

การผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดง *Phaseolus aureus* Roxb.

๒๗/๖๐

นางสาว ประทีน หยดย้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-170-940-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF BEVERAGE POWDER FROM RED BEANS *Phaseolus aureus* Roxb.



Miss Pratin Hyodyoi

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-170-940-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดง *Phaseolus aureus* Roxb.

โดย

นางสาว ประทีน หยดย้อย

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา

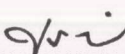
รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเป็รื่อง

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ไพฑิฑิต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทร์วัฒน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเป็รื่อง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์)

ศูนย์สอบวิทยานิพนธ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประทิน หยดย์อ้อย : การผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดง *Phaseolus aureus* Roxb.

(PRODUCTION OF BEVERAGE POWDER FROM RED BEANS *Phaseolus aureus* Roxb.) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ปราณีย์ อานเป็ร็อง, 117 หน้า. ISBN 974-170-940-4.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดง *Phaseolus aureus* Roxb. เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ พบว่ามีความชื้น 9.04% โปรตีน 29.5% ไขมัน 1.73% คาร์โบไฮเดรต 56.44% เถ้า 3.29% และแอนโทไซยานิน 1.12 mg/100 กรัมตัวอย่าง จากการศึกษาสภาวะในการคั่ว พบว่าการใช้อุณหภูมิคั่ว 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดี เมื่อตรวจทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันของถั่วแดงหลังคั่ว พบว่ามี antioxidant activity 91.76% และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 21.46% การแปรขนาดอนุภาคของถั่วแดงคั่ว พบว่าอนุภาคที่มีขนาด 250-350 ไมครอน จะได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด แต่การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสที่ขนาดอนุภาคต่างๆไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อทดสอบอายุการเก็บของถั่วแดงคั่วขนาดอนุภาค 250-350 ไมครอน โดยบรรจุในถุง laminate (PE/aluminium foil/PE) ในสภาพบรรยากาศและสุญญากาศ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ แต่ปัจจัยที่ศึกษาไม่มีผลต่อค่าความชื้น อุณหภูมิและเวลาในการเก็บมีอิทธิพลร่วมต่อค่าพีเอช ปริมาณแอนโทไซยานิน และ antioxidant activity อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพีเอช ปริมาณแอนโทไซยานิน และ antioxidant activity จะลดลงตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ในขณะที่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาที่เก็บ ในการศึกษาสภาวะในการสกัดถั่วแดงคั่ว เพื่อผลิตเครื่องดื่มสำเร็จรูป โดยใช้ถั่วแดงคั่วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน ซึ่งให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด มาต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความชื้นเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ต้มสกัด แต่ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสมาก สภาวะที่ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูง และเป็นที่ยอมรับคือ การต้มสกัดที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อนำสารละลายที่สกัดไปทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิมลชาเข้า 175 195 และ 215 องศาเซลเซียส พบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิมลชาเข้า 215 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการละลายสูงสุด ค่า antioxidant activity 94.76% และมีคะแนนการยอมรับสูง เมื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่ามีความชื้น 6.64% โปรตีน 11.79% ไขมัน 0.53% คาร์โบไฮเดรต 69.65% เถ้า 11.39% แอนโทไซยานิน 0.13 มิลลิกรัม/100 กรัม และ สารฟีนอลิก 71.50 มิลลิกรัม/กรัม

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา....2545.....

4172572723 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: RED BEANS / ANTIOXIDANT / ANTHOCYANIN

PRATIN HYODYOI : PRODUCTION OF BEVERAGE POWDER FROM RED BEANS

Phaseolus aureus Roxb. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRANEE ANPRUNG,

117 pp. ISBN 974-170-940-4.

The purpose of this research was to determine the appropriate conditions in producing a beverage powder from red beans. The red beans used in this research contained 9.04% moisture, 29.50% protein, 1.73% fat, 56.44% carbohydrate, and 3.29% ash (dry basis). The anthocyanin content of this beans were 1.12 mg/100 g. The red beans were roasted at 190, 200 and 210 °C for 10, 15 and 20 min. Optimum roasting was chosen based on sensory and physicochemical properties. Roasting red beans at 190 °C for 15 min was found to be optimum condition. This condition gave 91.76% antioxidant activity (AA) and 21.46% total soluble solid (TSS). Roasted beans from this condition were ground to give an optimum size for extraction. At particle size 250-350 micron got high score for sensory evaluation. To following a physicochemical change, these particle sizes were kept in laminate bag (PE/aluminium foil/PE) seal with air and vacuum packing, then storage at 4, 25, 35 and 45 °C. It was obvious that temperature and storage time resulted in less lightness, pH, anthocyanin content and antioxidant activity but higher turbidity. In the study of finding optimum extraction conditions, the particle size less than 150 micron, which gave highest TSS, were used. It was obvious that temperature and extraction time resulted in more TSS, turbidity and more flavors lost. Extract roasted beans at 85 °C for 30 min was found to be optimum condition. An extract form this condition was prepared to spray drying. To find optimum conditions of spray drying, inlet air temperature were varying from 175-215 °C. At temperature 215 °C had highest solubility and sensory evaluation score. The powder from this condition contained 6.64% moisture, 11.79% protein, 0.53% fat, 69.65% carbohydrate and 11.39% ash (dry basis). The anthocyanin and phenolic content of this powder were 0.13 mg/100g and 71.50 mg/g respectively.

Department.....Food Technology.....Student's signature.....*Pratin Hyodyoi*.....

Field of study.....Food Technology..... Advisor's signature.....*Pranee J*.....

Academic year2002.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณีย์ อานแป๊ะ อธิการบดีที่ปรึกษา วิทยาลัย เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ทั้งทางวิชาการและการดำเนินชีวิต รวมทั้ง เป็นกำลังใจตลอดการทำงานวิจัยจนถึงแก้ไขรูปเล่มวิทยาลัยให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์ ในฐานะประธานกรรมการสอบ วิทยาลัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวัจนศาสตร์ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็น กรรมการสอบวิทยาลัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐ์สุวรรณ ที่เอื้อเฟื้อกล้องถ่ายภาพดิจิทัลและ ซีดีรอม

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่เอื้อเฟื้อเครื่อง spray dryer ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆและเจ้าหน้าที่ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในด้านต่างๆเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณครอบครัวดุจดดา และ คุณฉันทนา ระหว่างบ้าน ที่เอื้อเฟื้อที่พักและอำนวยความสะดวก ในการทำวิจัยนอกสถานที่

ขอขอบคุณทุกแรงใจและความช่วยเหลือจากทุกคน ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัย และ วิทยาลัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณวิไล หยอดย้อย ที่เป็นผู้สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

ท้ายนี้ ขออุทิศผลงานเพื่อ คุณลุงแสน หยดย้อย บุคคลซึ่งเปรียบเสมือนผู้สร้างชีวิต

คุณอภิสิทธิ์พงษ์การ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
3. การทดลอง.....	21
4. ผลการทดลอง.....	29
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	57
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	71
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	78
ภาคผนวก ข.....	89
ภาคผนวก ค.....	98
ภาคผนวก ง.....	108
ภาคผนวก จ.....	110
ประวัติผู้เขียน.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ของระดับการคั่วกาแฟ ต่อร้อยละน้ำหนักที่หายไป กับสีที่เกิดขึ้น.....9
2.2	ร้อยละส่วนประกอบในเมล็ดข้าวชนิดต่างๆที่คั่วแล้วต่อน้ำหนักเมล็ดสด 100 กรัม.....15
2.3	ร้อยละส่วนประกอบในเมล็ดถั่วต่างๆที่คั่วแล้วต่อน้ำหนักเมล็ดสด 100 กรัม.....16
4.1	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบโดยประมาณของถั่วแดง.....29
4.2	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของถั่วแดง.....29
4.3	การเปลี่ยนแปลงสีภายนอกของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 – 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....30
4.4	การเปลี่ยนแปลงสีภายในของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 - 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....31
4.5	เปรียบเทียบค่าสี (L,a,b) ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 - 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....32
4.6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....35
4.7	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชงจากเมล็ดถั่วแดงบดหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....37
4.8	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน.....39
4.9	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชงจากผงถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน.....40
4.10	การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บที่เวลาต่างๆ.....42
4.11	การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ.....43
4.12	การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บที่เวลาต่างๆ.....43
4.13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิ.....44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14	ค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....46
4.15	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดจากผงถั่วแดงคั่ว ต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....49
4.16	ค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิ ลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส.....50
4.17	ขนาดอนุภาค ความชื้น และความหนาแน่นรวม (bulk density) ของ ผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส.....51
4.18	ความสามารถในการละลาย (solubility) พีเอช และความขุ่นของ ผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส.....51
4.19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของผงถั่วแดงสกัดหลังทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส.....54
4.20	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธี ทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส.....55
4.21	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบโดยประมาณของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธี ทำแห้งแบบพ่นกระจายด้วยอุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส.....56
4.22	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธี ทำแห้งแบบพ่นกระจายด้วยอุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส.....56
5.1	ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่ส่งเสริมแอกติวิตี้ของแอนติออกซิแดนท์.....61
ก.1	ค่าความชื้น พีเอช และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่ว ที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที.....78
ก.2	การเปลี่ยนแปลงค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....79
ก.3	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ความชื้น และความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบด ระหว่างการเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานิน และ antioxidant activity ของ ผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....83
ก.5	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ.....85
ก.6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของผงถั่วแดงคั่วบด เมื่อพิจารณา อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ.....86
ก.7	การเปลี่ยนแปลง antioxidant activity ของผงถั่วแดงคั่วบด เมื่อพิจารณา อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ.....87
ก.8	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าความชื้นของผงถั่วแดง คั่วบดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....88
ข.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L,a,b) ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่ว ที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 – 20 นาที.....89
ข.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชื้น พีเอช ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความชื้น ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....89
ข.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณแอนโทไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....90
ข.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเครื่องดื่มชงจากเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที.....90
ข.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความชื้น ของเครื่องดื่มชงจากถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน.....91
ข.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเครื่องดื่มชงจากถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน.....91
ข.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงคั่วบด ระหว่างการเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าพีเอช ความชื้น ความชุ่ม ของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....	92
ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแอนโทไซยานิน และ antioxidant activity ของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บ ณ สภาวะต่างๆ.....	93
ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงคั่วบดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....	93
ข.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และความชุ่ม ของถั่วแดงคั่วบด คั่วบดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....	94
ข.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของสารละลายจากถั่วแดงคั่วบดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....	94
ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธี ทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิต่ำ 195 - 215 องศาเซลเซียส.....	95
ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนขนาดอนุภาค ความชื้น และความหนาแน่นรวม ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิต่ำ 195 - 215 องศาเซลเซียส.....	95
ข.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการละลาย พีเอช และความชุ่ม ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิต่ำ 195 - 215 องศาเซลเซียส.....	96
ข.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณแอนโทไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิต่ำ 195 - 215 องศาเซลเซียส.....	96
ข.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปจากถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิต่ำ 195 - 215 องศาเซลเซียส.....	97
ง.1 แผนมาตรฐานการจัดตัวอย่างแบบ Balanced Incomplete-Block Design ประเภทที่ 2 เมื่อ $t = 9, k = 6, r = 8, b = 12, \lambda = 5$	109

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1	ถั่วแดง (<i>Phasolus aureus</i> Roxb.).....2
2.2	โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่มีกพบในธรรมชาติ.....3
2.3	การเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหาร.....6
2.4	กลไกการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction).....12
2.5	ผังการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย.....19
4.1	การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที.....33
4.2	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที.....33
4.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเมล็ดถั่วแดง หลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที.....34
4.4	กราฟแสดงการติดตาม antioxidant activity ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่ อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที โดยวิธี β -carotene bleaching method.....36
4.5	กราฟใยแมงมุมแสดงลักษณะคุณภาพเชิงปริมาณในด้านต่างๆ เปรียบเทียบกับ ความชอบตามอุดมคติของผู้ชิม.....38
4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ.....41
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ.....42
4.8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณา อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ.....45
4.9	การเปลี่ยนแปลง antioxidant activity ของผงถั่วแดงคั่วบด เมื่อพิจารณา อิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ.....45
4.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผงถั่วแดงคั่วบด ที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....47

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าความชุ่มของผงถั่วแดงต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....	48
4.12 ขนาดอนุภาคของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิ ลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส.....	52
4.13 กราฟแสดงการติดตาม antioxidant activity ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธี ทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส.....	54
5.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และความชุ่มของผงถั่วแดงคั่วบด ที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ.....	63
5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าความชุ่มของผงถั่วแดงต้มสกัด ที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที.....	67
๑.1 แผ่นเทียบค่าสีจาก Munsell Book ที่ค่า hue เท่ากับ 10 R	110
๑.2 แผ่นเทียบค่าสีจาก Munsell Book ที่ค่า hue เท่ากับ 5 YR.....	111
๑.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของถั่วแดงระหว่างกระบวนการผลิต.....	112
๑.4 เครื่องตีผงจากผงถั่วแดงคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....	113
๑.5 น้ำสกัดจากถั่วแดงคั่วบดที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 30 นาที	114
๑.6 ผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้าต่างๆ.....	115
๑.7 เครื่องตีผงจากผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจาย ที่อุณหภูมิลมขาเข้าต่างๆ.....	115
๑.8 เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย.....	116