Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 287-290 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 287-290 (2550)

กระบวนการผลิตคาราเมลเพื่อให้ได้คาราเมลชนิดที่ 4 ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

Caramelization process for appropriate caramel class IV properties

เสาวลักษณ์ วิเศษศรี[1] และวรนุช ศรีเจษฎารักษ์[1]
Saowalak Wisetsri[1] and Voranuch Srijesdaruk[1]

Abstract

Caramel is colorant and flavor component used widely in food products as food additive and 90% caramel used in food industries . Caramel class IV 4 as sulfite ammonium. Caramel had produced 70 % from the world wide. For this research we used white sugar to produce caramel by ammonium sulfite reagent 4 level as 0,11,13 and 15% base on dry white sugar weight and heated at 170 °C for 60 minutes by completely randomize design. It found that increasing of ammonium sulfite had difference in statistic ($p \leq 0.05$) pH nitrogen content, color intensity and 5-HMF. But solid content and viscosity were not different in statistic($p > 0.05$). Nitrogen content and 5-HMF were increased when ammonium sulfite had increased and from the optimization technigue study of caramel for white sugar , The central composite Design (CCD) was used to design the experiment. According to the design, there were investigate i.e temperature at 170-180° C (A) time 36-53 minutes (B) and ammonium sulfite 8-13%(C), and there were total 17 treatments. The model equation of the nitrogen content was 1.34 + (0.04* A)+(0.24* B) +(0.098* C)-(2.615E-03* A^2)+(0.14 * B^2) - (0.021*C^2) +(0.082 * A * B) + (0.041* A * C) – (0.073* B * C) and for quality analysis as standard caramel , high 5-HMF content and least ammonium sulfite used condition as temperature 176°C time 49 minutes ammonium sulfite concentration 9.91%

Keywords: caramel, 5-HMF, ammonium sulfite

บทคัดย่อ

คาราเมล (caramel) เป็นสารให้สีและกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวางจัดเป็นสารเจือปนในอาหารและ คาราเมลประมาณ 90% นั้นใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดย Caramel class IV คือ Sulfite Ammonia Caramel มีการผลิตประมาณ 70 % ของคาราเมลทั้งหมดทั่วโลก สำหรับงานวิจัยนี้ใช้น้ำตาลทรายขาวเป็นวัตถุดิบในการผลิตคาราเมลโดยมีการใช้สารแอมโนเนียม ซัลไฟท์ 4 ระดับ คือ 0, 11, 13 และ 15%(น้ำหนัก/น้ำหนักน้ำตาลทรายขาวแห้ง) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Random Design พบว่าเมื่อสารแอมโนเนียมซัลไฟท์เพิ่มขึ้น ค่าpH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี และ 5-HMF มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณของแข็ง ความหนืดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณไนโตรเจน และ 5-HMF มีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณสารแอมโนเนียมซัลไฟท์เพิ่มมากขึ้น และจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลของน้ำตาลทรายขาวโดยการออกแบบ Central Composite Design (CCD) โดยใช้อุณหภูมิช่วง 170-180 องศาเซลเซียส (A)เวลาช่วง 36 – 53 นาที (B) และความเข้มข้นของแอมโนเนียมซัลไฟท์ที่ความเข้มข้น 8 - 13% (C) มีจำนวนการทดลองทั้งหมด17การทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลของน้ำตาลทรายขาวมีปริมาณไนโตรเจนเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์โมเดลได้ คือปริมาณไนโตรเจน = +1.34 +(0.04* A)+(0.24* B) +(0.098* C)-(2.615E-03* A^2)+(0.14 * B^2) - (0.021*C^2) +(0.082 * A * B) + (0.041* A * C) – (0.073* B * C) และจากการวิเคราะห์คุณภาพพบว่าคาราเมลที่ผลิตได้มาตรฐาน ให้ปริมาณกลิ่น5-HMFมากและใช้แอมโนเนียมซัลไฟท์น้อยที่สุด คือสภาวะการผลิตคาราเมลที่อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส เวลา 49 นาที ความเข้มข้นของแอมโนเนียมซัลไฟท์ 9.91 %

คำสำคัญ: คาราเมล 5-HMF แอมโนเนียมซัลไฟท์

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
[1] Department of Food Technology, Faculty of Technology , Khon Kean University , 40002

บทนำ

คาราเมล (caramel) ใช้เป็นสารให้สีและกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง ใช้คาราเมลเป็นสารเจือปนในอาหาร (food colour additives) และคาราเมลประมาณ 90% นั้นใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (MAFF,1993) ซึ่งในการผลิตคาราเมลนั้นมีหลายวิธีและสามารถผลิตคาราเมลทั้งหมดมี 4 ชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย มากกว่า 80%โดยน้ำหนักของสีผสมอาหารทั้งหมดที่เติมในอาหารและเครื่องดื่มใช้คาราเมลและทุกๆปีทั่วโลกบริโภคคาราเมลมากกว่า 200,000 ตัน (Kamuf *et al*, 2003) Caramel class IV คือ Sulfite Ammomnia Caramel มีการผลิตประมาณ 70% ของคาราเมลทั้งหมดทั่วโลก (Licht *et al*, 1992) และสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายเพราะมีความคงตัวของสีได้ดีและเนื่องจากว่ามีการใช้สาร reactant จึงทำให้ใช้อุณหภูมิในการผลิตไม่สูงจึงช่วยลดพลังงานที่ใช้ การผลิตคาราเมลมี ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้อง 2 ชนิด คือ Maillard reaction เกิดจากกลุ่ม aldehydes และ ketone ทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน และ Caramelization เป็นปฏิกิริยาที่น้ำตาลจะเกิดการ dehydration จากนั้นเกิดการ condensation หรือ polymerization กลายเป็นโมเลกุลที่ซับซ้อนของมวลโมเลกุลที่หลากหลาย(Kamuf *et al*, 2003)ซึ่งกระบวนการผลิตคาราเมล มีความแตกต่างกันปัจจัยสำคัญคือ วัตถุดิบ สารทำปฏิกิริยา บรรยากาศ อุณหภูมิ และเวลาทำให้ได้สีและกลิ่นหอมระเหยที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาหาความเข้มข้นของสารแอมโนเนียม ซัลไฟท์

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา คือ น้ำตาลทรายขาววิเคราะห์หาความชื้นโดยวิธี Vacuum drying ที่ 60 องศาเซลเซียส การผลิตคาราเมลใช้น้ำตาลทรายขาวมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ170องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ใช้สารแอมโนเนียมซัลไฟท์ 4 ระดับคือ 0, 11, 13 และ 15%(น้ำหนัก/น้ำหนักน้ำตาลทรายแห้ง)โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomize Design) มีการตรวจสอบคุณสมบัติคาราเมลด้านปริมาณของแข็ง pH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ความหนืดโดยใช้เครื่อง Brookfield analyzerและ5-Hydroxymethyl-2-furfural(5-HMF)โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) การวิเคราะห์โดยใช้คอลัมค์ Novapak^{R}C18(3.9x150 mm) ขนาดpacking material 4 μm UV Detectorที่ความยาวคลื่น 271 nm Flow rate:0.5 ml/min. Mobile phase:Methanol 0-10%&Deionize Water condition:gradient ทำการคัดเลือกระดับความเข้มข้นสารแอมโนเนียมซัลไฟท์ที่สามารถเกิดคาราเมลได้และมีกลิ่นของ 5-HMF

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 4 (Sulfite Ammomnia Caramel)

โดยใช้น้ำตาลทรายขาว 150 กรัม ใช้อุณหภูมิในการเคี่ยวที่170-180องศาเซลเซียส(A) เป็นเวลา 36-53 นาที (B) สารแอมโมเนียมซัลไฟท์ที่ความเข้มข้น 9 - 11% (w/w) (C) ออกแบบการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) ทำการทดลองซ้ำจุดตรงกลาง 3 ซ้ำจะได้จำนวนการทดลอง ทั้งหมด17การทดลอง ทำการคัดเลือกสภาวะการทดลองจากการวิเคราะห์แบบ Response surface methodology(RSM) เพื่อหาค่าสูงสุดของการทดลอง จากสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_A A + \beta_B B + \beta_C C + \beta_{AA} A^2 + \beta_{BB} B^2 + \beta_{CC} C^2 + \beta_{AB} AB + \beta_{AC} AC + \beta_{BC} BC$$

A = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

B = เวลา (นาที)

C = ความเข้มข้นของสารแอมโมเนียมซัลไฟท์ (%)

Y = คุณสมบัติของคาราเมล

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของคาราเมล (ปริมาณของแข็งpH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี และ5-HMF) ของคาราเมลที่ผลิตได้ทั้ง17 การทดลอง โดยคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคารเมลที่ได้มาตรฐานและปริมาณกลิ่น 5-HMF มีค่าสูงที่สุด

ผล

ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารแอมโนเนียมซัลไฟท์ในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 4 จากน้ำตาลทรายขาวต่อคุณภาพคาราเมลดังตารางที่ 3 พบว่าเมื่อสารแอมโนเนียม ซัลไฟท์เพิ่มขึ้นค่า pH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี และ5-HMF มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณของแข็ง ความหนืดไม่ความแตกต่าง

กันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p>0.05)โดยมีปริมาณไนโตรเจน และ5-HMF มีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณสารแอมโมเนียม ซัลไฟท์เพิ่มมากขึ้น ดัง Table 1

Table 1 Effect of ammonium sulfite concentration on caramel IV properties

Condition of process			Properties of Caramel IV					
Temperature (°C)	Time (min)	Concentration of ammonium sulfite(%)	% Solid content	pH	% Nitrogen	Colour Intensity	Viscosity (cps)	5-HMF (ppm/1g)
170	60	0	69.250^{a}± 0.54	9.795^{c}± 0.03	0.000^{a}± 0.00	0.000^{a}± 0.00	310.00^{a}±10.00	0.000^{a}± 0.00
170	60	11	72.754^{a}± 1.18	3.175^{ab}±0.09	1.419^{b}± 0.01	0.138^{b}± 0.03	310.00^{a}±10.00	500.302^{b}± 8.50
170	60	13	70.613^{a}± 0.15	3.225^{b}± 0.06	1.920^{c}± 0.13	0.137^{b}± 0.00	290.00^{a}±10.00	813.397^{c}± 6.91
170	60	15	71.224^{a}± 1.28	2.840^{a}± 0.14	2.040^{c}± 0.06	0.128 ^{b}±1.28	360.00^{b} ± 0.14	885.220^{d}± 0.06

^{a,b,c,d} Mean with difference superscripts in the same columns are significantly different (p≤0.05)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติคาราเมลจากด้าน pH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี ความหนืดและ 5-HMF จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ CCD พบว่ามีเฉพาะปริมาณไนโตรเจนที่สามารถสร้างสมการแบบจำลองการผลิตคาราเมลชนิดที่ 4 จากน้ำตาลทรายขาวโดยพบว่ามีค่า Prob > F 0.0034 Lack of fit เท่ากับ 0.0948 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่า Coefficient of dertermination (R^2) เป็น 0.925 หมายความว่าเมื่อใช้สมการดังกล่าวอธิบายร้อยละปริมาณไนโตรเจนของคาราเมลได้ร้อยละ 92.5 และเมื่อพิจารณาระดับนัยสำคัญของแบบจำลองพบว่ามีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสามารถเขียนแบบจำลอง Response surface แสดงค่าและ ดัง Figure 1 ดังนี้

Nitrogen content = +1.34 +(0.04* A)+(0.24* B) +(0.098* C)-(2.615E-03* A2) +(0.14 * B2)
- (0.021*C2)+(0.082 * A * B) +(0.041* A * C) –(0.073* B * C)

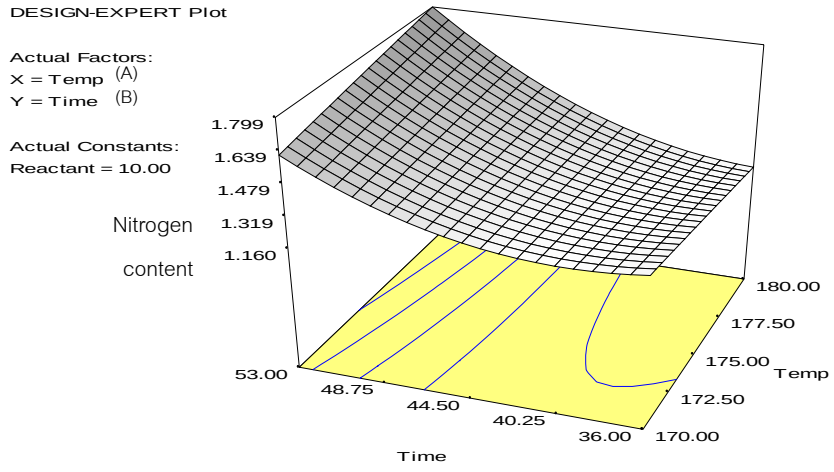

Figure 1 Response surface plot showing effect of temperature and time on nitrogen content

ดังนั้นทำการปรับสภาวะโดยใช้สมการแบบจำลองของปริมาณไนโตรเจน ได้สภาวะทั้งหมด 3 สภาวะและผลการวิเคราะห์คุณภาพของคาราเมลที่ได้ ดัง Table 2

จากทั้ง 3 สภาวะพบว่ามีค่า Sulfur dioxide อยู่ในค่ามาตรฐานคือไม่เกิน 50,000 ppm(Kamuf *et al*, 2003) และค่า 4MeI(4-Methylimidazole)ไม่เกิน250 ppm(Kamuf*et al*,2003) และมีปริมาณ5-HMFสูงสุดและใช้ปริมาณแอมโมเนียมซัลไฟท์ต่ำคือสภาวะการผลิตคาราเมลที่อุณหภูมิ 176องศาเซลเซียสเวลา 49 นาที ความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลไฟท์ 9.91 %

Table 2 Properties of Caramel IV from Response surface method

Condition of process			Properties of Caramel IV				
Temperature (°C)	Time (min)	Reactant (%)	% Solid content	pH	Nitrogen content	Colour Intensity	Viscosity (cps)
176	49	9.91	70.46^{a}±0.32	3.53^{b}±0.03	1.18^{a} ± 0.00	0.12^{a}±0.00	140^{a} ± 14.14
176	47	9.78	70.52^{a}± 0.00	3.55^{b}±0.01	1.23^{a}± 0.04	0.13^{a}±0.00	155^{a} ± 7.07
175	50	10.00	70.64^{a} ± 0.44	3.38^{a}±0.01	1.26^{a}± 0.01	0.17^{b}±0.00	220^{b} ± 14.14
176	49	9.91	1.42^{a}± 0.00	694.48^{a}±5.45	466.80^{b}±2.23	7.29^{a} ± 0.18	0.035^{a}±0.01
176	47	9.78	1.42^{a} ± 0.00	680.87^{a}±2.14	484.73^{c}±0.96	6.86^{a} ± 0.73	0.036^{a}±0.03
175	50	10.00	1.41^{a} ± 0.00	735.02^{b}±0.31	409.45^{a}±1.59	21.43^{b}± 0.88	0.042^{a}±0.10

^{a,b,c} Mean with difference superscripts in the same columns are significantly different ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์ผล

การผลิตคาราเมลโดยมีการใช้สารแอมโนเนียม ซัลไฟท์ 4 ระดับ คือ 0,11,13 และ15%(น้ำหนัก/น้ำหนักน้ำตาลทรายขาวแห้ง)ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเวลา 60 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Random Design) พบว่าเมื่อสารแอมโนเนียมซัลไฟท์เพิ่มขึ้น ค่า pH ปริมาณไนโตรเจน ความเข้มของสี และ5-HMF มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณของแข็ง ความหนืดไม่ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ95 ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณไนโตรเจน และ 5-HMF มีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณสารแอมโมเนียมซัลไฟท์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา Maillard reactionจะเกิดกับน้ำตาล,aldehydes และ ketone ทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน (nitrogen-containing compound) เช่น amines และโปรตีนเพื่อสร้างเม็ดสีน้ำตาลที่รู้จัก คือ melanins(Kamuf *et al*, 2003) จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลของน้ำตาลทรายขาวโดยการออกแบบ Central Composite Design (CCD) โดยใช้อุณหภูมิช่วง170 -180องศาเซลเซียส(A) เวลาช่วง 36 – 53 นาที (B) และความเข้มข้นของแอมโนเนียมซัลไฟท์ที่ความเข้มข้น 9 -11%(C) มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 17 การทดลอง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลของน้ำตาลทรายขาวมีปริมาณไนโตรเจนเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์แบบจำลองได้คือปริมาณไนโตรเจน = $+1.34+ (0.04*A) +(0.24* B) +(0.098* C)-(2.615E-03* A^2)+(0.14 * B^2) - (0.021*C^2)+(0.082 * A * B) + (0.041* A * C)– (0.073* B * C)$จากสมการมีค่า Lack of fit 0.0948 และ Coefficient of dertermination (R^2) เป็น 0.925 สามารถสร้างสมการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับปัจจัยการทดลองได้

สรุป

การผลิตคาราเมลชนิดที่ 4 พบว่าปริมาณไนโตรเจนจากสารแอมโมเนียม ซัลไฟท์มีผลต่อการเกิดสีของคาราเมลและจากการวิเคราะห์คุณภาพพบว่าคาราเมลที่ผลิตได้มาตรฐานคือสภาวะการผลิตคาราเมลที่อุณหภูมิ 176 องศาเซลเซียส เวลา 49 นาที ความเข้มข้นของแอมโนเนียมซัลไฟท์ 9.91 %

เอกสารอ้างอิง

Kamuf W, Nixon A, Parker O, Barnum G.C. 2003. Overview of Caramel Colors. Cereal Foods World. March-April .48(2) : 64-69.

Licht B.H , Shaw K, Smith C, Mendoza M, Orr J and Myers D.V. 1992. Characterization of Caramel Colours IV. Food and Chemical Toxicology 30 : 365-373.

MAFF. 1993. Dietary intake of food-additives in the UK: initial surveillance. Food Surveillance Paper No. 37. HMSO, London.