บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) ศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรได้แก่ แป้งไฮดรอกซีโพรพิลสตาร์ช (HPS) แป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟต (HPDS) หรือโลคัส-บีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนนต่อคุณสมบัติทางวิทยากระแสในระบบสารละลายน้ำตาลซูโครสและระบบส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมนม 2) ศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPS แป้ง HPDS หรือโลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนนต่อลักษณะทางกายภาพของไอศกรีม ได้แก่ ค่าการขึ้นโฟม อัตราการละลาย และค่าความแข็งของไอศกรีม 3) ศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPS แป้ง HPDS หรือโลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนนต่อการตกผลึกของผลึกน้ำแข็ง จากการวิเคราะห์ด้วยภาพ โดยใช้ Heating and cooling stage และการทำ Temperature sweep ตัวอย่างสารละลายซูโครสและส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมทุกตัวอย่างจะแปรความเข้มข้นซูโครสร้อยละ 12 และ 16 กำหนดความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวเป็นร้อยละ 0.3 และแปรระดับความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรหรือโลคัสบีนกัมในช่วงร้อยละ 0.255-0.3 ผลต่างของความเข้มข้นสารให้ความคงตัวที่ใช้จะถูกเติมให้ครบร้อยละ 0.3 โดยใช้แคปปา-คาราจีแนน

จากการศึกษาในระบบซูโครสพบว่า ตัวอย่างสารละลายซูโครสที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว สารละลายซูโครสที่เติมโลคัสบีนกัม แป้ง HPS หรือแป้ง HPDS มีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลและค่าความหนืดปรากฏของระบบสารละลายน้ำตาลซูโครส ตัวอย่างที่เติมสารให้ความคงตัวมีค่าความหนืดปรากฏมากกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมสารให้ความคงตัว ค่าความหนืดปรากฏของระบบสารละลายซูโครสที่มีโลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนนจะมีค่ามากกว่าระบบสารละลายซูโครสที่ใช้แป้ง HPS หรือแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนน เมื่อพิจารณาในระบบส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมพบว่า ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ไม่มีสารให้ความคงตัว ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่เติมแป้ง HPS หรือแป้ง HPDS มีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้สารให้ความคงตัวกับแคปปา-คาราจีแนนมีพฤติกรรมการไหลแบบนอน-นิวโตเนียนประเภท Time dependent shear thinning ผล ของความเข้มข้นซูโครสต่อพฤติกรรมการไหลพบว่า ระดับความเข้มข้นของซูโครสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม ทั้งในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ไม่ใส่และใส่สารให้ความคงตัว นอกจากนี้ ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่เติมสารให้ความคงตัวจะมีค่าความหนืดปรากฏ ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด ค่า Thixotropy และค่าโมดูลัสสะสมเพิ่มขึ้นโดยจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกเมื่อใช้ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมดังกล่าวกับแคปปา-คาราจีแนนในทางกลับกันส่งผลให้ค่าดัชนีพฤติกรรมการไหลลดลง

ค่าโมดูลัสสะสมและค่าความคงตัวของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งแสดงถึงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม ส่งผลให้ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมีความคงตัวมากขึ้น ผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPS หรือแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนน ส่งผลให้ค่าการขึ้นโฟมมีค่าสูงขึ้น ระดับความเข้มข้นสารละลายซูโครสร้อยละ 12 หรือร้อยละ 16 ไม่มีผลต่อการขึ้นโฟมของ

ไอศกรีม นั่นแสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPS หรือแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนนส่งผลให้ไอศกรีมมีความสามารถในการกักเก็บอากาศเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าความแข็งสูงขึ้น และมีอัตราการละลายสูงกว่าตัวอย่างไอศกรีมที่ใช้โลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนน ซึ่งค่าความแข็งที่สูงขึ้นสอดคล้องกับค่าร้อยละการโตของผลึกน้ำแข็ง โดยค่าร้อยละการโตของผลึกน้ำแข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีโลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนน จะมีค่าต่ำกว่าส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีแป้ง HPS หรือแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนน เมื่อส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมหลังผ่านการทำ Temperature sweep จะมีการตกผลึกของผลึกน้ำแข็งแบบ Melt-refreeze โดยส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใส่โลคัสบีนกัมจะมีค่าร้อยละการโตของผลึกน้ำแข็งต่ำที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนนและตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีโลคัสบีนกัมกับแคปปา-คาราจีแนน นั่นแสดงว่าปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนนสามารถชะลอการโตของผลึกน้ำแข็งในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ ผลของสารละลายน้ำตาลซูโครสต่อการตกผลึกของผลึกน้ำแข็งพบว่าผลึกน้ำแข็งในตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีสารละลายซูโครสร้อยละ 16 จะมีขนาดผลึกน้ำแข็งเล็กและมีค่าร้อยละการโตของผลึกน้ำแข็งต่ำกว่าตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีสารละลายซูโครสร้อยละ 12 เนื่องจากปริมาณของแข็งในส่วนพร้อมทำไอศกรีมที่มีสารละลายซูโครสร้อยละ 16 จะมีปริมาณมากกว่า ซึ่งส่งผลให้ใช้เวลาในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเป็นผลึกน้ำแข็งในของการปั่นน้อยกว่าส่วนพร้อมทำไอศกรีมที่มีสารละลายซูโครสร้อยละ 12

ปฏิสัมพันธ์ของแป้ง HPS กับแคปปา-คาราจีแนนและแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนน ช่วยเพิ่มค่าการขึ้นโฟมให้กับไอศกรีมและสามารถชะลอการโตของผลึกน้ำแข็งได้ ดังนั้น สามารถนำแป้ง HPS กับแคปปา-คาราจีแนนและแป้ง HPDS กับแคปปา-คาราจีแนน มาใช้ในการลดลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเกล็ดน้ำแข็งที่เกิดจากการตกผลึกของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมนม

Abstract

The objectives of this research were 1) to study the effects of interaction between modified starches (hydroxypropyl starch: HPS or hydroxypropyl distarch phosphate: HPDS) or Locust bean gum (LBG) and κ-carrageenan (κCG) on the rheological properties in sucrose solutions and ice cream mixes, 2) to study the effects of interaction between modified starches or LBG and κCG on the physical properties of milk ice cream such as overrun, melting rate and hardness, and 3) to study the effects of interaction between modified starches or LBG and κCG on ice recrystallization in ice cream through image analysis using heating and cooling stages for a temperature sweep. The sucrose concentration of all samples was varied at 12 and 16% (w/w). The total concentration of modified starch or LBG and κCG for each sample was fixed at 0.3% (w/w) by varying the modified starch or LBG in the range of 0.255-0.3% (w/w) and the subtraction of modified starch or LBG from total concentration was the percentage of added κCG.

Flow behaviors of sucrose solutions with or without modified starches or LBG (control sample) were Newtonian. The sucrose concentrations did not affect the flow behavior or the apparent viscosity of any of the sucrose solution samples. The apparent viscosity of sucrose solution containing LBG/κCG was higher than that of sucrose solution containing HPS/κCG or HPDS/κCG. For ice cream mixes, flow behaviors of samples containing HPS or HPDS were Newtonian. Samples containing HPS/κCG, HPDS/κCG or LBG/κCG were time dependent on shear thinning. The sucrose concentrations did not affect the flow behavior of the ice cream mixes. Adding κCG to the mixes gave more apparent viscosity, consistency index, thixotropy and storage modulus but less flow index value.

The storage modulus and consistency index in ice cream mixes were higher than those in the control samples. This might be attributed to the addition of κCG. Consequently, the stability of the ice cream and their structures were improved. The overruns of the ice cream

containing HPS/κCG or HPDS/κCG were higher than those of LBG/κCG. Interaction between HPS or HPDS and κCG improved the incorporation of air bubbles into the ice cream mixes. However, sucrose concentrations did not affect the overruns of the ice cream. Ice cream with HPS/κCG or HPDS/κCG melted faster than ice cream with LBG/κCG. The percentage of ice crystal growth of ice cream containing LBG/κCG was lower than that of ice cream containing HPS/κCG or HPDS/κCG. This might be due to the phase separation between LBG and κCG. The hardness of ice cream containing LBG/κCG was lower than that of HPDS/κCG. The type of ice recrystallization of all ice cream mixes after the temperature sweep was melt-refrozen. Ice crystal size of samples containing 16% sucrose was smaller than that of samples containing 12% sucrose solution. The total solid of the ice cream mixes affected the glass transition in the freezing process. Ice crystal growth of ice cream containing HPDS/κCG was less than that of ice cream containing LBG/κCG. This means that the interaction between HPDS/κCG can slow down the ice crystal growth in ice cream better than LBG/κCG.

In conclusion, the interaction of HPS/κCG and HPDS/κCG can improve the overruns and retard ice crystal growth that reduces the ice defects in milk ice cream.