บทคัดย่อ

การสะสมของตะกรันบนพื้นผิวการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นปัญหาที่พบมากในอุตสาหกรรมอาหาร งานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นศึกษาการเกิดตะกรันในกระบวนการพาสเจอไรซ์น้ำนมวัว อย่างไรก็ดีส่วนประกอบของน้ำกะทิมีความแตกต่างจากน้ำนมวัวโดยธรรมชาติ อัตราการเกิดตะกรันจากน้ำกะทิจึงอาจแตกต่างและมีลักษณะเฉพาะที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยผลการวิจัยสำหรับน้ำนมวัว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการเกิดตะกรันของน้ำกะทิที่อุณหภูมิพาสเจอไรซ์ โดยใช้ชุดทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเพลทผิวเรียบ ที่ถูกออกแบบและจัดทำขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประเทศไทย

ชุดทดลองที่ใช้ได้ถูกออกแบบให้สามารถติดตามผลกระทบของอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำกะทิต่ออัตราการเกิดตะกรัน ส่วนประกอบที่สำคัญในชุดทดลองได้แก่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเพลทผิวเรียบทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ที่มีช่องทางการไหลของน้ำกะทิหนึ่งช่องไหลสวนทางกับช่องทางการไหลของน้ำร้อนจำนวนสองช่อง ในชุดทดลองได้มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลของน้ำกะทิและน้ำร้อนที่ไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยผลลัพธ์จากการทดลองสามารถนำไปสู่การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา ค่าความดันตกคร่อม ปริมาณและส่วนประกอบของตะกรันที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเกิดตะกรันของน้ำกะทิที่อุณหภูมิพาสเจอไรซ์ 50-74.5 องศาเซลเซียส และที่อัตราการไหล 2 - 6 ลิตรต่อนาที ข้อมูลสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และปริมาณตะกรันที่เกิดขึ้นที่เงื่อนไขการทดลองต่างๆ สามารถนำไปสร้างเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบจำลองอัตราการเกิดตะกรันเทียบกับเวลา ($\Delta Bi/\Delta t$ และ $\Delta m/\Delta t$) ซึ่งนำไปสู่ผลสรุปผลกระทบของอุณหภูมิ ที่เมื่ออุณหภูมิของน้ำกะทิมีค่าต่ำลงจะทำให้อัตราการเกิดตะกรันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าความหนืดของน้ำกะทิ ส่วนผลกระทบเนื่องจากอัตราการไหล พบว่าที่อุณหภูมิต่ำอัตราการไหลที่ต่ำมีผลทำให้อัตราการเกิดตะกรันมีค่ามาก ส่วนที่อุณหภูมิสูงอัตราการไหลมีผลน้อยมากต่ออัตราการเกิดตะกรัน

โดยสรุป งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทางวิศวกรรมในการได้มาซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการอธิบายการเกิดตะกรันของน้ำกะทิ และแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นจากผลการทดลองสามารถนำไปใช้ในการออกแบบระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากการทดลองได้ทำภายใต้สภาวะการดำเนินงานต่างๆ ที่มีความใกล้เคียงกับกระบวนการจริง

Abstract

The deposition of fouling deposit onto the heat transfer surface is a severe problem in food process industries. Most previous work in this area has concentrated on deposition from cow milk fouling at pasteurization temperatures. Since the nature composition of coconut milk is far different from cow milk, thus the rate of fouling due to the coconut milk might have its own characteristics. This research work describes preliminary work to study the problem of coconut milk fouling at pasteurization temperature, using a designed plate heat exchanger section fabricated at King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Thailand.

To understand how variations in temperature and flowrate affect coconut milk fouling, an apparatus which can be used to closely represent the performance of the real plant was constructed. The significant part of the apparatus is a test section, which composes of four flat stainless steel plates which can form three channels for coconut milk flowing in the middle channel counter-current with two hot water channels. The test section was incorporated with extensive temperature, pressure and flowrate instrumentation, to allow heat transfer coefficients, pressure drop, and deposit mass to be monitored.

Fouling at pasteurization temperatures (50-74.5 °C) and at three different flowrates (2,4 and 6 LPM) is reported. Measurement of the overall heat transfer coefficient and the dry masses of deposit in the product channel was done to obtain empirical models for the evolution of fouling with time ($\Delta Bi/\Delta t$ and $\Delta m/\Delta t$). The effect of temperature was to increase fouling rate when temperature decreased due to an increase of viscosity of coconut milk. The effect of fluid flowrate was also reported. For the operating temperature less than denaturation temperature (70 °C), the effect of flowrate was to increase the fouling rate when the flowrate decreased. However, the effect of flowrate was less significant at higher temperatures.

Throughout the work, the emphasis has been on using engineering methods to obtain data on fouling that may be useful in design and operation of plants. Thus, the approach has been to experiment on, and obtain models of the performance of the apparatus, under conditions of operation that approximate industrial practice.