บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของสารผสมระหว่างแป้งดัดแปร 2 ชนิดคือแป้งอะซิทิเลเตท (AS) หรือแป้งโซเดียมออคเทนิลซัคซิเนต (SSO) กับไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ เพคติน (P) แคปปา-คาราจีแนน (K) และ โลคัสบีนกัม (L) ในระบบอาหารแช่แข็ง ที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านวิทยากระแสเพื่อพฤติกรรมการไหล ค่าความหนืดและคุณสมบัติด้านวีสโคอีลาสติก อัตราการละลายของผลึกแข็งด้วยการแช่ตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาวัดอัตราการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงความร้อนด้วยเครื่อง DSC ที่มีอัตราส่วนของแป้งดัดแปรต่อสารไฮโดรคอลลอยด์ที่แตกต่างกันได้แก่ 0:3, 1:2, 2:1 และ 3:0 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ในสารละลายซิเตรทบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ในสภาวะที่มีและไม่มีน้ำตาลซูโครสร้อยละ 16

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติด้านวิทยากระแสพบว่าสารละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสทุกตัวอย่างมีพฤติกรรมการไหลแบบ Pseudo plastic โดยตัวอย่าง K มีค่าความหนืดสูงสุด ตามด้วยตัวอย่าง L AS SSO และ P ตามลำดับ โดยตัวอย่างที่เป็นสารผสม AS กับไฮโดรคอลลอยด์จะมีความหนืดสูงกว่าตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่าง SSO กับไฮโดรคอลลอยด์ และตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่างแป้งดัดแปรกับ L จะมีความหนืดสูงกว่า K และ P ตามลำดับ ตัวอย่างที่เป็นสารผสมของแป้งดัดแปรกับ K หรือ L มีค่าความหนืดลดลงเมื่อลดสัดส่วนของ K หรือ L ส่วนในกรณีที่ผสมกับเพคตินค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลดสัดส่วนของ P

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติวีสโคอีลาสติกโดยวัดที่ค่าความถี่ 2 Hz ที่ 1% strain โดยการลดอุณหภูมิของสารลงจาก 0 ถึง -10 องศาเซลเซียส ชองสารผสมทั้งหมดพบว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครสมีค่ามอดุลลัสสะสม (G') สูงขึ้นทันทีที่อุณหภูมิลดลงถึง -2 องศาเซลเซียส ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมน้ำตาลซูโครสค่า G' สูงขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิถึง -4 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส แบบ Freqeuncy sweep โดยกำหนดให้ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.1- 100 Hz โดยกำหนดให้ % strain คงที่ที่ 1 พบว่าค่า G'ของตัวอย่างชนิดเดียวกันที่เติมน้ำตาลซูโครสมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครส โดยตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่างแป้ง AC กับ K หรือ L มีค่า G' ต่ำกว่าตัวอย่างที่เป็นสารผสมของ SSO กับ K หรือ L ในขณะที่ สารผสมระหว่าง AC กับ P ค่า G' มีค่าสูงกว่าสารผสมระหว่าง SSO กับ P ที่อัตราส่วนของแป้งดัดแปรกับไฮโดรคอลลอยด์เท่ากัน โดยตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่าง K หรือ L กับแป้งดัดแปรค่า G' มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งดัดแปร ในขณะที่วารผสมระหว่าง P กับแป้งดัดแปรค่า G' สูงขึ้นเมื่อเพิ่มเพิ่มสัดส่วนของแป้งดัดแปร

เมื่อพิจารณาอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งพบว่าตัวอย่าง K มีอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งช้ากว่าตัวอย่าง L AS OSS และ P ตามลำดับ และเมื่อศึกษาในสารผสมของแป้งดัดแปร AS

หรือ OSS กับ K หรือ L พบว่าอัตราการละลายลดลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ K หรือ L ในขณะที่สารผสมของแป้งดัดแปรทั้ง 2 ชนิดกับ P มีอัตราการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของ P โดยตัวอย่างที่เป็นสารผสมของ P กับแป้งดัดแปร AS หรือ SSO จะมีอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งที่เร็วกว่าตัวอย่างที่เป็นสารผสมของ K หรือ L กับแป้งดัดแปร AS หรือ SSO ตัวอย่างที่เติมน้ำตาลซูโครสมีอัตราการละลายที่เร็วกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลซูโครส

เมื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงความร้อนพบว่าค่า Peak Temperature, Tp และค่า Temperature on set, To ของสารผสมระหว่างแป้งดัดแปรทั้ง 2 ชนิดกับไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่เป็นสารละลายเดี่ยว เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนของแป้งดัดแปรกับไฮโดรคอลลอยด์ที่เท่ากันพบว่าตัวอย่างที่เป็นสารผสมของ SSO กับไฮโดรคอลลอยด์มีแนวโน้มว่าค่า To มีค่าสูงกว่า ในขณะที่มีแนวโน้มของค่า ΔH และ Tp ต่ำกว่าตัวอย่างที่เป็นสารผสมของ AS กับไฮโดรคอลลอยด์ โดยในระบบที่มีน้ำตาลซูโครสค่า Tp และ To มีค่าต่ำกว่าในระบบที่ไม่มีน้ำตาลซูโครส โดยตัวอย่างที่มีน้ำตาลซูโครสมีการใช้พลังงานเพื่อสลายผลึกน้ำแข็งน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่มีน้ำตาลซูโครส

เมื่อพิจารณาผลของค่า pH ที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติด้านวีสโคอีลาสติกโดยวัดค่า G' ที่ความถี่ 1 Hz และ1 % strain และคุณสมบัติเชิงความร้อน (โดยเปรียบเทียบที่ pH 3.5 และ 6.5) คุณสมบัติด้านความหนืด และอัตราการละลาย (โดยเปรียบเทียบที่ 3.5 5.0 6.5 และ 8.0) ที่มีอัตราส่วนของแป้งกับไฮโดรคอลลอยด์แตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างที่เป็นสารละลายเดี่ยวตัวอย่างที่มีค่า pH 3.5 มีค่า G' สูงกว่าตัวอย่างที่เตรียมที่ pH 6.5 ส่วนค่าความหนืดของแป้ง AS และ L พบว่ามีค่าความหนืดเรียงตามความหนืดสูงสุดดังต่อไปนี้คือที่ pH 6.5, 5.0, 3.5 และ 8.0 ส่วนแป้ง SSO และ P มีลำดับความหนืดเรียงจากมากไปน้อยดังนี้คือที่ PH 3.5, 5.0, 6.5 และ 8.0 ส่วน K มีลำดับความหนืดเรียงจากมากไปน้อยดังนี้คือที่ PH 8.0, 6.5, 5.0 และ 3.5 ในกรณีที่เป็นสารผสมระหว่าง AS หรือ SSO กับ K , L หรือ P ทุกอัตราส่วนพบว่าที่ pH 3.5 มีค่า G' สูงกว่าที่ pH 6.5 ทั้งระบบที่เติมและไม่เติมน้ำตาลซูโครส ส่วนค่าความหนืดของ AS กับ K ทุกอัตราส่วนที่ pH 6.5 มีค่าความหนืดสูงสุดตามด้วย 8.0, 5.0 และ 3.5 ตามลำดับ ในขณะที่สารผสมของ SSO กับ K ทุกอัตราส่วนที่ pH 8.0 มีค่าความหนืดสูงสุดตามด้วย 6.5, 5.0 และ 3.5 ตามลำดับ ส่วนค่าความหนืดของ AS กับ L ทุกอัตราส่วนที่ pH 6.5 มีค่าความหนืดสูงสุดตามด้วย 5.0, 8.0 และ 3.5 ตามลำดับ ในขณะที่สารผสมของ SSO กับ L ทุกอัตราส่วนที่ pH 5.0 มีค่าความหนืดสูงสุดตามด้วย 6.5, 8.0 และ 3.5 ตามลำดับ ส่วนค่าความหนืดของ AS หรือ SSO กับ P ทุกอัตราส่วนพบว่าค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลของ pH ที่แตกต่างกันต่ออัตราการละลายพบว่าในกรณีของสารเดี่ยวอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้นตามค่า pH ในกรณีของสารผสมระหว่างแป้ง AS หรือ SSO กับ K ทุกอัตราส่วนพบว่าตัวอย่างที่เตรียมที่ pH 3.5 และ 5.0 มีอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งที่ต่ำ

กว่าที่เตรียมที่ 6.5 และ 8.0 ส่วนสารผสมระหว่าง AS กับ L ที่ค่า pH 6.5 มีอัตราการละลายสูงสุด และ pH 8.0 มีอัตราการละลายต่ำสุด สารผสมระหว่าง SSO กับ L อัตราการละลายไม่ขึ้นกับค่า pH โดยที่ pH 6.5 และ 3.5 มีอัตราการละลายสูงกว่าที่ pH 5.0 และ 8.0 ส่วนตัวอย่างที่เป็นสารผสมระหว่าง AS หรือ SSO กับ P พบว่าตัวอย่างที่มีค่าความเป็นกรดจะมีอัตราการละลายของผลึกน้ำแข็งต่ำกว่าตัวอย่างที่มี pH 6.5 และ 8.0

แป้งดัดแปรหรือไฮโดรคอลลอยด์ที่ศึกษาในครั้งนี้มีผลต่อคุณสมบัติของอาหารที่แตกต่างกันขึ้นกับส่วนผสม อัตราส่วน และค่าความเป็นกรด – ด่างแตกต่างกัน การที่ผู้ประกอบการต้องการเลือกใช้แป้งดัดแปรชนิดใด ผสมร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ชนิดใด ต้องเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของอาหารแช่แข็ง ส่วนผสมที่มีในอาหารรวมถึงกระบวนการผลิตของอาหารแต่ละชนิด หรืออาจจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ของแป้งหรือไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของผู้ผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of mixed substances of modified starches (acetylated starch: AS and sodium octenylsuccinate; SSO) and hydrocolloids (pectin: p, κ-carrageena: K, and locus bean gum: L) on rheological properties and melting rate in frozen food model. The study of melting rate was carried out at -20°C for 24 hrs and the rate was determined at 25°C. The thermal characterization of the mix samples with different ratio of modified starch to hydrocolloid (0:3, 1:2, 2:1, and 3:0) was determined using DSC. The samples with final concentration of the mix at 1.5% and with or without 16% sucrose were determined for those properties in the varied pH which was adjusted by citrate buffer.

The results showed that all samples had pseudo-plastic flow behavior at 25°C. The samples containing K, L, AS, SSO, and P in order showed the highest to the lowest viscosity. The mixed samples of hydrocolloids and AS were more viscous than those with SSO. The mixes containing L, K and P with modified starch exhibited had the highest to the lowest viscosity in order. Decreasing the ratio of K or L to modified starch resulted in the decrease of sample viscosity while increasing P concentration to the samples containing modified starch showed increasing in viscosity.

Considering to the viscoelastic properties of samples measured at 2 Hz, 1% strain with a decrease of temperature from 0 to -10°C, the results showed that samples without sucrose gave a high value of G' after the temperature was reduced to -2°C while the samples with sucrose gave the high value of G' at temperature lower than -4°C. However, G' of samples with sucrose was lower than that of samples without sucrose at -10°C, measured at 0.1- 100 Hz, 1% fixed strain with a frequency sweep mode. At the same ratio of modified starch to hydrocolloid, samples with AC and K or L gave a lower G' value than the ones with SSO and K or L while the samples with AC and P showed the higher G' than that of samples containing SSO and P. G' decreased when modified starch was increased in samples containing K or L and modified starch but G' increased when modified starch was increased in samples containing P.

For the study of melting rate of ice crystals, the results exhibited that ice crystals melted from the most slowly to the fastest in samples containing such hydrocolloids or modified starches in the following order: K < L < AS < OSS < P. The melting rate of

mixed samples containing AS or OSS and K or L decreased when increasing K or L. The rate increased in samples containing AS or OSS with P when increasing the concentration of P. Samples containing modified starch and K or L melted slower than samples containing modified and P. Samples containing sucrose melted faster than those without sucrose.

The results of thermal properties showed that samples containing modified starch and hydrocolloid had the lower values of peak temperature (Tp) and temperature on set (To) than the samples without modified starch and hydrocolloid. Tp and ΔH of samples containing SSO and hydrocolloid were higher than those of samples with AS which was in contrast to To. To and Tp in samples with sucrose were lower than those in samples without sucrose. The energy for ice crystal melting in samples with sucrose was lower than that of samples without sucrose.

Considering to the effect of pH on viscoelastic properties measured for G' (at 1 Hz, 1% strain), thermal properties (at pH 3.5 and 6.5), viscosity, and melting rate (at pH 3.5, 5.0, 6.5, and 8.0) of samples containing the various ratio of modified starch and hydrocolloid compared with the solution without modified starch or hydrocolloid, the results showed that the latter samples had the higher G' at pH 3.5 than at pH 6.5. The viscosity of samples containing AS and L at a different pH increased in the following order: pH at 6.5 > 5.0 > 3.5 > 8.0 while the one of samples with SSO and P increased in the following order: 3.5 > 5.0 > 6.5 > 8.0. The samples (with or without sucrose) with AS or SSO and K, L, or P at any ratio of such starch and hydrocolloid had the G' at pH 3.5 higher than at pH 6.5. Viscosity of samples containing AS and K increased in the following order: pH at 6.5 > 8.0 > 5.0 > 3.5 while the one of samples containing SSO and K increased in the following order: pH at 8.0 > 6.5 > 5.0 > 3.5. The viscosity of samples with AS and L increased in the following order: pH at 6.5 > 5.0 > 8.0 > 3.5 while the one of samples containing SSO and L increased in the following order: pH at 5.0 > 6.5 > 8.0 > 3.5. The viscosity of samples with AS or SSO and P decreased with increasing pH.

The melting rate of ice crystals in samples with individual hydrocolloid or modified starch increased with increasing pH value. The melting rate of samples with AS or SSO and K at pH 3.5 and 5.0 was lower than that of samples prepared at pH 6.5

and 8.0. Samples with AS and L at pH 6.5 melted the fastest while the samples at pH 8.0 melted the most slowly. Samples containing SSO and L prepared at pH 6.5 and 3.5 melted faster than those at pH 5.0 and 8.0. Melting rate of samples containing AS or SSO and P at pH 3.5 and 5.0 was lower than that of samples at pH 6.5 and 8.0.

Modified starches or hydrocolloids used in this study influenced the properties of frozen food differently that depended on the composition of food, formulation, ratio of both substances, and pH. Thus, if the food manufacturers or producers would like to use such modified starches and hydrocolloids in their frozen food, they should consider to what type of modified starches and hydrocolloids should be used and how they should be prepared to get the suitable quality and property of such frozen food as well as the composition, processing and their interaction might be more examined.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี