

การกรอง

ในวิศวกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร

Filtration in Food Process Engineering



กัทวรา ปฐมรังษิยังกุล
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



การกรองเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นในการผลิตอาหารที่เป็นของเหลว เช่น น้ำผลไม้ น้ำมัน ไวน์ เบียร์ และน้ำเต้าหู้ หรือการผลิตอาหารแข็ง เช่น ช็อกโกแลต และน้ำตาลทราย หนังสือเล่มนี้อธิบายถึง กลไกการกรองเพื่อแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลว เครื่องกรองประเภทต่างๆ และหลักการทำงาน นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงการคำนวณด้านวิศวกรรม กระบวนการอาหารที่เกี่ยวกับการกรอง เช่น การคำนวณเวลาในการกรอง ความดัน ในเครื่องกรอง และพื้นที่ของเครื่องกรองที่ต้องใช้ในการกรอง เป็นต้น รวมทั้งมีการอธิบายถึงวิธีการทำสมดุลมวลของอาหารหรือสารที่เข้าและออกเครื่องกรอง ผู้เขียนหวังว่าเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบกระบวนการกรอง ที่มีประสิทธิภาพ ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความปลอดภัย และมีคุณภาพ (เช่น ความหนืด ความหนาแน่น ความใส และความชื้น) เป็นไปตามมาตรฐาน



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN 978-616-398-159-2



9 786163 981592

ราคา 320 บาท



การกรอง

ในวิศวกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร

Filtration in Food Process Engineering

กัทวรา ปฐมรังษิยังกุล
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2560



การกรองในวิศวกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร

บรรณาธิการ: สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา
ISBN: 978-616-398-159-2
ผู้แต่ง: ภัทรา ปฐมรังษิยังกุล
เจ้าของและผู้จัดพิมพ์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศูนย์บริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์: 0 5394 3603-4
โทรสาร: 0 5394 3600
<http://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: cmupress.th@gmail.com
พิมพ์ครั้งแรก: เมษายน 2560

ราคา: 320 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรม:

ภัทรา ปฐมรังษิยังกุล

การกรองในวิศวกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร.-- พิมพ์ครั้งที่ 1.-- เชียงใหม่

: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์บริหารงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560.

100 หน้า

1. อาหาร--การแปรรูป. I. ชื่อเรื่อง

664.024

ISBN 978-616-398-159-2

ออกแบบและพิมพ์: บริษัท โลกสีขาว (ประเทศไทย) จำกัด

© สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนแบบ ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของตำราเล่มนี้ รวมทั้งการจัดเก็บ
ถ่ายทอดไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใดๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ การบันทึกหรือวิธีการอื่นใด
โดยไม่ได้รับอนุญาต

กรณีต้องการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 0 5394 3605 โทรสาร: 0 5394 3600

<http://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: cmupress.th@gmail.com





คำนิยม

กระผมได้มีโอกาสอ่านต้นฉบับของหนังสือ เรื่องการกรองในวิศวกรรมกระบวนการแปรรูปอาหาร ซึ่งเป็นหนังสือที่ให้รายละเอียดสำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกรองไว้อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการกรอง รายละเอียดของเครื่องกรองชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนรายละเอียดวิธีการคำนวณเพื่อให้ได้ผล ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบ และการทำงานของเครื่องกรองชนิดต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยเหตุนี้กระผมจึงรู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้ทราบว่าสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้จัดการพิมพ์หนังสือเล่มนี้ออกมาเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านในวงกว้าง หนังสือเล่มนี้นับเป็นหนังสือเล่มแรกๆ ที่รวบรวมข้อมูลที่สำคัญในแง่มุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกรองไว้เป็นภาษาไทย ซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านจับประเด็นต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วว่าการอ่านหนังสือภาษาต่างประเทศเป็นอย่างมาก

กระผมจึงมั่นใจว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านที่กำลังศึกษาหรือปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการกรอง ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจในกระบวนการที่สำคัญยิ่งนี้โดยทั่วไป และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นบันไดขั้นแรกในการประยุกต์ใช้และพัฒนาระบบการกรองให้ดียิ่งๆ ขึ้นไปในอุตสาหกรรมอาหาร (และอุตสาหกรรมอื่นๆ) ของประเทศ

ศ.ดร.สักรมณ เทพหัสดิน ณ อยุธยา





คำนำ

ในกระบวนการผลิตอาหารประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ ไวน์ เบียร์ และน้ำเต้าหู้ ตลอดจนอาหารแข็งบางชนิด เช่น ช็อกโกแลต และน้ำตาลทราย ต้องมีการกรองเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิต การกรองจึงนับเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ และเป็นหัวข้อหลักหัวข้อหนึ่งในการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมกระบวนการอาหาร และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ด้วยเหตุดังกล่าวผู้เขียนจึงได้เรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ขึ้นเพื่อให้นักศึกษาในสองสาขาวิชานี้ได้ใช้ประกอบการศึกษาในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการกรอง โดยเน้นเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการกรองเพื่อแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลว ชนิดของเครื่องกรอง สมการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกรองประเภทต่างๆ การคำนวณสมมูลมวลในการกรอง รวมทั้งยกตัวอย่างการคำนวณด้านวิศวกรรมกระบวนการอาหารที่เกี่ยวข้องกับการกรอง เช่น การคำนวณเวลาในการกรอง ความดันลดในเครื่องกรอง และพื้นที่ของเครื่องกรองที่ต้องใช้ในการกรอง เป็นต้น ทั้งนี้ในส่วนของการคำนวณ นักศึกษาควรต้องมีพื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวกับกลศาสตร์ของไหลและกฎการอนุรักษ์มวลมาก่อน

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าความรู้ในหนังสือเล่มนี้จะเป็นพื้นฐานให้นักศึกษาสามารถเลือกใช้เครื่องกรองและกำหนดสภาวะการทำงานของกระบวนการกรองในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างถูกต้องต่อไป

ภัทวรา ปฐมรังษิยังกุล

เมษายน พ.ศ. 2560



สารบัญ

คำนิยาม

คำนำ

สารบัญ

บทนำ

1. การกรอง

1.1 กลไกการกรอง

1.2 ตัวกลางกรอง

1.3 สารช่วยกรอง

1.4 ตัวอย่างการใช้เครื่องกรองในอุตสาหกรรมอาหาร

2. เครื่องกรอง

2.1 เครื่องกรองด้วยความดันแบบกะ

2.1.1 เครื่องกรองแบบกด

2.1.2 เครื่องกรองแบบเป็ลือกและใบ

2.2 เครื่องกรองแบบสุญญากาศแบบต่อเนื่อง

2.2.1 เครื่องกรองแบบสุญญากาศแบบหมุน

2.2.2 เครื่องกรองแบบสายพานแนวนอน

2.3 เครื่องกรองแบบสุญญากาศแบบกะ

3. การคำนวณเกี่ยวกับการกรอง

3.1 ความดันลดทั้งหมดคร่อมเครื่องกรอง

3.2 สมการของ Kozeny-Carman

3.3 ความดันลดคร่อมก้อนของแข็ง

3.4 ความดันลดคร่อมตัวกลางกรอง

3.5 สมการพื้นฐานในการคำนวณเรื่องการกรอง

3.6 สมการของการกรองที่ความดันคงที่

3.6.1 สมการความต้านทานของก้อนของแข็งที่ได้จากการทดลอง

3.6.2 สมการของการกรองแบบต่อเนื่อง

3.7 สมการของการกรองที่อัตราการกรองคงที่

4. สมดุลมวลในการกรอง

4.1 สมการสมดุลมวล

4.2 วิธีการทำสมดุลมวลในการกรอง

5. แบบฝึกหัด

บรรณานุกรม

ดัชนี

สัญลักษณ์

ค่าคงที่การเปลี่ยนหน่วย

หน้า

I

II

III

1

3

3

4

4

6

7

7

7

11

13

13

14

15

17

17

19

23

27

28

29

30

51

58

67

67

70

83

87

89

91

93





การกรอง (Filtration) คือ การแยกอนุภาคของแข็งที่ผสมหรือปนอยู่ในของไหลให้ออกจากของไหลด้วยวิธีทางกายภาพหรือทางกล โดยนำส่วนผสมมากรองผ่าน**ตัวกลางกรอง (Filtering medium)** ที่มีรูพรุน ตัวกลางกรองจะกักอนุภาคไว้ ส่วนของไหลจะไหลผ่านตัวกลางกรองออกไปได้ ทั้งนี้ของไหลอาจเป็นของเหลวหรือแก๊สก็ได้ สำหรับในกระบวนการผลิตอาหารจะทำการกรองเพื่อแยกของเหลวกับอนุภาคของแข็งออกจากกัน โดยเป็นวิธีการแยกด้วยวิธีทางกลซึ่งใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีการแยกที่ใช้ความร้อนหรืออุณหภูมิสูง เช่น การระเหย และการทำแห้ง

ในอุตสาหกรรมมีการใช้เครื่องกรองกันอย่างแพร่หลายเพื่อแยกอนุภาคที่ผสมหรือปนอยู่ในของไหล ทั้งในกลุ่มที่มีขนาดเล็กมาก (ในช่วงไมโครเมตร) และขนาดใหญ่ ของแข็งบางชนิดมีความแข็งมาก ในขณะที่บางชนิดอาจมีลักษณะนิ่ม นอกจากนั้นยังมีความหลากหลายในแง่ของรูปร่าง โดยอาจมีทั้งอนุภาคทรงกลม หรือทรงเหลี่ยมชนิดอื่นๆ หรืออาจมีรูปร่างไม่แน่นอน ของแข็งบางชนิดอยู่เป็นอิสระไม่ติดกัน แต่บางชนิดก็อยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อน

ในกรณีของอุตสาหกรรมอาหาร มีการประยุกต์ใช้กระบวนการกรองในหลากหลายกิจกรรม เช่น การกรองน้ำผลไม้ให้ใส การกรองน้ำตาล การกรองไวน์ และการกรองน้ำเต้าหู้ ทั้งนี้อาจมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกอนุภาคของแข็งหรือของเหลวไปใช้ประโยชน์หรือนำไปเพิ่มมูลค่าต่อไป หรืออาจเป็นการกรองเพื่อประโยชน์ในแง่ของการกำจัดของเสียหรือรักษาสภาพแวดล้อมของกระบวนการ เช่น การกรองเพื่อแยกของเสียที่เป็นของแข็งและของเหลวจากน้ำเสียก่อนนำไปบำบัด ในการกรองบางครั้งอาจต้องการแยกอนุภาคของแข็งออกจากของเหลวอย่างสมบูรณ์ แต่ในบางครั้งอาจต้องการแยกอนุภาคของแข็งออกเพียงบางส่วนก็ได้

ส่วนผสมที่นำมากรองอาจมีปริมาณของแข็งผสมอยู่น้อยมากหรือสูงมากก็ได้ หากส่วนผสมที่นำมากรองมีความเข้มข้นต่ำอาจต้องนำส่วนผสมที่ต้องการกรองไปผ่านกระบวนการบางอย่างก่อนเพื่อให้การกรองเกิดขึ้นได้เร็วมากยิ่งขึ้น เช่น นำไปผ่านการให้ความร้อน นำไปตกผลึก หรือเติมสารช่วยกรอง เช่น **เซลลูโลส (Cellulose)** หรือ**ไดอะตอมเซียสเอิร์ท (Diatomaceous earth)** เป็นต้น

ในตอนท้ายของการกรองแยกของแข็งกับของเหลว ช่องว่างเล็กๆ ระหว่างอนุภาคในของแข็งที่กรองได้อาจมีสารละลายของตัวถูกละลายอยู่ หากต้องการกำจัดตัวถูกละลายออกมาทำได้โดยการปล่อยน้ำสะอาดหรือสารละลายที่เหมาะสมเข้าไปล้างตัวถูกละลายออกมา



ผลต่างของความดันทำให้ของเหลวสามารถไหลไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของแข็งและผ่านรูพรุนของตัวกลางกรองจนไหลออกไปจากเครื่องกรองได้ ของแข็งและตัวกลางกรองจะต้านทานการไหลสามารถหาความต้านทานของของแข็งและตัวกลางกรองได้จากหลักการคำนวณทางวิศวกรรมกระบวนการอาหาร สมการของการกรองแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือสมการของการกรองเมื่อผลต่างของความดันในการกรองคงที่ และสมการของการกรองที่อัตราการใช้ของเหลวคงที่ โดยสมการจะอยู่ในรูปของตัวแปรที่วัดได้ หากทราบสมการของการกรองในเครื่องกรองขนาดเล็กหรือการทดลองในห้องปฏิบัติการ สามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่การทำนายสมรรถนะของเครื่องกรองขนาดใหญ่บนพื้นฐานของข้อมูลจากการทดลองในระดับปฏิบัติการได้

การกรองมีมวลสารเข้าและออกจากเครื่องกรอง การทำสมดุลมวลของการกรองทำให้ทราบมวลของสารที่เข้าและออกจากเครื่องกรองได้ทุกตัว และยังใช้หาความเข้มข้นของสารได้ สมดุลมวลเป็นพื้นฐานที่ต้องใช้ในการควบคุมกระบวนการแปรรูปอาหาร การควบคุมร้อยละผลผลิต และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในกระบวนการกรองควรมีการทำสมดุลมวลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของมวลสารที่เข้าและออกจากเครื่องกรองเสมอ



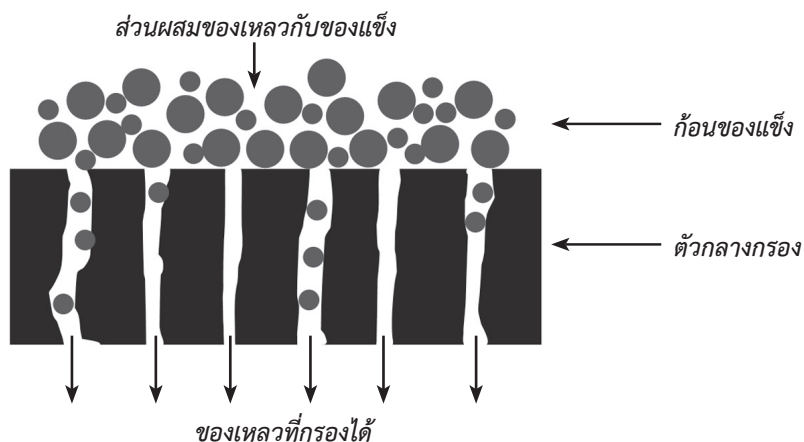


การกรอง

1.1 กลไกการกรอง

กลไกการกรองอาจแสดงได้ดังรูปที่ 1 ส่วนผสมที่นำมากรองเรียกว่า **ส่วนผสมของเหลวกับของแข็ง (Slurry)** เมื่อนำมากรองผ่านตัวกลางกรอง ในตอนเริ่มต้นของการกรองของเหลวจะไหลผ่านรูพรุนของตัวกลางกรองไปได้ และอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของตัวกลางกรองจะสามารถผ่านเข้าไปในรูพรุนของตัวกลางกรอง และอาจติดอยู่ในตัวกลางกรองได้ ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของตัวกลางกรองจะเริ่มก่อตัวที่ผิวของตัวกลางกรองเป็นชั้นหนาขึ้นเรื่อยๆ เรียกว่าเป็น **ก้อนของแข็ง (Cake)** ดังนั้นตัวกลางกรองจะทำหน้าที่กรองเฉพาะในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการกรองเท่านั้น เพราะหลังจากผ่านจุดเริ่มต้นของการกรองไปแล้วก้อนของแข็งที่ก่อตัวนี้จะทำหน้าที่กรองแทนตัวกลางกรอง ส่วนของเหลวจะไหลไปตามช่องว่างเล็กๆ ระหว่างอนุภาคของแข็งจนไปถึงตัวกลางกรอง และไหลผ่านรูพรุนของตัวกลางกรองออกไป ได้เป็น **ของเหลวที่กรองได้ (Filtrate)** เมื่อก้อนของแข็งที่ผิวของตัวกลางกรองมีความหนาตามที่ต้องการก็จะถูกกำจัดออกไปจากตัวกลางกรอง

การกรองต้องการแรงขับเคลื่อนสูงเพื่อให้ของเหลวไหลผ่านตัวกลางกรองได้ ดังนั้นจึงต้องมีความแตกต่างของความดันระหว่างสองด้านของตัวกลางกรอง ความแตกต่างของความดันอาจเกิดจาก ความดันของด้านที่จะเข้าตัวกลางกรองมีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศส่วนด้านที่ออกจากเครื่องกรองเป็นความดันบรรยากาศปกติ หรือความดันของด้านที่จะเข้าตัวกลางกรองเท่ากับความดันบรรยากาศในขณะที่ความดันของด้านที่ออกจากตัวกลางกรองเป็นสุญญากาศ



รูปที่ 1 กลไกการกรอง

