ลบดาว แซ่ลี้ : การทำเข้มข้นน้ำสับปะรดด้วยการระเหยภายใต้สุญญากาศร่วมกับการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (CONCENTRATION OF PINEAPPLE JUICE BY VACUUM EVAPORATION COMBINED WITH ULTRASONIC ATOMIZATION AND INFRARED HEATING) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา ทองทา, 73 หน้า.

สับปะรดเป็นผลไม้ยอดนิยมชนิดหนึ่งที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลากหลาย โดยประเทศไทยถือเป็นหนึ่งในสิบประเทศ ที่มีการส่งออกน้ำสับปะรดในปริมาณสูงของตลาดโลก น้ำสับปะรดที่ส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบน้ำสับปะรดเข้มข้น เพื่อลดต้นทุนการส่งออก และยืดอายุการเก็บของน้ำสับปะรดในระหว่างการส่งออก การระเหยแบบสุญญากาศเป็นกระบวนการทำเข้มข้นน้ำผลไม้ที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ ให้ผลผลิตสูง และระดับความเข้มข้นที่สามารถทำได้อยู่ในช่วงกว้าง แต่อย่างไรก็ตาม ความร้อนที่สูงและระยะเวลาในการระเหยที่นาน มีผลต่อการลดคุณภาพของน้ำผลไม้หลังการทำเข้มข้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้คือ (1) ศึกษาประสิทธิภาพการระเหยของการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยในการระเหยภายใต้สุญญากาศรวมถึงค่าพีเอช และสีของน้ำสับปะรดหลังทำเข้มข้น (2) ศึกษาประสิทธิภาพการระเหยของการทำให้เป็นละออง ด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในการระเหยภายใต้สุญญากาศ รวมถึงค่าพีเอช และสีของน้ำสับปะรดหลังทำเข้มข้น และ (3) วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุดของการทำเข้มข้นน้ำสับปะรดในการทดลองเพื่อทำนายระยะเวลาในการระเหย การทดลองถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยส่วนแรก น้ำสับปะรดจะถูกทำเข้มข้นให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 45 องศาบริกซ์ด้วยวิธีการระเหยภายใต้สุญญากาศ (Vacuum evaporation, VE) การระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน (Rotary vacuum evaporation, VR) การทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในการระเหยภายใต้สุญญากาศ (Ultrasonic atomization assisted vacuum evaporation, UAV) และการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยในการระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน (Ultrasonic atomization assisted rotary vacuum evaporation, UAVR) ภายใต้สภาวะความดัน 70 มิลลิบาร์และที่อุณหภูมิ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาผลของการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในระบบการระเหยแบบสุญญากาศ พบว่า การทำเข้มข้นน้ำสับปะรดด้วยวิธี UAVR ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหยสูงสุดที่ 6.32 กรัมของน้ำต่อนาทีและใช้ระยะเวลาในการระเหย 17 นาทีซึ่งน้อยกว่าวิธี VR, UAV และ VE ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าพลังงานการกระตุ้นในการระเหยของวิธี UAVR ยังมีค่าน้อยกว่าเทียบกับวิธีอื่น ๆ ประมาณ 1.1-1.3 เท่า อย่างไรก็ตาม การทำเข้มข้นด้วยการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับการระเหยภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลในการช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของน้ำ

สับปะรดหลังทำเข้มข้นได้ โดยค่าความแตกต่างโดยรวมของสี (Total color different, ΔE^*) และดัชนีสีน้ำตาล (Browning index, BI) ของน้ำสับปะรดเข้มข้นจากวิธี VE, VR, UAV และ UAVR มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับการทดลองส่วนที่สอง น้ำสับปะรดจะถูกทำเข้มข้นให้มีความเข้มข้นสุดท้ายที่ 60 องศาบริกซ์ด้วยวิธีการระเหยด้วยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary vacuum evaporation, VR) การทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับการระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน (Ultrasonic atomization assisted rotary vacuum evaporation, UAVR) และการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิกร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในการระเหยภายใต้สุญญากาศแบบหมุน (Ultrasonic atomization combined infrared heating assisted rotary vacuum evaporation, UAVRI) ภายใต้สภาวะความดัน 40 มิลลิบาร์ ที่อุณหภูมิ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในการระเหยภายใต้สุญญากาศ โดยพบว่า การทำเข้มข้นน้ำสับปะรดด้วยวิธี UAVRI ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีอัตราการระเหยอยู่ที่ 4.82 กรัมของน้ำต่อนาที ซึ่งมากกว่าวิธี UAVR และ VR ตามลำดับ ระยะเวลาในการระเหยและค่าพลังงานการกระตุ้นอยู่ที่ 26 นาทีและ 35.97 กิโลจูลต่อโมลซึ่งมีค่าน้อยกว่าการทำเข้มข้นด้วยวิธี UAVR และVR ตามลำดับ การเพิ่มการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเข้าไปในระบบการทำให้เป็นละอองด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ช่วยในการระเหยภายใต้สุญญากาศในการทำเข้มข้นน้ำสับปะรดที่อุณหภูมิ 35-40 เซลเซียส มีผลในการช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในน้ำสับปะรดเข้มข้นได้ โดยค่า ΔE^* และ BI ของน้ำสับปะรดที่ผ่านการทำเข้มข้นด้วยวิธี UAVRI มีค่าน้อยกว่าการทำเข้มข้นด้วยวิธี UAVR และ VR ประมาณ 1.2-1.3 เท่า (ทั้งใน ΔE^* และ BI) ตามลำดับ การวิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าสมการของ Midilli เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดในการนำทำนายระยะเวลาในการระเหยของการทดลองทั้ง 2 ส่วน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

LOBDAW SAELEE : CONCENTRATION OF PINEAPPLE JUICE BY VACUUM EVAPORATION COMBINED WITH ULTRASONIC ATOMIZATION AND INFRARED HEATING. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUNANTA THONGTA, Ph.D., 73 PP.

PINEAPPLE JUICE/VACUUM EVAPORATION/ULTRASONIC ATOMIZATION/INREARED HEATING/MATHEMATIC MODEL

Pineapple is one of the most popular fruits which can be processed for various products. Thailand is a top ten exporter of pineapple juice in the world market. Vacuum evaporation is one of most suitable methods of fruit juice concentration in the industry. This process presents a low operating cost, high yield, and is achievable in a high range of juice concentration levels. However, the quality of concentrated juice is decreased due to high heat and long evaporation time. Therefore, the objectives of this work were (1) to study the efficiency of ultrasonic atomization assisted vacuum evaporation including pH and color of concentrated pineapple juice, (2) to study the efficiency of ultrasonic atomization and infrared heating assisted vacuum evaporation including pH and color of concentrated pineapple juice, and (3) to analyze the best mathematical model for predicting the evaporation time. The experiment was divided into two parts. The first part, the efficiency of ultrasonic atomization assisted vacuum evaporation was considered. Pineapple juice was concentrated by vacuum evaporation (VE), rotary vacuum evaporation (VR), ultrasonic atomization assisted vacuum evaporation (UAV) and ultrasonic atomization assisted rotary vacuum evaporation method (UAVR) methods at temperatures of 50,

55 and 60℃ under pressure 70 mbar. Pineapple juice concentration using UAVR at 60℃ had the highest evaporation rate of 6.32 g of water/min and the shortest evaporation time was 17 min. In addition, the activation energy of the UAVR method was lower than approximately 1.1–1.3 times of VR, UAV and VE methods. However, the total color difference (ΔE*) and browning index (BI) of concentrated pineapple juice by VE, VR, UAV and UAVR at temperatures of 50-60℃ were not significantly different ($p>0.05$). For the second part, pineapple juice was concentrated by rotary vacuum evaporation (VR), ultrasonic atomization assisted rotary vacuum evaporation (UAVR) and ultrasonic atomization and infrared heating assisted rotary vacuum evaporation (UAVRI) methods at temperatures of 35, 40 and 45℃ under pressure 40 mbar. The UAVRI method showed the highest evaporation rate (4.82 g of water/min) and the shortest evaporation time (26 min) at 45℃ of evaporation temperature. The activation energy of the UAVRI method was 35.97 kJ/mol, which was lower than the UAVR and VR methods. The infrared heating combined with the ultrasonic atomization-assisted rotary vacuum evaporation method decreased the brown color in concentrated pineapple juice. Pineapple juice concentration by UAVRI presented lower ΔE* and BI than the UAVR and VR methods around 1.2-1.3 times. The Midilli model proved to be the best mathematical model for predicting the evaporation time of both parts.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Food Technology

Academic Year 2021

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____