

# ผลของกากน้ำตาล และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลต่อการผลิตคุกกี้เพื่อสุขภาพ

## Effects of Molasses and Carboxymethylcellulose Produced from Sugarcane Industry on the Production of Healthy Cookies

วรารณ ศรีเดช<sup>1</sup> และ สุภาภรณ์ เลขวัต<sup>1</sup>  
Sorndech, W.<sup>1</sup>, and Lekhavat, S.<sup>1</sup>

### Abstract

Healthy cookie recipes were performed by using molasses (A or B types), inulin and carboxymethyl cellulose (CMC). Sensory quality and microstructure presented in three-dimensional networks of starch, fat and protein of cookies dough were examined. The Sensory evaluation data revealed that the appropriate content of CMC, inulin and molasses were 5.8, 4.2 and 8.3%, respectively. Recipes consisting of molasses A and B showed the low hardness/firmness. However, the color of all recipes was not significantly different. These results imply that the hardness and color of cookies were not affected by molasses types. It was found that cookies dough after added with molasses, inulin and CMC caused a loose structure and more in void spaces than those of control. Taken together, these results exhibited that there is an association between molasses, inulin and CMC and cookies structures which will be used as an alternative value-added healthy cookies recipe from sugarcane industry.

**Keywords:** Molasses, Healthy cookies, Microstructure

### บทคัดย่อ

สูตรคุกกี้เพื่อสุขภาพพัฒนาจากการใช้กากน้ำตาล (ชนิด A หรือ B) อินนูลิน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) จากนั้นทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและโครงสร้างจุลภาคในรูปแบบ 3 มิติของแป้ง ไขมัน และ โปรตีนของคุกกี้โต ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณ CMC อินนูลิน และกากน้ำตาล ที่เหมาะสมเท่ากับ 5.8%, 4.2% และ 8.3% ตามลำดับ สูตรที่ใช้กากน้ำตาล A และ B ส่งผลให้มีค่าความแข็ง/ความแน่นต่ำ อย่างไรก็ตามพบว่าสีของคุกกี้ทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากข้อมูลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่าประเภทกากน้ำตาลไม่มีผลต่อความแข็งและสีของคุกกี้ พบว่าคุกกี้โตที่เติมกากน้ำตาล อินนูลิน และ CMC ทำให้เกิดโครงสร้างหลวมและมีช่องว่างมากกว่าสูตรควบคุม จากข้อมูลทั้งหมดแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการเติมกากน้ำตาล อินนูลิน และ CMC และโครงสร้างคุกกี้ ซึ่งจะใช้เป็นสูตรคุกกี้เพื่อสุขภาพที่มีการเพิ่มมูลค่าจากของเหลือจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

**คำสำคัญ:** กากน้ำตาล คุกกี้เพื่อสุขภาพ โครงสร้างจุลภาค

### คำนำ

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแป้งและทำให้สุกโดยการอบ มักมีองค์ประกอบหลักคือ แป้ง เนย และ น้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุกกี้ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก มีการบริโภคกันมาเป็นเวลานาน คุกกี้มีส่วนประกอบสำคัญ คือน้ำตาล และไขมันในปริมาณสูง ส่งผลให้คุกกี้มีแคลอรีสูง ทำให้ผู้บริโภคที่ชอบรับประทานคุกกี้เป็นอาหารว่าง มีปัญหาโรคอ้วน ซึ่งอยู่ในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs, non-communicable diseases) ที่เกิดจากพฤติกรรมการดำเนินชีวิต ซึ่งการดำเนินโรคจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และสะสมอาการอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีอาการของโรคแล้วมักจะเกิดการเรื้อรังของโรคได้อีกด้วย โดยพฤติกรรมการบริโภคอาหารนับเป็นปัจจัยหลักที่นำไปสู่โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง รวมถึงและปัญหาสุขภาพอื่นๆ ตามมา และในปัจจุบันภาครัฐได้มีการจัดเก็บภาษีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งเป็นหนึ่งในมาตรการการต่อสู้กับโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในไทย ผู้ประกอบการจึงหันมาให้ความสำคัญกับการพัฒนาสูตรอาหารและเครื่องดื่มที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้ผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพ การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล เช่น น้ำตาลจากหญ้า

<sup>1</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 35 หมู่ 3 เทคโนธานี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120  
Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research 35 Mu 3, Khlong Ha, Khlong Luang, Pathum Thani, 12120

หวาน (Stevioside) และน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar-alcohol) ที่ไม่ให้พลังงาน หรือให้พลังงานต่ำ จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสูตรอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำมาสู่แนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ ที่มีส่วนประกอบของ CMC และอินนูลิน (Inulin) ในการทดแทนเนย และลดน้ำตาลทรายโดยใช้น้ำตาลจากหญ้าหวานและน้ำตาลมอลทิทอล รวมทั้งศึกษาผลของชนิดกากน้ำตาล (ชนิด A และ B) ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นส่วนผสมในสูตรคุกกี้ โดยกากน้ำตาลชนิด A และ B ได้มาจากการบวนการแปรรูปน้ำตาลอ้อยให้เป็นน้ำตาลทรายในขั้นตอนที่แตกต่างกัน รวมทั้งศึกษาคูสมบัติทางกายภาพ เนื้อสัมผัส ลักษณะทางประสาทสัมผัส และโครงสร้างจุลภาคของคุกกี้โดเพื่อให้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ของส่วนผสมในคุกกี้โด และได้สูตรคุกกี้ที่ใกล้เคียงกับสูตรปกติที่ไม่มีการลดไขมันและน้ำตาลโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากน้ำตาล และ CMC ที่ได้จากการบวนการแปรรูปน้ำตาลอ้อย นอกจากนี้คุกกี้ในท้องตลาดมักจะมีส่วนผสมของน้ำตาลเป็นจำนวนมากทำให้ส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้ยังเป็นการสร้างสูตรอาหารทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคอีกด้วย

### อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตคุกกี้เพื่อสุขภาพที่มีการใช้สารทดแทนน้ำตาลทราย และทดแทนไขมัน นำคุกกี้สูตรพื้นฐานที่ดัดแปลงจาก *Suan Dusit International Culinary School* (2010) การทดลองในสูตรพื้นฐาน ทำได้โดยนำเนยสดชนิดเค็มตราอิมพีเรียล (31.3 %w/w) ผสมด้วยเครื่องผสมอาหารแบบมือถือ (EHM3407, Electrolux, Rayong, Thailand) ใช้หัวตีแบบตะกร้อ ผสมเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นใส่น้ำตาลทราย (18.0 % w/w) ผสมต่ออีก 5 นาที ใส่ไข่ไก่ (12.0 % w/w) และกลิ่นวานิลลา (1.3 % w/w) ผสมเป็นเวลา 1 นาที ตีด้วยความเร็วปานกลาง และใส่แป้งเค้กผสมแป้งสาลีเนกประสงค์ (36.0 %w/w) และผงฟู (1.3 % w/w) ที่ร่อนแล้ว ตีด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 1 นาที ตักใส่พิมพ์ และวางบนแผ่นรองอบ จากนั้นนำไปอบในเตาอบไฟฟ้า (Modular electrical ovens, Salva, Lezo, Spain) ที่อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 35 นาที นำออกจากเตาอบและวางบนตะแกรงพักให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับสูตรที่มีการเติมสารทดแทนน้ำตาลและไขมัน ให้เติม CMC (5-10%) อินนูลิน (2.5-5%) และสารสกัดหญ้าหวาน (10%) และมอลทิทอล (4%) ลงในขั้นตอนการเติมน้ำตาลทราย และเติมกากน้ำตาล (5-10%) ลงในขั้นตอนการเติมไข่ไก่และวานิลลา ค่าสีใช้เครื่องวัดสี chroma meter รุ่น CR-400/410 ยี่ห้อ Konica minolta โดยใช้พารามิเตอร์สี CIE Lab ผลลัพธ์ของการวัดค่าสีของฟิล์มจะแสดงค่าในระบบฮันเตอร์ (Hunter system) และพิกัดสี่เหลี่ยม (rectangular coordinates) ลักษณะเนื้อสัมผัสใช้การทดสอบแบบการทดสอบแรงกด (compression test) ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) วัดโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD instruments) หัววัด p/0.5HS โดยใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์คุกกี้ทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำ จากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS ลักษณะทางประสาทสัมผัสใช้วิธีการทดสอบแบบ 7- point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 30 คน จากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบความชอบของผลิตภัณฑ์คุกกี้เพื่อสุขภาพ การศึกษาโครงสร้างจุลภาคภายในคุกกี้ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล ชนิดที่ใช้เลเซอร์ในการสแกน (confocal laser scanning microscopy; CLSM) (Nikon A1R, Nikon Crop., Tokyo, Japan) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Matignon และคณะ, (2014) ใช้สีย้อม 3 สี ได้แก่ Nile blue A, Fluorescein isothiocyanate isomer I และ Rhodamine-B-isothiocyanate โดยเตรียมย้อมสี 3 ส่วนหลักคือ 1) ย้อมสีเนยโดยใช้ RITC ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 2) ย้อมสี CMC + อินนูลิน + หญ้าหวาน + น้ำตาลมอลทิทอล + แป้ง โดยใช้ Nile blue A ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ 3) ย้อมสีไข่ไก่และโมลาส โดยใช้ FITC ปริมาตร 200 ไมโครลิตร จากนั้นเก็บตัวอย่างทั้งหมดไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน เกลี่ยบนสไลด์ และนำไปสังเกตดูโครงสร้างภายในโดยใช้เลนส์วัตถุ (objective lens) ที่กำลังขยาย 20 หรือ 40 เท่า

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลและไขมันต่อลักษณะปรากฏของคุกกี้ จากข้อมูลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของกากน้ำตาลชนิด A และ B จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย พบว่าค่าการต้านอนุมูลอิสระเมื่อใช้วิธี DPPH ของกากน้ำตาลชนิด A และ B มีค่า IC50 คือ 22.08 mg/L และ 16.44 mg/L ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากากน้ำตาลทั้งสองชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และนำมาผลิตคุกกี้ พบว่าสูตรที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุดคือสูตร S4 S6 และ S7 เมื่อพิจารณาลักษณะปรากฏของคุกกี้พบว่าคุกกี้มีสีเข้มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้เกิดจากผลของการใช้กากน้ำตาล อย่างไรก็ตามการใช้กากน้ำตาล

ชนิด A และ B ให้ลักษณะปรากฏของคุกกี้หลังอบที่ไม่แตกต่างกัน จากข้อมูล Table 1 พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่การเติมกากน้ำตาลทำให้มีแนวโน้มความสว่างของคุกกี้ลดลง นั่นคือมีสีที่เข้มขึ้น การแสดงค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีแนวโน้มแปรผันตามปริมาณกากน้ำตาลที่ใช้ นั่นคือ คุกกี้สูตร S6 มีค่า  $a^*$  แตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูตร S6 มีการใช้กากน้ำตาลสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร S4 และ S7 ค่าสีที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Filipčev และคณะ (2012) ที่ใช้กากน้ำตาลจากบีทรูทมาแทนที่การใช้น้ำผึ้งในการพัฒนาสูตรบิสกิต และพบว่าการใช้กากน้ำตาลปริมาณสูง (40% w/w) เพื่อทดแทนน้ำผึ้งทำให้บิสกิตมีสีเข้มขึ้น ค่าความแข็งของคุกกี้ พบว่าสูตร S4 มีค่าความแข็งแตกต่างจากสูตรควบคุม และสูตร S7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณ CMC ในสูตร S4 ที่มีปริมาณสูงที่สุด โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Emami และคณะ (2018) ที่ศึกษาการใช้ อินนูลิน เดกซ์ทรีนทนน้อย และ CMC ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์บิสกิต ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณอินนูลิน เดกซ์ทรีนทนน้อย และ CMC ทดแทนไขมัน จะทำให้บิสกิตมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลชนิด A หรือ B ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าความแข็งและความแน่นเนื้อของคุกกี้อย่างชัดเจน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคุกกี้สูตร S7 เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เมื่อใช้กากน้ำตาลทั้งชนิด A หรือ B ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดของกากน้ำตาลไม่มีผลต่อความชอบโดยรวมของคุกกี้ เมื่อนำปัจจัยที่มีผลต่อความชอบโดยรวมจากการทดลองแบบผสม (Mixture Design) มาทำการวิเคราะห์การถดถอยต่อเพื่อสร้างสมการถดถอยประมาณค่าความชอบโดยรวมและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในสมการ ดังนี้  $Y = 5.504A + 5.204B + 5.504C - 1.209AB + 0.591AC + 3.591BC$  โดย A คือ CMC; B คือ Inulin และ C คือ Molasses โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $Adjusted\ r^2$ ) เท่ากับ 95.90 % และการวิเคราะห์ Response Optimization ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับความชอบโดยรวมของคุกกี้เพื่อสุขภาพ พบว่า Optimum Desirability ที่ทำให้ความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ ปัจจัย A: ซีเอ็มซีเท่ากับ 0.1667 (5.8%) ปัจจัย B: อินนูลินเท่ากับ 0.1798 (4.2%) และปัจจัย C: กากน้ำตาลเท่ากับ 0.6535 (8.3%) ซึ่งสอดคล้องกับสูตรคุกกี้เพื่อสุขภาพที่มีผู้ทดสอบชอบมากที่สุดคือสูตร S7 เมื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคของคุกกี้โดที่มีการเติมสารทดแทนน้ำตาลทราย และสารทดแทนไขมันเพื่ออธิบายถึงการเกาะตัวกันของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันดังแสดงใน Figure 2 พบว่าคุกกี้โดที่เติมกากน้ำตาล อินนูลิน และ CMC (Figure 2-B และ 4-C) ทำให้เกิดโครงสร้างหลวมและมีช่องว่างมากกว่าสูตรควบคุม (Figure 2-A) แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการเติมกากน้ำตาล อินนูลิน และ CMC และโครงสร้างคุกกี้ โดยข้อมูลนี้สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พบว่าคุกกี้สูตรควบคุมมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

### สรุปผล

การศึกษาผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลทรายและไขมันเพื่อพัฒนาสูตรคุกกี้เพื่อสุขภาพ โดยใช้กากน้ำตาล (ชนิด A หรือ B) อินนูลิน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) พบว่าประเภทของกากน้ำตาลไม่มีผลต่อความแข็งและสีของคุกกี้ สมการถดถอยประมาณค่าความชอบโดยรวมและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ คือ  $Y = 5.504A + 5.204B + 5.504C - 1.209AB + 0.591AC + 3.591BC$  โดย A คือ CMC; B คือ Inulin และ C คือ Molasses ได้องค์ประกอบที่ดีที่สุดคือสูตรที่ใช้ปริมาณ CMC อินนูลิน และกากน้ำตาล เท่ากับ 5.8%, 4.2% และ 8.3% ตามลำดับ

### คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการศึกษาวิจัย และบริษัท เค.ซี. เกษตรกรรม จำกัด เลขที่ 14/2 หมู่ที่ 10 ถนนแสงชูโต ต.ท่ามะกา อ.ท่ามะกา กาญจนบุรี 71120 ที่ให้การสนับสนุนกากน้ำตาลในการทดลอง








### เอกสารอ้างอิง

- Emami, N., Dehghan, P., Mohtarami, F., Ostadrahimi, A., and Azizi, M. H., 2018, Physicochemical, Textural, and Sensory Evaluation of Reduced Fat Gluten- Free Biscuit Prepared with Inulin and Resistant Dextrin Prebiotic, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(4): 719-731.
- Filipčev, B., Bodroža-Solarov, M., Šimurina, O., and Cvetković, B., 2012, Use of Sugar Beet Molasses in Processing of Gingerbread Type Biscuits: Effect on Quality Characteristics, Nutritional Profile, and Bioavailability of Calcium and Iron, *Acta Alimentaria*, 41(4): 494-505.

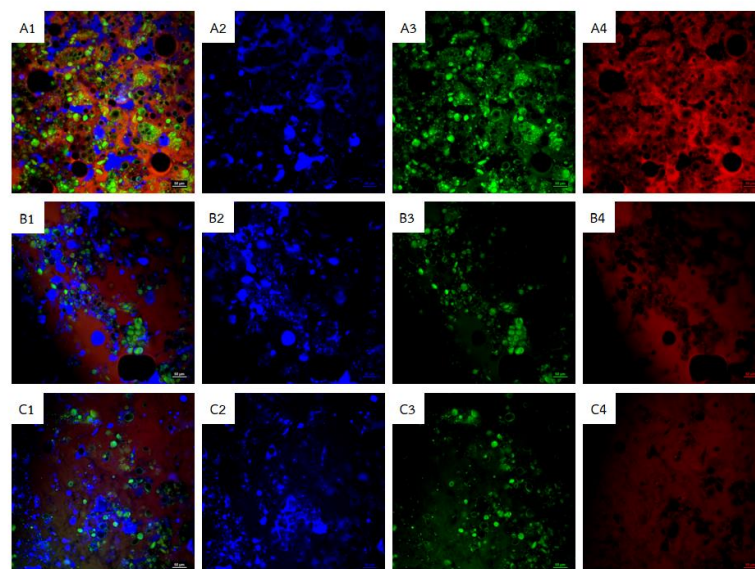
Matignon, A., Moulina, G., Bareye, P., Desprairiese, M., Mauduite, S., Sieffermanna, J. M., and Michon, C., 2014, Starch/Carrageenan/Milk Proteins Interactions Studied Using Multiple Staining and Confocal Laser Scanning Microscopy, *Carbohydrate Polymers*. 99(2): 345-355.

Suan Dusit International Culinary School, 2010, Short Course Hand Out- Cake. Bangkok: Suan Dusit University.

**Table 1** Appearance and physical properties of cookie samples.

Molasses types	Cookies recipe	Appearance	Color			Hardness (N)
			L*	a*	b*	
None	Control		71.88±1.25 ns	9.91±0.31 bc	25.76±0.33 b	68.87±2.37 c
Molasses A	S4		67.27±0.24 ns	9.62±0.06 cd	26.25±0.11 a	95.26±2.21 a
	S6		68.37±0.75 ns	10.21±0.27 ab	26.21±0.23 a	82.51±8.55 b
	S7		70.41±0.62 ns	9.92±0.43 bc	25.48±0.21 b	69.49±1.31 c
Molasses B	S4		71.21±0.97 ns	9.21±0.074 e	25.43±0.25 b	87.59±1.27 ab
	S6		68.77±0.46 ns	10.46±0.08 a	26.21±0.23 a	91.26±5.08 ab
	S7		70.41±0.62 ns	9.54±0.06 d	26.11±0.24 a	67.26±4.34 c

Values (mean ±SD) in particular column followed with different letters show significant differences ( $P \leq 0.05$ ). S4: CMC=6.7%, inulin=3.3% and molasses=6.7%; S6: CMC=5.8%, inulin=2.9% and molasses=5.8%; S7: CMC=5.8%, inulin=2.4% and molasses=8.3%;



**Figure 2** Confocal images of microstructures of cookie dough; control (A), S7-molasses A (B), and S7-molasses B (C). Number 2: polysaccharides staining, number 3: protein staining and number 4: lipid staining. Bar = 50  $\mu$ m