ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249448

ผลของสภาวะไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อจลนพลศาสตร์และสมบัติบางประการของการอบแห้งแครอทแผ่น

ชิรัสย์กริช ทันปรียะชญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

b00254585

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249448

ผลของสภาวะไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อจลนพลศาสตร์และผลิตภัณฑ์ของการอบแห้งแครอทแผ่น

จิรัสย์กริณ ตันปรียะชญา

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กันยายน 2554

ผลของสภาวะไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อจลนพลศาสตร์
และผลิตภัณฑ์ของการอบแห้งแครอทแผ่น

จิรัสย์กริณ ตันปรียะชญา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กอดขวัญ นามสงวน

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ ดุษฎี

.....กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กอดขวัญ นามสงวน

19 กันยายน 2554

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กอดขวัญ นามสงวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารีย์ อัจฉริยวิริยะ ซึ่งเป็นผู้กรุณาให้ความรู้ ความเข้าใจ คำแนะนำต่างๆ ตลอดจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ ดุษฎี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พฤทธ์ สกุลช่างสัจจะทัย ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คุณครูทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน แนะนำตักเตือนผู้เขียนจนมีวันนี้

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนการวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ดำเนินงานวิจัย เครื่องมือวัด และอุปกรณ์ประกอบการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณสารภี ชัญถาวร คุณณัฐวุฒิ กุลเสถียร และนักศึกษาทุกคนในห้องปฏิบัติการอบแห้ง รวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดี ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ น้อง และญาติๆ ที่ค่อยให้กำลังใจ คอยเอาใจใส่ดูแล และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง โดยเฉพาะให้การศึกษาที่ดีแก่ผู้เขียนมาโดยตลอด ความสำเร็จใดๆ ที่มีได้ในชีวิตขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้คงจะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากก็น้อยต่อไป

จิรัสย์กริณ ตันปรียะชญา

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลของสภาวะไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อจลนพลศาสตร์และผลิตภัณฑ์ของการอบแห้งแครอทแผ่น

ผู้เขียน นาย จิรัสย์กริณ ตันปริยะชญา

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.กอดขวัญ นามสงวน

บทคัดย่อ

249448

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเร็วลมของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและคุณภาพของแครอทแผ่นและพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง โดยได้ทำการทดลองอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120, 140, 160 และ 180°C ± 2°C และความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วง 2 ถึง 4 m/s ภายใต้ความดันบรรยากาศ แครอทแผ่นมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 1000% มาตราฐานแห้ง อบแห้งจนเหลือความชื้นประมาณ 18% มาตราฐานแห้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพสี เนื้อสัมผัส การหดตัว และการคืนตัวของแครอทแผ่นหลังการอบแห้ง

จากการศึกษาพบว่า การอบแห้งแครอทโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ค่าความชื้นในวัสดุจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและช้าลงในช่วงหลังของการอบแห้ง อุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีผลต่อเวลาการอบแห้งโดยอุณหภูมิมีผลมากกว่าความเร็ว โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นเวลาการอบแห้งจะลดลง จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมและค่าคงที่การอบแห้งมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งและความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นและจากการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากสมการการอบแห้งทางทฤษฎีและกึ่งทฤษฎี มาใช้ทำนายผลการทดลองการอบแห้งแครอทด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง พบว่าสมการการอบแห้งกึ่งทฤษฎีสามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าสมการการอบแห้งทางทฤษฎี

249448

ด้านคุณภาพของแครอทแผ่นหลังการอบแห้ง พบว่าเมื่ออุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นจะทำให้ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำและลดลงที่อุณหภูมิสูง ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นและค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นพบว่าค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำและลดลงที่อุณหภูมิสูงและค่าความสว่างเพิ่มขึ้น

จากการพิจารณาด้านเนื้อสัมผัสและการหดตัว พบว่าเมื่ออุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นมีผลทำให้แครอทอบแห้งมีค่าความแข็งและความเหนียวลดลง และด้านการหดตัวก็มีผลสอดคล้องกับเนื้อสัมผัสกล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงขึ้นมีผลทำแครอทอบแห้งมีค่าการหดตัวลดลง และจากการพิจารณาด้านการคืนตัวพบว่าการอบแห้งแครอทด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิต่ำให้ค่าการคืนตัวน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงและการอบแห้งแครอทด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความเร็วต่ำจะให้ค่าการคืนตัวน้อยกว่าการอบแห้งที่ความเร็วสูง จากการพิจารณาทั้งคุณภาพและระยะเวลาในการอบแห้งพบว่า การอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถลดเวลาอบแห้งให้สั้นลง และแครอทแผ่นหลังการอบแห้งยังมีคุณภาพดี

Thesis Title	Effect of Superheated Steam Conditions on Kinetics and Product of Sliced Carrot Drying
Author	Mr. Jiraskarin Tanpreeyachaya
Degree	Master of Engineering (Energy Engineering)
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Kodkwan Namsanguan

ABSTRACT

249148

The purposes of this research are to study the effects of superheated steam temperature and steam velocity on drying kinetics and quality of sliced carrot and to develop the mathematical model of drying. In the experiment, sliced carrot is dried at steam temperatures of 120, 140, 160 and 180°C ± 2°C and velocities of 2 - 4 m/s under atmospheric pressure. The moisture content of sliced carrot is reduced from 1000% to 18% dry basis. For the quality of dried product, the criteria for evaluation of quality were color, texture (hardness and toughness) shrinkage and rehydration behavior.

The results showed that moisture ratio of material rapidly decrease in first period and decelerate after drying carrot with superheated steam, that means The temperature had a greater effect on drying curve than the velocity. It was found that drying period decreased when the superheated steam temperature and superheated steam velocity increased. The effective diffusion coefficient and drying constant increased with increasing of superheated steam temperature and superheated steam velocity. Drying kinetic models, including theoretical model and semi-theoretical model, were developed and validated with experimental results. It was found that semi-theoretical model gave better predictions than the other.

249148

For the quality of dried carrot, it was found that yellowness and lightness values increased with increasing steam temperature. Otherwise, the redness value increased at low temperatures and decreased at high temperatures. Redness and yellowness values increased at low temperatures and decreased at high temperatures while lightness value increased when steam velocity increased. From the consideration of texture (hardness and toughness) and shrinkage, it was found that the hardness and toughness decreased with the increasing of the temperature and velocity of superheated steam. And the result of the shrinkage was consistent with the toughness when the temperature and velocity of superheated steam increased; the shrinkage of dried carrot decreased. Drying with superheated steam at lower temperature gave the samples with less rehydration than that at higher. And also, Drying with superheated steam at low velocity gave the samples with less rehydration than that at higher. Ultimately, by the consideration of quality and the period of drying, it was found that drying with superheated steam at 180°C and 4 m/s is the optimal condition for drying sliced carrot in this study since it could decrease the period of drying and the quality of dried carrot is acceptable.

สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฑ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ถ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	7
1.5 ขอบเขตการการศึกษา	7
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	8
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแครอท	8
2.2 การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	10
2.3 คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร	15
2.4 สมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	23
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง	23
3.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	24
3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ	24
3.4 วิธีการทดลอง	25

3.4.1 วิธีการทดลองอบแห้งแครอทโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 25
3.4.2 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 25
3.4.3 การทดสอบคุณภาพของแครอทแผ่นหลังการอบแห้ง 25
3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 28

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 31
4.1 ผลการทดลองหาการลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 31
4.2 การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของสมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวม (D) ของสมการจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งทางทฤษฎี 34
4.3 การวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ค่าคงที่การอบแห้งของสมการจลนพลศาสตร์การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี 45
4.4 ผลการทดลองวัดค่าสีของแครอทแผ่นอบแห้ง 55
4.5 ผลการทดลองวัดค่าเนื้อสัมผัสของแครอทแผ่นอบแห้ง 57
4.6 ผลการทดลองวัดค่าการหดตัวของแครอทแผ่นอบแห้ง 58
4.7 ผลการทดลองวัดค่าการคืนตัวของแครอทแผ่นอบแห้ง 60

บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 61
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์ 61
5.2 ข้อเสนอแนะ 62

เอกสารอ้างอิง 63

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 67

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลองการอบแห้ง 73

ภาคผนวก ค ผลการคำนวนค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมและค่าคงที่การอบแห้ง 91

ภาคผนวก ง ผลการคำนวนอัตราส่วนความชื้นจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 94

ภาคผนวก จ ข้อมูลการทดลองการหาปริมาตรของวัสดุหลังอบแห้ง 101

ภาคผนวก ฉ การคำนวณหาค่าความชื้นของวัสดุ การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด การวิเคราะห์ความแปรปรวน และตัวอย่างการคำนวณ 105

ภาคผนวก ช บทความตีพิมพ์ 131

ประวัติผู้เขียน 137

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของแครอท จากส่วนที่เป็นอาหาร 100 กรัม	9
2.2 สมการแบบจำลองค่า D ของการอบแห้งวัสดุต่าง ๆ ด้วยลมร้อน	21
4.1 สมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (D) สำหรับการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วงอุณหภูมิ 120 - 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 – 4 m/s	37
4.2 สมการแบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งแบบกึ่งทฤษฎี (k) สำหรับการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วงอุณหภูมิ 120 - 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 – 4 m/s	47
4.3 ค่าสีของแครอทแผ่นหลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วต่าง ๆ	56
4.4 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสได้แก่ ค่า Hardness และ Toughness ของแครอทแผ่นที่อบด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วต่างๆ	58
4.5 คุณภาพด้านการหดตัวของแครอทแผ่นหลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิและความเร็วต่างๆ	59
ข.1 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s	74
ข.2 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s	75
ข.3 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s	77
ข.4 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s	78
ข.5 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s	80
ข.6 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s	81

ข.7 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 83
ข.8 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 84
ข.9 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 86
ข.10 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 87
ข.11 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 88
ข.12 ข้อมูลการทดลองและผลการหาอัตราส่วนความชื้นของแครอทที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 89
ค.1 ผลการคำนวนค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 140, 160 และ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2, 3 และ 4 m/s 92
ค.2 ผลการคำนวนค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 140, 160 และ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2, 3 และ 4 m/s 93
ง.1 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 95
ง.2 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 95
ง.3 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 96
ง.4 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 96
ง.5 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 97
ง.6 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 140°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 97
ง.7 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 98

ง.8 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 98
ง.9 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิ 160°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 99
ง.10 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 99
ง.11 อัตราส่วนความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 99
ง.12 อัตราส่วนุความชื้นของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิ 180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s (จากผลการทดลองและแบบจำลอง) 100
จ.1 ข้อมูลการทดลองการหาปริมาตรของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120, 140, 160 และ 180°C ความเร็ว 2 m/s 102
จ.2 ข้อมูลการทดลองการหาปริมาตรของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120, 140, 160 และ 180°C ความเร็ว 3 m/s 103
จ.3 ข้อมูลการทดลองการหาปริมาตรของแครอทแผ่นที่ทำการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งอุณหภูมิ 120, 140, 160 และ 180°C ความเร็ว 4 m/s 104

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
2.1	ลักษณะทางกายภาพของชั้นแห้งและโซนเปียกในการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	11
2.2	ระบบการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	12
2.3	การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ: Hue บรรยายถึงเฉดสีและ Chroma บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี	16
2.4	ปริมาตรบังคับ	19
2.5	ลักษณะการแพร่ของน้ำภายในวัสดุ	20
3.1	แสดงระบบอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	24
3.2	แสดงการหาปริมาตรของวัตถุ	27
4.1	การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการอบแห้งแครอทแผ่นที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120-180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s	31
4.2	การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการอบแห้งแครอทแผ่นที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120-180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s	32
4.3	การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการอบแห้งแครอทแผ่นที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120-180°C ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s	32
4.4	การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2-4 m/s อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120°C	33
4.5	การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2-4 m/s อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 140°C	33

4.6 การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2-4 m/s อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 160°C 34

4.7 การลดลงของความชื้นหลังการอบแห้งแครอทแผ่นโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2-4 m/s อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 180°C 34

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมกับอุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการทดลองอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 – 4 m/s 35

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นโดยรวมกับความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการทดลองอบแห้งแครอทแผ่นที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120-180°C 36

4.10 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 38

4.11 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 38

4.12 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 39

4.13 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 39

4.14 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 40

4.15 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 40

4.16 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 41
4.17 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 41
4.18 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 42
4.19 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 42
4.20 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 43
4.21 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 43
4.22 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 44
4.23 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 44
4.24 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นจากผลการทดลองกับค่าที่ได้จาก การคำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 45
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งกึ่งทฤษฎีกับอุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการทดลองอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 – 4 m/s 46
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การอบแห้งกึ่งทฤษฎีกับความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่งจากการทดลองอบแห้งแครอทแผ่นที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 120 - 180°C 46

4.27 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการอบแห้งที่หาได้จากการทดลอง กับค่าที่หาจาก Semi – Theorical Equation แบบจำลองที่ 4 และ 5 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 48

4.28 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการอบแห้งที่หาได้จากการทดลอง กับค่าที่หาจาก Semi – Theorical Equation แบบจำลองที่ 4 และ 5 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 48

4.29 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของการอบแห้งที่หาได้จากการทดลอง กับค่าที่หาจาก Semi – Theorical Equation แบบจำลองที่ 4 และ 5 จากการอบแห้งแครอทแผ่นที่ความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 49

4.30 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 49

4.31 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 50

4.32 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 50

4.33 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 51

4.34 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 51

4.35 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 140°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 52

4.36 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณโดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 52

4.37 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณ โดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 53

4.38 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณ โดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 160°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 53

4.39 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณ โดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 2 m/s 54

4.40 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณ โดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 3 m/s 54

4.41 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ได้จากการทดลองและค่าที่คำนวณ โดยใช้แบบจำลองค่าคงที่การอบแห้งของการอบแห้งแครอทแผ่นด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 180°C และความเร็วไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 4 m/s 55

4.42 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการคืนตัวกับเวลาที่แช่ในน้ำเดือดของแครอทแผ่น หลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 140, 160 และ180°C และความเร็ว 2, 3 และ 4 m/s 60

ก.1 เครื่องอบแห้งไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 68

ก.2 ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ยี่ห้อ WBT Binderรุ่น BD/ED/FD with R3-Controller 68

ก.3 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลความละเอียด 0.001 g ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 323 S 69

ก.4 อุปกรณ์วัดความเร็วลมและความดัน ยี่ห้อ TSI รุ่น 8385-M-GB 69

ก.5 เวอร์เนียร์ 70

ก.6 เครื่องวัดสี Miniscan XE plus 70

ก.7 เครื่องดูดอากาศและเครื่องผนึกถุง 71

ก.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Kane-May รุ่น KM330 (Type K) 71

ก.9 เครื่อง Texture Analyzer (TA.XT2*i*/50 Texture Technologies, US) 72

ก.10 การจัดอุปกรณ์วัดปริมาตรของวัสดุ 72

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	พื้นที่การถ่ายเทมวล, m^2
C	ความเข้มข้นของความชื้น, kg / m^3
D	สัมประสิทธิ์การแพร่, m^2 / h
D_0	Arrhenius factor, m2/h
E_a	พลังงานกระตุ้น, kJ/kmol
l	ความหนาวัสดุ, m
k	ค่าคงที่ของการอบแห้ง, h^{-1}
M	ความชื้นวัสดุ, % มาตรฐานแห้ง
$\overline{M}$	ความชื้นเฉลี่ย, % มาตรฐานแห้ง
M_{in}	ความชื้นเริ่มต้น, % มาตรฐานแห้ง
M_{eq}	ความชื้นสมดุล, % มาตรฐานแห้ง
$\dot{m}_w$	อัตราการถ่ายเทมวล, kg / h
m_s	มวลที่วัดได้จากเครื่องชั่งเมื่อใส่วัตถุที่ต้องการหาปริมาตร, g
m_n	มวลที่วัดได้จากเครื่องชั่งเมื่อไม่ใส่วัตถุที่ต้องการหาปริมาตร, g
$(m_s - m_n)_0$	ผลต่างมวลที่วัดได้ก่อนอบแห้ง, g
$(m_s - m_n)_f$	ผลต่างมวลที่วัดได้หลังอบแห้ง, g
MR_{pr}	ค่าตัวแปรตามที่คำนวณได้จากสมการการวิเคราะห์แบบกำลังสองน้อยที่สุด
$\overline{MR}$	ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง
MR_{exp}	ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลอง
N	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
ρ	ความหนาแน่นของของเหลว, g/ml
R	ค่าคงที่สากลของก๊าซ มีค่าเท่ากับ 8.314 kJ / kmol·K
RH	ความชื้นสัมพัทธ์, เศษส่วน
t	เวลา, h
T	อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, °C
T_{abs}	อุณหภูมิสัมบูรณ์ของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง,K

V	ความเร็ว หรือ ปริมาตรของวัตถุที่ต้องการหาปริมาตร, m/s หรือ ml
V_0	ปริมาตรของวัตถุเริ่มต้นอบแห้ง, ml
V_f	ปริมาตรของวัตถุหลังอบแห้ง, ml
W_t	มวลของแครอทที่ทำการคืนตัวที่เวลาใด ๆ, g
W_d	มวลของแครอทแห้ง, g
x	ระยะทาง, m
IU	เป็นหน่วยในการวัดปริมาณ ที่ใช้กับยาบางชนิด, วัคซีน, วิตามิน, ฮอร์โมน, เลือด ซึ่งไม่ได้วัดทางกายภาพ เช่นน้ำหนัก, ความสูง ฯลฯ แต่วัดจากการเหนี่ยวนำให้เกิดผลทางชีวภาพได้ของยาเมื่อเทียบกับปริมาณของสารออกฤทธิ์ในยาที่ทำให้เกิดทางชีวภาพที่เท่าเทียมกัน เช่น วิตามินอี 1 IU จะเท่ากับปริมาณ d-alpha-tocopherol 0.667 mg
EUR	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่เป็นประโยชน์ในกระบวนการอบแห้งสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของพลังงานที่เป็นประโยชน์
SCCD	การใช้เทคนิคซูเปอร์คริติคัลฟลูอิดที่เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อใช้เตรียมอนุภาคขนาดเล็ก เช่น ไลโปโซมและสกัดสารต่างๆ
SFE	เทคนิคการสกัดสาร โดยใช้ซูเปอร์คริติคัลฟลูอิด มีข้อดี คือ เป็นวิธีการที่ใช้ความร้อนต่ำและมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ นิยมนำมาใช้สกัดสารประเภทไขมันและน้ำมันต่างๆ โดยเฉพาะการสกัดน้ำมันหอมระเหยจะได้กลิ่นใกล้เคียงกับวัตถุดิบต้นกำเนิด มีตัวอย่างงานวิจัยจำนวนมากที่นำเทคนิคนี้ มาสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและความดันที่ใช้ในการสกัดจะแตกต่างกันขึ้นกับประเภทหรือชนิดของวัตถุดิบต้นกำเนิดและสารสำคัญที่ต้องการ