Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 499-502 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 499-502 (2551)

การศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมและคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3

Optimization of Caramel Class III Production and Its Properties

ธันย์ชนก ทองตัน[1] และ วรนุช ศรีเจษฎารักษ์[2]

Thanchanok Thongtan[1] and Voranuch Srijesadarak[2]

Abstract

An optimized process of caramel class III was studied using sugar dust as a raw material. It was found that total solid content and color intensity of the produced caramel were in the standard range specified by JECFA. Ammonium acetate gave the product with acrid smell of ammonia. Viscous and foamy caramel with some precipitates was obtained when Ammonium chloride was used. Therefore, Ammonium phosphate was chosen to act as the catalyst for the next step of experiments. To optimize the conditions of caramel class III production was found that only the nitrogen content was significantly with a decision coefficient (R^2) of 0.9983. Three process conditions were selected to verify the model. The nitrogen contents of all process conditions exhibited 1.65% error from those predicted by the model established. Consequently, the third condition (T 168.65°C, 29.93 min, and ammonium phosphate 13.90%) was chosen based on the least consumption of energy and catalyst. The selected caramel type III was stable in 50% alcohol but was precipitated in 20% salt solution unlike the commercial caramel, which was stable in both solutions.

Key Words : Caramel class III, Caramelization, Ammonium phosphate

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 โดยใช้ฝุ่นน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาคือสารแอมโมเนียมฟอสเฟต ทำให้ปริมาณของแข็งและความเข้มสีอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน (JECFA 2000) ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมอะซีเตทจะได้คาราเมลที่มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้คาราเมลที่มีฟองและมีตะกอนเกิดขึ้น จึงเลือกสารแอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และเมื่อทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์แบบจำลองได้ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็น 0.9983 การคัดเลือกสภาวะการผลิตจากการทำนายเพื่อยืนยันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าแบบจำลองปริมาณไนโตรเจนมีค่าคลาดเคลื่อน 1.65% และจากสภาวะที่มีการใช้พลังงานและใช้สารเร่งปฏิกิริยาในการผลิตน้อยที่สุด และได้คาราเมลชนิดที่ 3 ที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ สภาวะที่ใช้อุณหภูมิ 168.65°ซ เวลา 29.93 นาที ความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟต 13.90% และพบว่าคาราเมลที่คัดเลือกมีความคงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 50% แต่ตกตะกอนในสารละลายเกลือความเข้มข้น 20% ส่วนคาราเมลเชิงการค้ามีความคงตัวในสารละลายทั้ง 2 ชนิด

คำสำคัญ : คาราเมลชนิดที่ 3 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น แอมโมเนียมฟอสเฟต

คำนำ

คาราเมลเป็นสารปรุงแต่งที่ให้สีและกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร พบทั้งในรูปของเหลวและของแข็ง มีสีเหลืองแก่ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีการใช้มากถึง 200,000 ตัน/ปี และผลการค้นคว้าจากงานวิจัยต่างๆ พบว่า คาราเมลชนิดที่ 3 เป็นคาราเมลที่นิยมนำมาเป็นสารปรุงแต่งมากที่สุด (Kamuf et al., 2003) แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการผลิตคาราเมลในเชิงการค้า เนื่องจากผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมคุณภาพการผลิต ทำให้คาราเมลมีคุณภาพแปรปรวน งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 ที่เหมาะสม และมีการใช้ฝุ่นน้ำตาลที่มีขนาดอนุภาคเล็ก (0.6 มม.) ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวมาเป็นวัตถุดิบ เพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรภายในประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งได้

[1] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1] Postharvest Technology Innovation Center: Khonkean University, Agricultural Machinery and Postharvest Technology Research Center, Khonkean University

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

[2] Department of Food Technology, Faculty of Science / Postharvest Technology Innovation Center, Khonkean University, Khonkean

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อคุณภาพคาราเมลชนิดที่ 3 (Ammonia Caramel)

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา คือ ฝุ่นน้ำตาลทราย ทำการวิเคราะห์หาความชื้น ความเป็นกรดด่าง และความเข้มสี

1.2 ศึกษาชนิดของสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิด ได้แก่ แอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมอะซีเตท และแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้นของสาร 8 และ 10% โดยใช้อุณหภูมิ 160 °ซ เวลา 30 นาที ความเร็วรอบของใบพัดกวนที่ 55 รอบต่อนาที ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน JECFA (2000)

2. ศึกษาปัจจัยอุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นสารเร่งปฏิกิริยา และร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้

โดยใช้ชนิดของสารเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากข้อ 1.2 ศึกษา 4 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ (160-180°ซ) เวลา (20-30 นาที) ความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา (1-10%) และปริมาณน้ำที่ใช้ (17-37%) ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน JECFA (2000)

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 (Ammonia Caramel)

3.1 สภาวะการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 โดยทำการผลิตคาราเมลช่วงของอุณหภูมิ 160-180 °ซ เวลา 20-30 นาที และปัจจัยที่มีผลต่อการทำปฏิกิริยาที่ได้จากข้อ 2 ตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน JECFA (2000)

3.2 ศึกษาการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 และคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวิเคราะห์คุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ตามมาตรฐาน JECFA (2000) ทำการวิเคราะห์แบบ Response Surface Methodology (RSM) เพื่อหาค่าปัจจัยคุณภาพสูงสุดของการทดลอง แล้วทำการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองสภาวะการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 และคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม โดยผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 ตามสภาวะที่คัดเลือกจากการวิเคราะห์แบบ RSM แล้วคัดเลือกสภาวะการทดลองทั้งหมด 3 สภาวะ ที่ให้ค่าปัจจัยคุณภาพอยู่ในมาตรฐานของคาราเมลชนิดที่ 3 (JECFA, 2000) โดยสภาวะที่ 1 ใช้สารแอมโมเนียมฟอสเฟตน้อยที่สุด สภาวะที่ 2 ให้คาราเมลที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด สภาวะที่ 3 การผลิตที่อุณหภูมิต่ำที่สุด ทำการวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐาน JECFA (2000)

4. ศึกษาคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือก เปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า

เปรียบเทียบคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของคาราเมลที่ใช้สภาวะที่คัดเลือก ได้จากข้อ 3.3 กับคาราเมลเชิงการค้า (เบอร์ 203 จากบริษัท D.D.Williamson) โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐาน JECFA (2000)

5. ศึกษาความคงตัวของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกในสารลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 50 และสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 เปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า

ทำการศึกษาความคงตัวของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกเปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า ด้านความคงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 50 และสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่อคุณภาพคาราเมลชนิดที่ 3 (Ammonia Caramel)

1.1 คุณสมบัติทั่วไปของฝุ่นน้ำตาลที่นำมาเป็นวัตถุดิบ (Table 1)

Table 1 Properties of raw material (refine sugar dust)

Properties	Response
Particle size (mm.)	< 0.6
Moisture content (%)	0.0033±0.0003
pH	6.35±0.02
Color intensity	0

1.2 ผลการศึกษาชนิดของสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3

พบว่าการใช้สารเร่งปฏิกิริยาคือสารแอมโมเนียมฟอสเฟต ทำให้ปริมาณของแข็งและความเข้มสีอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน (JECFA, 2000) ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมอะซีเตทจะได้คาราเมลที่มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย อาจเนื่องจากสารแอมโมเนียมอะซีเตทมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย เมื่อนำมาเป็นสารเร่งปฏิกิริยาในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 จึงทำให้คาราเมลที่ได้มีกลิ่นฉุนของคาราเมลอยู่ ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้คาราเมลที่มีฟองและมีตะกอนเกิดขึ้นเพราะสารแอมโมเนียมคลอไรด์ เมื่อแตกตัว จะให้กรดให้ไฮโดรคลอริกซึ่งเป็นกรดแก่ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงในการผลิตคาราเมล จึงเลือกสารแอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

2. ผลการศึกษาปัจจัยอุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นสารเร่งปฏิกิริยา และร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้

พบว่ามีเพียงปัจจัยความเข้มข้นสารเร่งปฏิกิริยาเท่านั้นที่มีผลต่อค่าปริมาณไนโตรเจน (sig. $\leq$ 0.05) ดังนั้นจึงเลือกปัจจัยความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาสภาวะการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 และเพื่อให้มีการใช้แอมโมเนียมฟอสเฟตน้อยที่สุด แต่คุณภาพคาราเมลชนิดที่ 3 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (JECFA, 2000) จึงเลือกปัจจัยอุณหภูมิและเวลามาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 ต่อไป

3. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 (Ammonia Caramel)

3.1 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 พบว่าอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารแอมโมเนียมฟอสเฟต มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงพหุและพิจารณาค่า Prob>f มีค่า <0.0001 ค่า Lack of fit มีค่า 0.0521 และค่า R^2 เป็น 0.9983 สามารถสร้างสมการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนกับปัจจัยการทดลองคือ ปริมาณไนโตรเจน= 1.02+(0.026*A)+(0.050*B)+(0.53*C) +(0.027*B^2)+(0.028*B*C) และสามารถสร้างความสัมพันธ์ของพื้นผิวตอบสนองของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารแอมโมเนียมฟอสเฟตดังภาพที่ 1 (Figure 1)

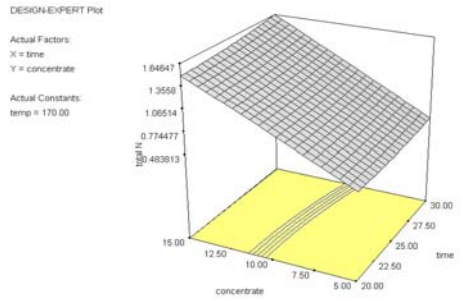

Figure 1 Response surface of temperature, time and ammonium phosphate concentration

3.2 ผลการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปริมาณไนโตรเจนและการคัดเลือกสภาวะการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 ที่เหมาะสม พบว่าค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองปริมาณไนโตรเจนทั้ง 3 สภาวะเท่ากับ 1.65% คุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่ผลิตได้มีค่าจากการวิเคราะห์และค่าที่ได้จากแบบจำลองแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นสภาวะที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน และในการคัดเลือกสภาวะในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 ในงานวิจัยนี้ มีเกณฑ์ในการพิจารณาคือพลังงานและปริมาณสารเร่งปฏิกิริยาที่ใช้น้อยที่สุด ทำให้สภาวะการผลิตที่ 3 คือ อุณหภูมิ 168.65°ซ เวลา 29.93 นาที และ ความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟต 13.90% เป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งสมการแบบจำลองของปริมาณไนโตรเจนที่ได้ มีปริมาณไนโตรเจนจากการผลิตจริงน้อยกว่าแบบจำลองคณิตศาสตร์โดยมีค่าคลาดเคลื่อน 2.51%

4. ผลการศึกษาคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือก เปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า

พบว่าคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกและคาราเมลเชิงการค้ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JECFA (2000) และเมื่อทดสอบความแตกต่างพบว่าค่าคุณภาพดังกล่าวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยคาราเมลชนิดที่ 3 ที่

คัดเลือกมีค่าปริมาณของแข็ง และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมากกว่า ส่วนค่าความเข้มสี ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณ 4-MeI มีค่าน้อยกว่าคาราเมลเชิงการค้า เนื่องจากสภาวะการผลิตคาราเมลแตกต่างกัน

5. ผลการศึกษาความคงตัวของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกในสารลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 50 และสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 เปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า

พบว่าคาราเมลที่คัดเลือกมีความคงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 50% แต่ตกตะกอนในสารละลายเกลือความเข้มข้น 20% ส่วนคาราเมลเชิงการค้ามีความคงตัวในสารละลายทั้ง 2 ชนิด ซึ่งในการตกตะกอนของคาราเมลในสารละลายเกลือนั้น อาจเนื่องจากสารประกอบที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ทำให้ประจุบวกและลบในสารละลายใกล้เคียงกัน จึงเกิดการตกตะกอนของสารประกอบที่อยู่ในคาราเมล

สรุปผล

สารเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 คือสารแอมโมเนียมฟอสเฟต โดยมีสภาวะการผลิตคือ อุณหภูมิ 168.65°ซ เวลา 29.93 นาที และความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา 13.90% เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ที่ผลิตได้กับคาราเมลเชิงการค้าพบว่า คาราเมลทั้ง 2 ตัวอย่างมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JECFA (2000) แต่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกมีค่าปริมาณของแข็ง และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมากกว่า ส่วนค่าความเข้มสี ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณ 4-MeI มีค่าน้อยกว่าคาราเมลเชิงการค้า คาราเมลทั้ง 2 ตัวอย่างมีความคงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 50% และคาราเมลเชิงการค้ามีความคงตัวในสารละลายเกลือความเข้มข้น 20% แต่คาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกไม่คงตัวในสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[JECFA] The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2000. Compendium for Caramel Colours. International Technical Caramel Association. Washington, DC.

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