

การศึกษากระบวนการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 โดยใช้ฝุ่นน้ำตาล (ความชื้นร้อยละ 0.0033) ที่ขนาดไม่ได้อาณัติฐาน (0.6 มม.) จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวเป็นวัตถุดิบ มีสารประกอบแอมโมเนียเป็นสารเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิดคือ แอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมอะซิเตท และแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 2 ระดับคือ ร้อยละ 8 และ 10 (น้ำหนัก/น้ำหนักน้ำตาลทรายแห้ง) อุณหภูมิ 160°ซ เวลา 30 นาที พบว่าการใช้สารแอมโมเนียมฟอสเฟต ทำให้มีพีเอชอยู่ในช่วงเดียวกันกับการาเมลเชิงการค้า ปริมาณของแข็งและความเข้มข้นอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน (JECFA 2000) แต่ปริมาณไนโตรเจนไม่อยู่ในช่วงมาตรฐาน ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมอะซิเตทจะได้คาราเมลที่มีกลิ่นของแอมโมเนีย ส่วนการใช้สารแอมโมเนียมคลอไรด์จะได้คาราเมลที่มีฟองและมีตะกอนเกิดขึ้น ดังนั้นจึงเลือกสารแอมโมเนียมฟอสเฟตเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และจากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยความเข้มข้นแอมโมเนียมฟอสเฟต (ร้อยละ 1-10) อุณหภูมิ (160-180°ซ) เวลา (20-30 นาที) และปริมาณน้ำ (ร้อยละ 17-37) ที่ใช้ผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 พบว่าปัจจัยความเข้มข้นของแอมโมเนียมฟอสเฟตมีผลต่อคุณภาพของคาราเมลชนิดที่ 3 ($p \leq 0.05$) และเมื่อทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลชนิดที่ 3 จาก 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ 160-180°ซ (A) เวลา 20-30 นาที (B) และความเข้มข้นของสารแอมโมเนียมฟอสเฟต ร้อยละ 5-15 (C) โดยออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนเท่านั้นที่สามารถวิเคราะห์แบบจำลองได้ คือ ปริมาณไนโตรเจน = $1.02 + (0.026 \cdot A) + (0.050 \cdot B) + (0.53 \cdot C) + (0.027 \cdot B^2) + (0.028 \cdot B \cdot C)$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เป็น 0.9983 การคัดเลือกสภาวะการผลิตจากการทำนายเพื่อขึ้นต้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 สภาวะคือ สภาวะที่ 1 (อุณหภูมิ 178.86°ซ เวลา 29.87 นาที ความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 11.45) เป็นสภาวะที่ใช้ปริมาณสารแอมโมเนียที่น้อยที่สุด สภาวะที่ 2 (อุณหภูมิ 173.64°ซ เวลา 27.45 นาที ความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 14.81) เป็นสภาวะที่มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด และสภาวะที่ 3 (อุณหภูมิ 168.65°ซ เวลา 29.93 นาที ความเข้มข้นสารแอมโมเนียมฟอสเฟตร้อยละ 13.90) เป็นสภาวะที่ใช้อุณหภูมิต่ำที่สุด พบว่าแบบจำลองปริมาณไนโตรเจนมีค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.65 และทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณของแข็งและปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจากการวิเคราะห์มากกว่า ส่วนค่าความชื้นและความเข้มข้นไนโตรเจนจากการวิเคราะห์มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากแบบจำลอง และพบว่าสภาวะที่ 2 และ 3 มีค่าปริมาณไนโตรเจนและปริมาณสาร 4-เมทิลอิมิดาโซล อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ ร้อยละ 1.554 และ 1.481, 218.000 และ 216.333 มก./กก. ตามลำดับ และจากการคัดเลือกสภาวะที่มีการใช้พลังงานและใช้สารเร่งปฏิกิริยาในการผลิตน้อยที่สุด และได้คาราเมลชนิดที่ 3 ที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JECFA คือ สภาวะที่ 3 โดยมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละ 1.481 และเมื่อนำคาราเมลชนิดที่ 3 ที่คัดเลือกเปรียบเทียบกับคาราเมลเชิงการค้า พบว่าคาราเมลที่คัดเลือกมีค่าคุณภาพแตกต่างจากคาราเมลเชิงการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คาราเมลที่คัดเลือกมีความคงตัวในสารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 50 แต่ตกตะกอนในสารละลายเกลือเข้มข้นร้อยละ 20 ส่วนคาราเมลเชิงการค้ามีความคงตัวในสารละลายทั้ง 2 ชนิด

An optimized process of caramel class III was studied using sugar dust (moisture content 0.0033%), in which its particle size (0.6 mm.) is under the standard of sugar production, as a raw material. Effects of catalyst types (ammonium phosphate, ammonium acetate, and ammonium chloride) and concentration (8 and 10% wt/wt of sugar) were investigated at 160°C for 30 min. It was found that pH of caramels from ammonium phosphate were in the same range of the commercial caramel. Except nitrogen content, 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. Preliminary study on effects of Ammonium phosphate concentrations (1-10%), temperatures (160-180°C), reaction times (20-30 min.) and water contents (17-37%) on caramel class III production revealed that Ammonium phosphate concentration significantly affected ($p \leq 0.05$) qualities of caramel. To optimize the conditions of caramel class III production, the Central Composition Design (CCD) was used with different ranges of three factors, including temperature (A) ranging from 160-180°C, reaction time (B) ranging from 20-30 min and amount of Ammonium phosphate (C) of 5-15%. It was found that only the nitrogen content was significantly correlated to processing parameters as described by the model: nitrogen content = $1.02 + (0.026 \cdot A) + (0.050 \cdot B) + (0.53 \cdot C) + (0.027 \cdot B^2) + (0.028 \cdot B \cdot C)$ with a decision coefficient (R^2) of 0.9983. Three process conditions were selected to verify the model. The first condition (T 178.86°C, 29.87 min, and ammonium phosphate 11.45%) was the least amount of ammonium phosphate used. The second condition (T 173.64°C, 27.45 min, and ammonium phosphate 14.81%) yielded the highest nitrogen content and the third condition (T 168.65°C, 29.93 min, and ammonium phosphate 13.90%) was the lowest process temperature. The nitrogen contents of all process conditions exhibited 1.65% error from those predicted by the model established. The solid content and the ammonia nitrogen contents of all conditions were greater while the color intensity and the nitrogen content were lower than the predicted values. The nitrogen content and 4-methylimidazole from the second and the third conditions were in the range of the standard caramel type III (1.55 & 1.48% and 218.0 & 216.3 mg/kg, respectively). Consequently, the third condition was chosen based on the least consumption of energy and catalyst. This condition yielded caramel type III containing 1.48% nitrogen content, which was in the range of the JECFA standard. It was also found that qualities of the caramel from the third condition differ significantly from a commercial caramel type III ($p \leq 0.05$). 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.