Special Research Project Title	Optimization of Supercritical Fluid Extraction of Isoflavone from Soybean Meal
Special Research Project Credits	6
Candidate	Ms. Kanjana Lummaetee
Special Research Project Advisor	Dr. Hong-ming Ku
Program	Master of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2013

Abstract

Supercritical fluid extraction technique is widely used in food industry because this technique is well known as a green separation process. The supercritical carbon dioxide is normally used as solvent because it is non-toxic, non-flammable and easy to remove. To extract isoflavone which consists of both polar and non-polar substances, adding methanol aqueous as co-solvent can increase the solubility of isoflavone. However, this technique has a high cost due to its high operating condition. Therefore, the study of optimization of supercritical fluid extraction of isoflavone from soybean meal can help find the optimum operating condition which provides the maximum profitability.

The objective of this study is to develop a mathematical model used to predict the yield of isoflavone from soybean meal in a supercritical extraction process using carbon dioxide and aqueous methanol as a co-solvent and to optimize the process using genetic algorithm (GA). To generate the mathematical model, a partial differential equation based on mass conservation was used to predict the yield of isoflavone extraction. The model parameters such as the density, the viscosity, the binary diffusion coefficient, the film mass transfer coefficient, the effective diffusivity, and the axial dispersion coefficient were estimated using available correlations, and the solubility was estimated using the Mohsen-Nia-Moddaress-Mansoori (MMM) equation of state. Moreover, finite difference was used to solve the partial differential equations in the model. The mathematical model was successfully validated with experimental data.

In the optimization, the operating conditions of isoflavone extraction process were identified as the decision variables and a profit function was maximized. Using GA, the optimum was found under the condition in which the carbon dioxide flow rate is 5.88 kg/h and the particle diameter is 0.68 mm, while the temperature is 323.15 K, the pressure is 59.45 MPa, and the extraction time is 283 minutes. The maximum profitability found under this optimal condition is 46.18 $ per batch.

Keywords: Isoflavone extraction/ Supercritical extraction/ Mathematical modeling/ Genetic algorithm/ Optimization

หัวข้อโครงการศึกษาวิจัย	ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไอโซฟลาโวนจากกากถั่วเหลืองด้วยวิธีการสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤต
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นางสาว กาญจนา ล้ำเมธี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ฮง-หมิง คู
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

เทคนิคการสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤตนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นเทคนิคการสกัดที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตจะนิยมถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลายเนื่องจากไม่มีสารพิษ, ไม่ติดไฟ และ ง่ายต่อการกำจัด โดยในการสกัดสารไอโซฟลาโวนซึ่งมีองค์ประกอบของสารมีขั้วและไม่มีขั้วนั้น การใช้สารละลายเมทานอลร่วมในตัวทำละลายจะช่วยเพิ่มความสามารถในการสกัดสารไอโซฟลาโวนได้ แต่เทคนิคการสกัดนี้มีค่าใช้จ่ายสูงเนื่องด้วยสภาวะการดำเนินการที่สูงกว่าจุดวิกฤต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการที่ส่งผลให้ได้กำไรสูงสุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถทำนายผลที่ได้จากการสกัดไอโซฟลาโวนด้วยเทคนิคการสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤต และศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไอโซฟลาโวนจากกากถั่วเหลืองโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยที่ได้จากสมการอนุรักษ์มวลสารถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายผลที่ได้จากการสกัดไอโซฟลาโวน โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้แก่ ค่าความหนาแน่น (the density), ค่าความหนืด (the viscosity), ค่าสัมประสิทธ์การแพร่ระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลาย (the binary diffusion coefficient), ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลผ่านฟิล์ม

(the film mass transfer coefficient), ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (the mass transfer coefficient), และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวตามแนวแกน (the axial dispersion coefficient) สามารถคำนวณได้จากสมการสหสัมพันธ์ และ ค่าการละลาย (the solubility) สามารถคำนวณได้จากสมการสภาวะของ มอห์เซนเนีย-มอดดาเรส-แมนซูริ (Mohsen Nia Moddaress Mansoori, MMM) วิธีการหาค่าเฉลยโดยประมาณได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองได้เป็นอย่างดี

ในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการนั้น สภาวะในการดำเนินการได้ถูกพิจารณาให้เป็นตัวแปรในการตัดสินใจ และกำไรที่ได้จากการดำเนินการถูกพิจารณาเป็นฟังก์ชันในการตัดสินใจ ซึ่งหลังจากใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการนี้ พบว่าสภาวะการดำการที่เหมาะสมภายใต้ ขนาดอนุภาคของกากถั่วเหลือง 0.68 มิลลิเมตร และ อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 5.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คือที่อุณหภูมิ 323.15 เคลวิน และ ความดัน 59.45 เมกะปาสคาล โดยใช้เวลาในการสกัดประมาณ 283นาที ซึ่งส่งผลให้ได้กำไรประมาณ 46.18 ดอลลาร์ ต่อ รอบการสกัด

คำสำคัญ : การสกัดไอโซฟลาโวน/การสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤต/ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์/
ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม/การหาสภาวะที่เหมาะสม