที่เตรียมได้มีลักษณะปรากฏแสดงดัง Table 1

Table 1 Effect of gelling agent on the appearance of plant-based mozzarella cheese

Gelling agent	Amount (%)		
	1.00	1.50	2.00
Agar			
kCAR-LBG			

จาก Table 1 พบว่า ตัวอย่างชีสทุกตัวอย่างมีสีขาวออกเหลือง มีสีอ่อน สอดคล้องกับค่าสีที่แสดงใน Table 2 โดยตัวอย่างชีสจากพืชที่เตรียมได้มีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 69.35–71.79 ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) อยู่ในช่วง (-0.34) – (-0.07) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 19.37–21.48 เนื่องมาจากชีสจากพืชผลิตจากนํ้านมเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีสีขาวและมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ ลงไปเช่น สารก่อเจล Nutritional yeast ผงกระเทียม เป็นต้น จึงทำให้สีของชีสมีสีขาวออกเหลืองตามสีธรรมชาติ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏของตัวอย่างชีสที่เตรียมได้ พบว่า ตัวอย่างชีสทุกตัวอย่างมีลักษณะก้อนชีสมีผิวเรียบเนียน เป็นเนื้อเดียวกัน ยกเว้นตัวอย่างชีสที่ใช้สารก่อเจลผสมระหว่าง kCAR-LBG ที่

ความเข้มข้น 2% มีผิวไม่เรียบเนียน ลักษณะผิวแตกและขรุขระ อาจเป็นผลจากปริมาณของสารก่อเจลที่สูง โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อเจลในระดับหนึ่ง ทำให้สารละลายของสารก่อเจลผสมมีความข้นหนืดสูง เมื่อนำสารผสมที่มีความข้นหนืดมากผสมกับส่วนอื่น ๆ ในสูตร จึงมีผลให้ส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เนื้อชีสที่ได้จึงมีผิวไม่เรียบเนียน

เมื่อพิจารณาค่าคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส (Table 2) พบว่า ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างชีสจากพืช โดยชีสจากพืชที่มีการเติมสารก่อเจล ส่งผลให้มีค่าความแข็ง (Hardness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ชีสที่มีการใช้ kCAR-LBG 1.5% ให้ค่าความแข็งมากที่สุด และชีสที่มีการใช้อะการ์ 1% ให้ค่าความแข็งต่ำที่สุด ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และ แรงยึดเกาะกันภายใน (Cohesiveness) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารก่อเจลส่งผลให้ค่าความแข็งของตัวอย่างชีสจากพืชมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ค่าความยืดหยุ่นและแรงยึดเกาะกันภายในมีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลของชนิดของสารก่อเจล พบว่า ตัวอย่างชีสที่ใช้สารก่อเจลผสม (kCAR-LBG) มีค่าคุณภาพทางเนื้อสัมผัสมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้อะการ์เพียงชนิดเดียว การที่ปริมาณของสารก่อเจลมีผลต่อค่าความแข็งอาจเป็นผลจากปริมาณน้ำในสูตรมีปริมาณลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaya et al. (2015) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลป-คาราจีแนนที่ผสมกับกลูโคแมนแนนในตัวอย่างเจลที่ผลิตจากส่วนผสมของคาราจีแนนและกลูโคแมนแนน มีผลให้ค่า Gel strength และ Gel hardness มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณสารก่อเจลมีผลต่อค่าความแข็ง เนื่องจากเจลที่เกิดขึ้นในระบบเกิดโครงสร้างเป็น Double helixes โดยโครงสร้างนี้จะรวมตัวกันเป็นร่างแหพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างสามมิติมีความแข็งแรงมากขึ้น ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในตัวอย่าง จึงทำให้โครงสร้างที่เกิดขึ้นในระบบมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้โครงร่างตาข่ายของเจลมีความแข็งแรงและมีความคงตัวมากขึ้น เจลที่ได้จะมีความแข็งแรงสูง (Langendorff et al., 1999)

Table 2 Effect of gelling agent at different concentrations on color and texture of plant-based mozzarella cheese

Gelling agent	Amount (%)	Color			Texture		
		L*	a*	b*	Hardness (N)	Springiness	Cohesiveness
Agar	1.00	70.96±0.64 ^{ab}	-0.34±0.12 ^b	20.21±0.86 ^{bc}	137.86±3.89 ^f	0.59±0.02 ^{ab}	0.42±0.03 ^a
	1.50	69.99±0.50 ^{bc}	-0.07±0.04 ^a	21.25±0.25 ^a	169.60±4.90 ^e	0.54±0.11 ^{cb}	0.33±0.08 ^b
	2.00	69.35±1.64 ^c	-0.23±0.13 ^{ab}	21.48±1.31 ^a	266.26±3.86 ^c	0.33±0.08 ^d	0.18±0.04 ^c
kCAR-LBG	1.00	71.15±0.97 ^{ab}	-0.27±0.20 ^b	20.58±0.33 ^{ab}	236.55±3.78 ^d	0.64±0.06 ^a	0.41±0.02 ^a
	1.50	71.23±0.69 ^a	-0.25±0.06 ^b	19.37±0.65 ^c	292.11±3.96 ^a	0.58±0.02 ^{ab}	0.37±0.04 ^{ab}
	2.00	71.79±0.97 ^a	-0.27±0.16 ^b	20.63±0.35 ^{ab}	279.77±4.48 ^b	0.44±0.07 ^c	0.31±0.03 ^b

^{a-f} Means within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Fig. 1 แสดงผลของสารก่อเจลต่อความสามารถในการหลอมเหลวของตัวอย่างมอสซarellaชีสจากพืช พบว่า ชีสจากพืชที่มีการเติมสารก่อเจลทั้ง 2 กลุ่มมีค่าความสามารถในการหลอมเหลวที่ 4–24% โดยตัวอย่างชีสจากพืชสามารถหลอมเหลวได้เมื่อโดนความร้อน เนื่องจากสารก่อเจลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็น Thermo-reversible gel ซึ่งสามารถก่อเจลและหลอมละลายเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Imeson, 1997) เมื่อพิจารณาผลของชนิดและปริมาณสารก่อเจลในการศึกษานี้ พบว่า ชีสที่เติมอะการ์ 1.5% สามารถหลอมเหลวได้มากที่สุด ในขณะที่ตัวอย่างชีสที่เติม kCAR-LBG 2% ไม่พบการหลอมเหลว ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอุณหภูมิในการหลอมเหลวแปรผันตามปริมาณสารก่อเจล เมื่อปริมาณสารก่อเจลมากขึ้นอาจส่งผลให้อุณหภูมิในการหลอมเหลวสูงขึ้น (Nayar et al., 2012) ตัวอย่างชีสที่มีสารก่อเจลปริมาณมาก จึงมีค่าความสามารถในการหลอมเหลวต่ำกว่าตัวอย่างชีสที่มีสารก่อเจลปริมาณน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Solowiej (2012) ที่ศึกษาผลของการเติม Kappa-carrageenan ในปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสและ

ความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์เลียนแบบชีส พบว่า เมื่อปริมาณ Kappa-carrageenan เพิ่มขึ้นจาก 0.05 ถึง 0.3% ทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ชีสเพิ่มขึ้น แต่ค่าแรงยึดติดและความสามารถในการหลอมละลายลดลง

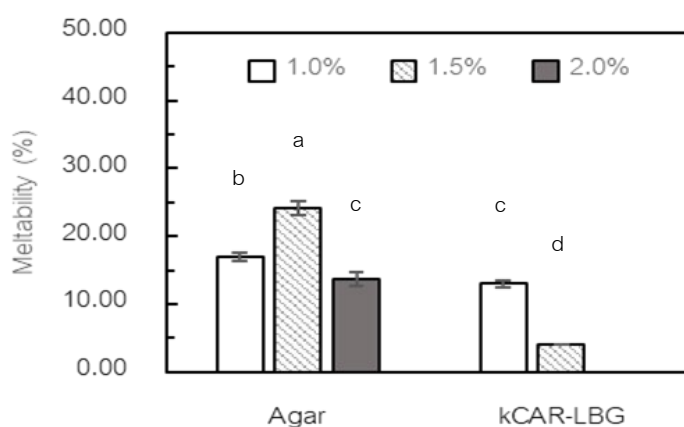


Fig. 1 Effect of gelling agent at different concentrations on meltability of plant-based mozzarella cheese. kCAR = Kappa-carrageenan; LBG = Locust bean gum. Lowercase letter means for cheese at the same storage time with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาผลของสารก่อเจลต่อคุณภาพบางประการของมอสซาเรลล่าชีสจากพืช พบว่า ชนิดและปริมาณของสารก่อเจลมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสและความสามารถในการหลอมเหลวของชีส โดยตัวอย่างชีสจากพืชมีค่าสี ความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 69.35–71.79 ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) อยู่ในช่วง (-0.34)–(-0.07) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 19.37–21.48 มีค่าความแข็งแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณและชนิดสารก่อเจล ตัวอย่างที่ใช้สารก่อเจลผสม ได้แก่ kCAR ผสม LBG ที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความแข็งสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ฮะการเป็นสารก่อเจลชนิดเดียว แต่ให้ความสามารถในการหลอมเหลวของตัวอย่างได้น้อยกว่า ส่วนตัวอย่างชีสที่ใช้ฮะการ 1.5% สามารถหลอมเหลวได้มากที่สุด จากงานวิจัยนี้ได้เลือกชีสที่ใช้ฮะการ 1.5% เป็นแนวทางในการพัฒนามอสซาเรลล่าชีสจากพืชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เทพกัญญา หาญศีลวัต อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก และ รศ.ดร.นพรัตน์ ปรามสงบ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระร่วมที่ได้ช่วยเหลือในระหว่างการทำวิจัยมาจนสำเร็จจุลวงไป ด้วยดี รวมทั้งขอขอบพระคุณการให้ทุนสนับสนุนในการนำเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 61 ของคณะอุตสาหกรรมเกษตรมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 209) พ.ศ.2543 เรื่องเนยแข็ง. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118, ตอนพิเศษ 6 ง. (ลงวันที่ 24 มกราคม พ.ศ.2544).

Ahsan, S., Zahoor, T., Hussain, M., Khalid, N., Khaliq, A., Umar, M. 2015. Preparation and quality characterization of soy milk based non-dairy ice cream. Int. j. adv. appl. sci. 01: 21–27.

- Alinovia, M., Corredig, M., Mucchetti, G., Carini, E. 2020. Water status and dynamics of high-moisture mozzarella cheese as affected by frozen and refrigerated storage. *Food Res Int.* 137: 1–12.
- Boylston, T. D. 2022. The use of vegetable ingredients in processed cheese. In: El-Bakry, M. and Mehta, B.M. (Eds.). *Processed Cheese Science and Technology*. E-Publishing Inc, New York, NY, USA, pp. 113–125.
- Da Costa, J. N., Leal, A. R., Nascimento, L. G. L., Rodrigues, D. C., Muniz, C. R., Figueiredo, R. W., Mata, P., Noronha, J. P., de Sousa, P. H. M. 2020. Texture, microstructure and volatile profile of structured guava using agar and gellan gum. *Int. J. Gastron. Food Sci.* 20: 1–8.
- Imeson, A. 1997. *Thickening and Gelling Agents for Food*. Second edition. Blackie Academic & Professional. London.
- Kaya, A. O. W., Suryani, A., Santoso, J., Rusli, M. S. 2015. The effect of gelling agent concentration on the characteristic of gel produced from the mixture of semi-refined carrageenan and glucomannan. *Int. j. sci.: basic appl. res.* 20(1): 313–324.
- Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., Kruif, C. G. D. 1999. Casein micelle/iota carrageenan in interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocoll.* 13(3): 211–218.
- Nayar, V. T., Weiland, J. D., Nelson, C. S., Hodge, A. M. 2012. Elastic and viscoelastic characterization of agar. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 7: 60–68.
- Solowiej, B. G. 2012. Effect of K-carrageenan on physicochemical properties of processed cheese analogues. *ZYWNOSC. Nauka. Technologia. Jakosc.* 2(81): 107–118.
- Zeng, C. 2021. Development of vegan mozzarella-like cheese with extruded fava protein. M.Sc. thesis, Graduate school, Cornell University. New York, NY, USA.
- Zhang, D., Lillevang, S. K., Shah, N. P. 2021. Influence of pre-acidification, and addition of KGM and whey protein-based fat replacers CH-4560, and YO-8075 on texture characteristics and pizza bake properties of low-fat Mozzarella cheese. *LWT - Food Sci. Technol.* 137: 1–11.