ศรีสุดา พฤกษา : ผลของสภาวะการตกผลึกต่อการกระจายอัตราการเติบโตของผลึกน้ำตาลทรายในสารละลายที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (THE EFFECT OF CRYSTALLIZATION CONDITIONS ON THE GROWTH RATE DISTRIBUTION OF SUCROSE CRYSTALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอเดรียน ฟลัด, 124 หน้า. ISBN 974–533–357–3

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อให้เข้าใจถึงผลของสภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการตกผลึกต่อการแจกแจงและการกระจายอัตราการเติบโตของนิวคลีไอ (nuclei) ของผลึกน้ำตาลทราย และตัวล่อผลึก การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งศึกษาการกระจายอัตราการเติบโต (GRD) ของผลึกนิวคลีไอ (nuclei) ของน้ำตาลทรายในสารละลายน้ำตาลบริสุทธิ์ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ อัตราการไหล และความอิ่มตัวยิ่งยวด ส่วนที่สองศึกษาการกระจายอัตราการเติบโต (GRD) ของผลึกนิวคลีไอ (nuclei) ของน้ำตาลทรายในสารละลายน้ำตาลที่ไม่บริสุทธิ์ที่ขึ้นกับความอิ่มตัวยิ่งยวด ชนิดของสิ่งเจือปน และอัตราส่วนของสิ่งเจือปนต่อน้ำ และในส่วนที่สามศึกษาการกระจายอัตราการเติบโต (GRD) ของตัวล่อผลึกบริสุทธิ์ที่ไม่ผ่านการบด และตัวล่อผลึกบริสุทธิ์และไม่บริสุทธิ์ที่ผ่านการบดในสารละลายน้ำตาลบริสุทธิ์ที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ความอิ่มตัวยิ่งยวดและชนิดของตัวล่อผลึก

การทดลองได้ออกแบบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาผลของทั้ง 3 ปัจจัย ที่มีต่อตัวแปรตาม 2 ตัว โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการแจกแจงอัตราการเติบโตของผลึกน้ำตาล ตัวแปรแต่ละตัวในทุกการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ค่าดังนี้ อัตราการไหลแบ่งได้เป็น หยุดนิ่ง และ 40 มล./วินาที อุณหภูมิของการทดลองส่วนที่ 1 และ 3 คือ 25°C และ 40°C และส่วนที่ 2 คือ 20°C และ 25°C ค่าความอิ่มตัวยิ่งยวด ($\Delta T = T - T^*$) จะมีค่าเป็น 10°C และ 5°C สารเจือปนที่ใช้ในการทดลองส่วนที่สองมี 4 ชนิดคือ กลูโคลส และฟรุคโตส ที่มีอัตราส่วนของสิ่งเจือปนต่อน้ำเท่ากับ 0.25 และ 0.5 โซเดียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มีอัตราส่วนของสิ่งเจือปนต่อน้ำเท่ากับ 0.2 และ 0.4 ตัวล่อผลึกที่ใช้ศึกษาในการทดลองส่วนที่สาม มีขนาดอยู่ในช่วง 106–150 ไมครอน ทุกการทดลองได้ทำการศึกษาในโฟโตไมโครสโกปิกเซลล์ (Photomicroscopic Cell) และผลึกนิวคลีไอ (nuclei) ได้มาจากวิธีที่เรียกว่า Contact Nucleation ผลึกเหล่านี้จะถูกเลือกแบบสุ่มอย่างน้อย 30 ผลึก เพื่อวัดอัตราการเติบโตและหาการกระจายการเจริญเติบโต (GRD) จากการทดลองพบว่าผลึกน้ำตาลมีการเติบโตด้วยกลไกการเติบโตที่ไม่ขึ้นกับขนาด และแสดงให้เห็นถึงการเกิดการกระจายอัตราการเติบโต (GRD)

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ พบว่าค่าอัตราการเติบโตเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.113–5.12×10^{-6} มม./วินาที 0.131–1.19×10^{-6} มม./วินาที และ 0.872–10.54×10^{-6} มม./วินาที และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) มีค่าระหว่าง 0.546–0.995, 0.305–0.679 และ 0.20–0.873 สำหรับการทดลองที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้แสดงถึงความเร็วของอัตราการเติบโต และ C.V แสดงถึงการกระจายอัตราการเติบโต ผลจากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA ต่อค่าเฉลี่ย พบว่าอุณหภูมิ ความอิ่มตัวยิ่งยวด และชนิดของสิ่งเจือปนมีอิทธิพลมากต่อค่าอัตราการเติบโตเฉลี่ย ในขณะที่อัตราการไหลและชนิดของตัวล่อผลึกมีอิทธิพลน้อยกว่า ผลจากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA ต่อค่า C.V. พบว่าในการทดลองส่วนที่หนึ่งไม่มีตัวแปรใดเลยที่มีนัยสำคัญต่อค่า C.V. หมายความว่าการกระจายขนาดมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับตัวแปรใดเลย ในการทดลองส่วนที่สองพบว่าความอิ่มตัวยิ่งยวด ชนิดของสิ่งเจือปน และปฏิสัมพันธ์ของทั้งสามตัวแปรมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อค่า C.V. หมายความว่าการกระจายขนาดมีสาเหตุมาจากปัจจัยดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการทดลองส่วนที่สามพบว่าความอิ่มตัวยิ่งยวด และชนิดของตัวล่อผลึกมีผลเพียงเล็กน้อยต่อค่า C.V. ดังนั้นจึงมีผลเพียงเล็กน้อยต่อค่า GRD ด้วย

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SRISUDA PUAGSA : THE EFFECT OF CRYSTALLIZATION CONDITIONS ON THE GROWTH RATE DISTRIBUTION OF SUCROSE CRYSTALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ADRIAN FLOOD, Ph.D. 124 PP. ISBN 974–533–357–3

CRYSTALLIZATION/GROWTH RATE DISTRIBUTION/GRD/SUCROSE

The objective of this study was to understand the effect of processing conditions on the growth rate distribution, and growth rate dispersion of sucrose nuclei and seed crystals. The experimental was separated into three parts; these involve determination of the growth rate dispersion of sucrose nuclei in pure aqueous sucrose solution as a function of temperature, flow rate and supersaturation; the growth rate dispersion of sucrose nuclei in impure stagnant sucrose solution as a function of supersaturation, type of impurity, and impurity/water ratio; and the growth rate dispersion of uncrushed pure seeds and crushed pure and impure seed crystals of sucrose in pure stagnant sucrose solution as a function of temperature, supersaturation and type of seed crystal.

The experiments used Analysis of Variance (ANOVA) designs, to study the effect of three factors on the response of two parameters, the mean and the coefficient of variation (C.V.) of the crystal growth rate distribution. Each factor of all sections was explored at two levels; stagnant and 40 mL/min for flow rate; temperatures were 25°C and 40°C for the first and the third section, and 20°C and 25°C for the second section; the supersaturation ($\Delta T = T–T^*$) had a high limit of 10°C and a low limit of 5°C. In the second section, there were four types of impurities used – glucose and fructose with impurity/water ratios of 0.25 and 0.5; sodium chloride and potassium

chloride with impurity/water ratios of 0.2 and 0.4. The seed crystals studied in the third section were in the size range between 106μm and 150μm. All experiments are investigated in the photomicroscopic cell, and nuclei were generated by contact nucleation. Contact nuclei were selected randomly, at least 30 nuclei, and their growth rate measured to determine a growth rate distribution. The crystal grew by a size independent growth mechanism, but display significant growth rate dispersion.

From the statistical results, the major considerations are the mean growth rate and coefficient of variation of the growth rate distribution; these parameters varied in the ranges between $0.113–5.12\times10^{-6}$ mm/s, $0.131–1.19\times10^{-6}$ mm/s and $0.872–10.54\times10^{-6}$ mm/s for growth rate, in the three experimental sections; and between 0.546–0.995, 0.305–0.679 and 0.20–0.873 for the C.V. in sections 1, 2, and 3 respectively. The mean growth rate is an average value of the speed of growth, and the C.V. shows how much the crystal growth rate is dispersed. The ANOVA results show that temperature, supersaturation and impurities are strong influences on the mean growth rate, however, flow and seed type are less significant effects. With the ANOVA results on C.V., all factors of the first section do not influence the C.V., that is, the dispersion is independent of all factors. However, in the second part, supersaturation, impurities and the interaction of all factors have a small significant effect on C.V., that is, the magnitude of growth rate dispersion can be affected by these factors in impure solutions. In the third section, supersaturation level and seed type have very small effects on the magnitude of the C.V., and therefore affect the level of GRD.

School of Chemical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2004 Advisor's Signature _____