บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดถั่วแดง

4.1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของถั่วแดง

องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดถั่วแดง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ผลวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบโดยประมาณของถั่วแดง

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	9.04 ± 0.02
โปรตีน	29.50 ± 0.21
ไขมัน	1.73 ± 0.10
คาร์โบไฮเดรต	56.44 ± 0.00
เถ้า	3.29 ± 0.02

[a]ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

4.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบเคมีอื่นๆ

องค์ประกอบเคมีอื่นๆที่วิเคราะห์ได้แก่ ปริมาณแอนโธไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ผลวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของถั่วแดง

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แอนโธไซยานิน (มิลลิกรัม/100 กรัม)	1.12 ± 0.02
สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/กรัม)	25.07 ± 0.17
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	26.45 ± 0.60

[a]ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ

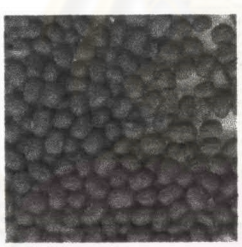
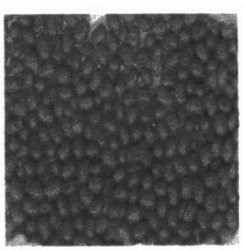
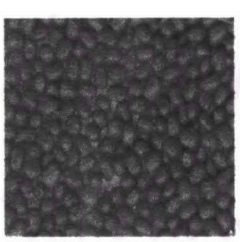
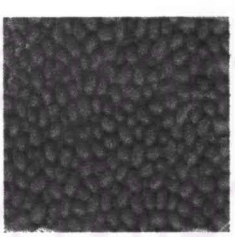
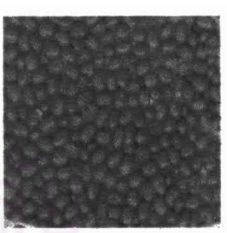
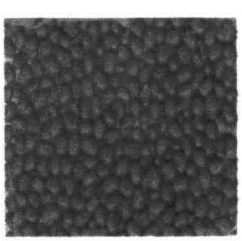
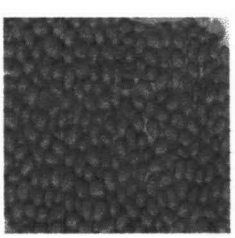
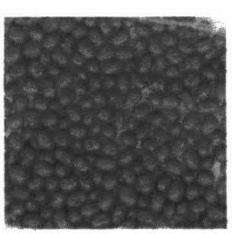
4.2 หากระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มผงจากถั่วแดง

4.2.1 ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงแบบบด

4.2.1.1 ศึกษาสภาวะในการคั่วถั่วแดง

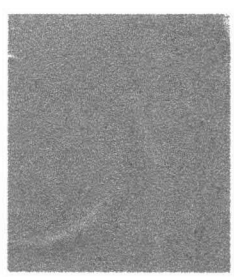
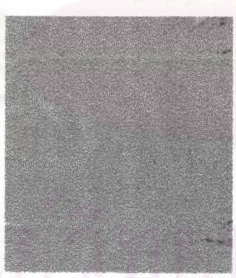
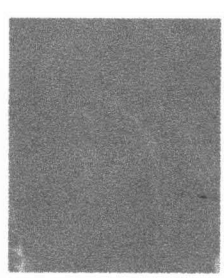
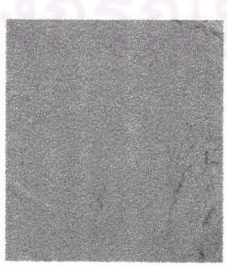
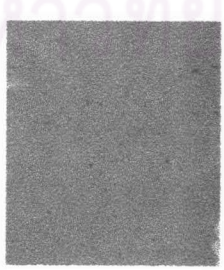
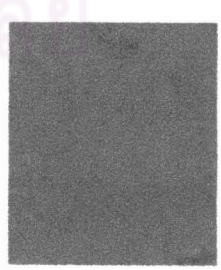
จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะในการคั่วพบว่า หากใช้อุณหภูมิสูงถึง 220 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดถั่วแดงมีกลิ่นไหม้รุนแรง จึงกำหนดอุณหภูมิที่ใช้คั่วเป็น 190 200 และ 210 องศาเซลเซียส แปรเวลาที่ใช้คั่วเป็น 3 ระดับคือ 10 15 และ 20 นาที จากสภาวะที่ศึกษาพบว่าถั่วแดงหลังคั่วมีการเปลี่ยนแปลงสีที่ด้านนอกของเมล็ด ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงสีภายนอกของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 - 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที

อุณหภูมิ (°C) / เวลา(นาที)	190	200	210
10	 10 R 3/4	10 R 3/1	 YR 3/1
15	 10 R 3/1	 10 R 2.5/1	 5 YR 2.5/1
20	 10 R 3/1	 5 YR 3/1	 5 YR 2.5/1

เมื่อนำเมล็ดถั่วแดงคั่ว มาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 ไมครอน พบว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม การเปลี่ยนแปลงสีของถั่วแดงคั่วบดที่สภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.4 และเมื่อวัดค่าสี (L,a,b) จะได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงสีภายในของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 - 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที

อุณหภูมิ(°C) / เวลา(นาที)	190	200	210
10			
15			
20			

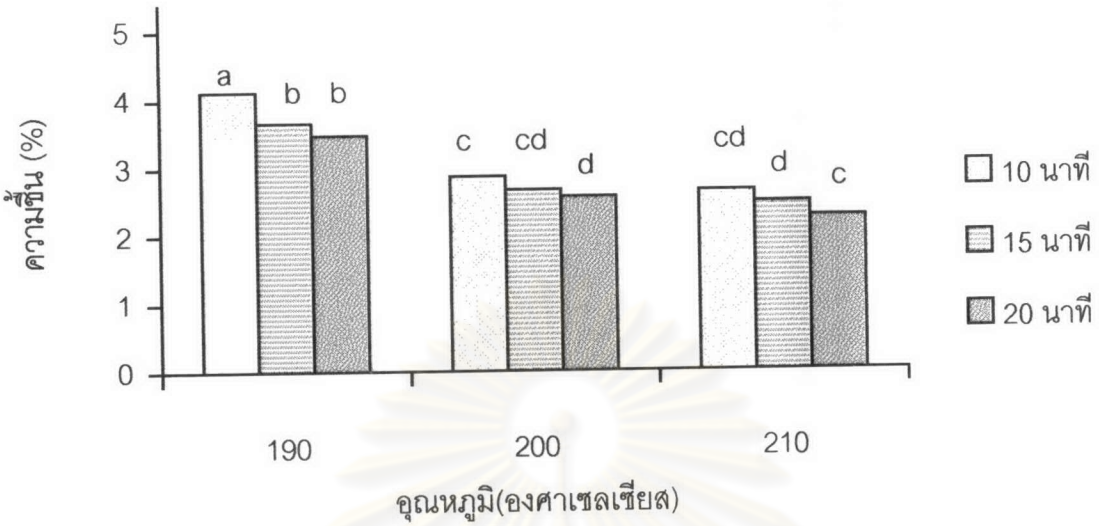
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าสี (L,a,b) ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190 - 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาคั่ว (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L	a	b
190	10	$55.38^{a} \pm 0.08$	$+5.98^{bc} \pm 0.23$	$+21.46^{a} \pm 0.21$
	15	$53.53^{ab} \pm 0.16$	$+6.12^{b} \pm 0.23$	$+20.78^{ab} \pm 0.99$
	20	$47.91^{c} \pm 0.77$	$+5.89^{bcd} \pm 0.15$	$+20.03^{bc} \pm 0.41$
200	10	$52.22^{b} \pm 1.69$	$+5.42^{de} \pm 0.02$	$+20.69^{ab} \pm 0.58$
	15	$47.75^{c} \pm 1.62$	$+5.50^{cde} \pm 0.17$	$+19.42^{cd} \pm 0.69$
	20	$44.49^{d} \pm 0.30$	$+5.97^{bc} \pm 0.08$	$+18.68^{d} \pm 0.05$
210	10	$42.68^{de} \pm 0.69$	$+6.06^{bc} \pm 0.06$	$+18.66^{d} \pm 0.24$
	15	$42.11^{e} \pm 0.16$	$+6.72^{a} \pm 0.14$	$+19.04^{cd} \pm 0.31$
	20	$38.80^{f} \pm 0.85$	$+5.18^{e} \pm 0.52$	$+16.06^{e} \pm 0.64$

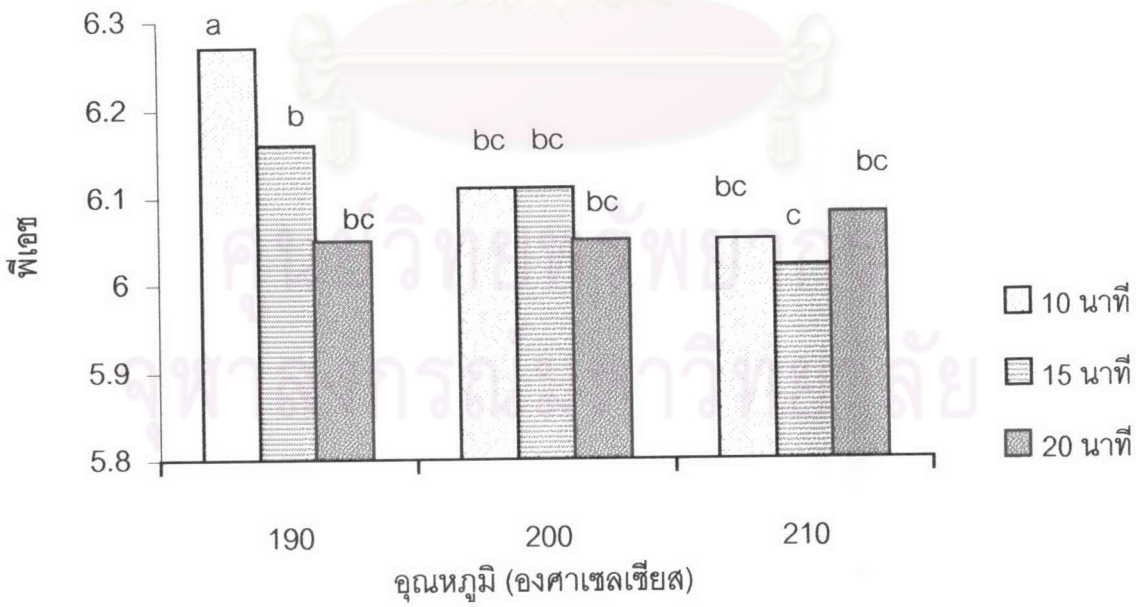
a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคั่วมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างและค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่ว แต่จะทำให้ค่าสีเหลือง (b) ลดลง

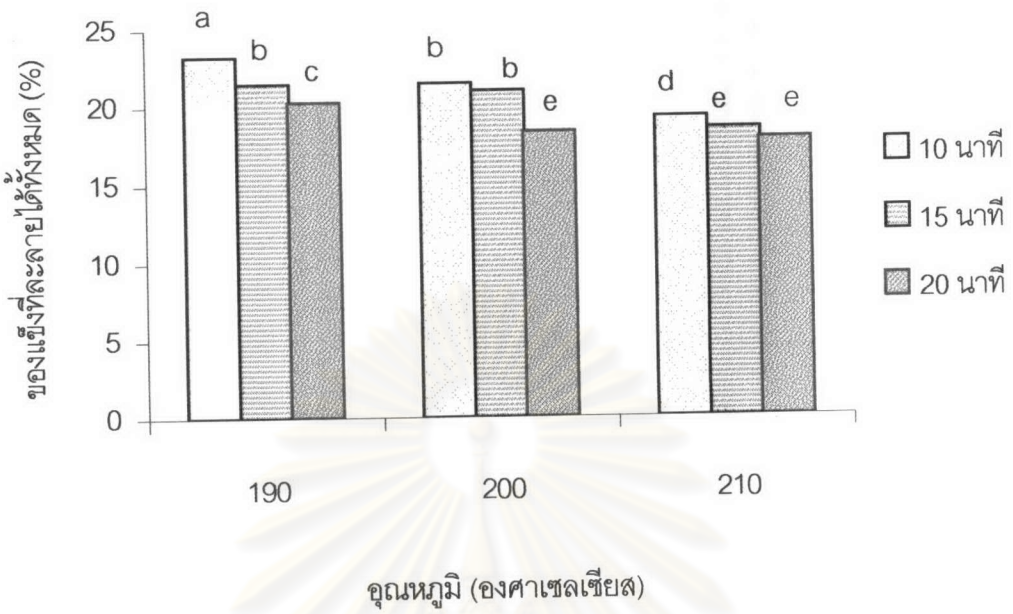
เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ความชื้น พีเอช และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1-4.3 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการคั่วมีอิทธิพลต่อค่าความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่ว จะทำให้ค่าความชื้นลดลง สำหรับค่าพีเอชพบว่าอุณหภูมิในการคั่วมีอิทธิพลต่อค่าพีเอชโดยไม่ขึ้นกับเวลา เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้คั่ว จะทำให้ค่าพีเอชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่วมีอิทธิพลร่วมกัน โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่ว



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณแอนโธไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่วเมล็ดถั่วแดงมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณแอนโธไซยานินที่เหลืออยู่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่ว ปริมาณแอนโธไซยานินจะลดลง

ในการติดตาม antioxidant activity และ oxidation rate ratio โดยวิธี β-carotene bleaching method (ดังแสดงในรูปที่ 4.4) และใช้วิตามินอีซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ตามธรรมชาติเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าเมล็ดถั่วแดงที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป มี antioxidant activity ร้อยละ 93.68 ซึ่งต่ำกว่าวิตามินอีที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่วไม่มีอิทธิพลต่อ antioxidant activity และ oxidation rate ratio อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที

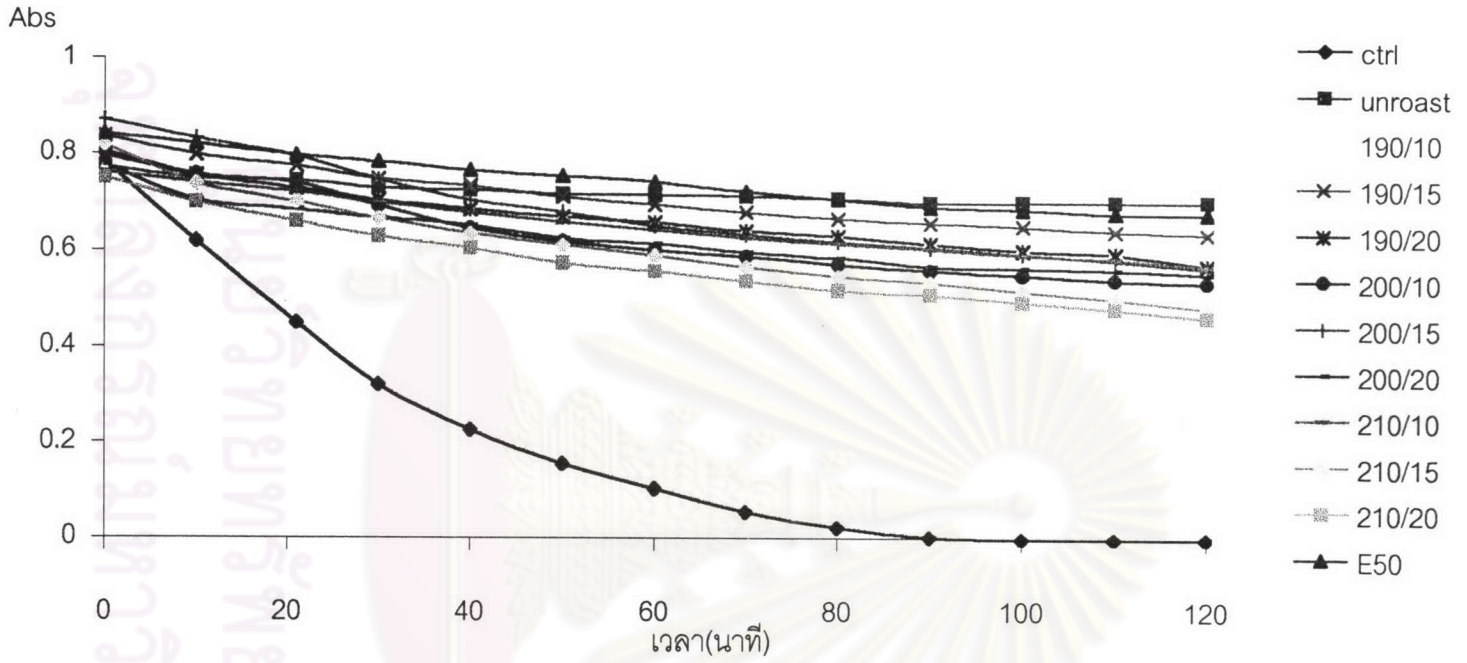
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาคั่ว (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		แอนโธไซนานิน (mg/100g)	AA^{ns} (ร้อยละ)	ORR^{ns}
190	10	$0.97^{a} \pm 0.14$	92.44 ± 5.12	0.0756 ± 0.05
	15	$0.66^{b} \pm 0.02$	91.76 ± 5.26	0.0824 ± 0.05
	20	$0.56^{c} \pm 0.02$	90.16 ± 7.07	0.0984 ± 0.07
200	10	$0.33^{d} \pm 0.01$	90.90 ± 3.27	0.0910 ± 0.03
	15	$0.32^{d} \pm 0.01$	87.71 ± 7.75	0.1228 ± 0.07
	20	$0.30^{d} \pm 0.02$	88.94 ± 7.32	0.1105 ± 0.07
210	10	$0.29^{d} \pm 0.03$	89.79 ± 8.20	0.1020 ± 0.08
	15	$0.29^{d} \pm 0.01$	86.72 ± 7.50	0.1328 ± 0.07
	20	$0.27^{d} \pm 0.01$	85.92 ± 8.59	0.1412 ± 0.09
Control	-	-	0.00 ± 0.00	1.0000 ± 0.00
เมล็ดถั่วแดงดิบ	-	1.12 ± 0.02	93.68 ± 6.34	0.0632 ± 0.06
Vitamin E (50mg/L)	-	-	96.15 ± 0.22	0.0385 ± 0.00
Vitamin E (100mg/L)	-	-	97.31 ± 1.13	0.0269 ± 0.01
Vitamin E (150mg/L)	-	-	98.22 ± 0.77	0.0178 ± 0.01

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

AA, antioxidant activity; ORR, oxidation rate ratio

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการติดตาม antioxidant activity ของเมล็ดถั่วแดงหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที โดยวิธี β-carotene bleaching method

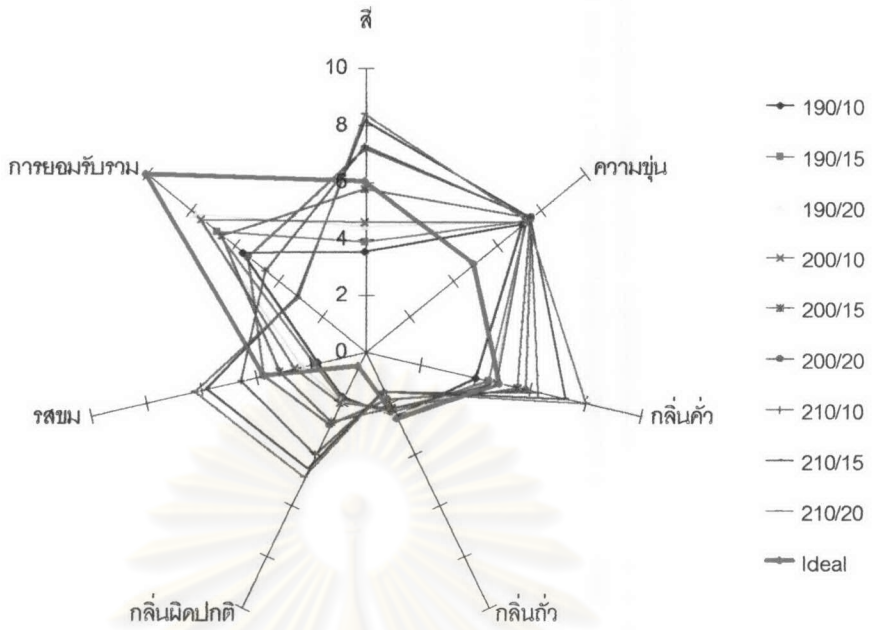
ตารางที่ 4.7 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชงจากเมล็ดถั่วแดงบดหลังคั่วที่อุณหภูมิ 190-210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 20 นาที

อุณหภูมิ	เวลา	ค่าเฉลี่ยปรับ ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
(°C)	(นาที)	ความเข้มสี	ความข้น^{ns}	กลิ่นคั่ว	กลิ่นถั่ว	กลิ่นผิดปกติ	รสขม	การยอมรับรวม
190	10	$3.55^{f} \pm 0.90$	7.19 ± 0.88	$4.05^{e} \pm 0.89$	$2.50^{a} \pm 0.24$	$1.76^{c} \pm 0.62$	$1.71^{d} \pm 0.86$	$5.58^{b} \pm 0.97$
	15	$3.89^{f} \pm 0.96$	7.40 ± 0.81	$4.51^{de} \pm 0.59$	$2.35^{a} \pm 0.27$	$1.84^{c} \pm 0.92$	$1.83^{cd} \pm 0.79$	$6.76^{ab} \pm 0.85$
	20	$4.43^{ef} \pm 0.78$	7.35 ± 0.72	$4.72^{de} \pm 0.52$	$2.44^{a} \pm 0.20$	$1.88^{c} \pm 0.81$	$2.27^{cd} \pm 0.83$	$7.75^{a} \pm 0.90$
200	10	$4.60^{ef} \pm 0.90$	7.35 ± 0.83	$4.82^{cde} \pm 0.76$	$2.22^{a} \pm 0.43$	$1.99^{c} \pm 0.80$	$2.55^{cd} \pm 0.68$	$7.47^{a} \pm 0.79$
	15	$5.76^{cde} \pm 0.79$	7.55 ± 0.73	$5.57^{cde} \pm 0.61$	$2.20^{a} \pm 0.58$	$2.72^{bc} \pm 0.88$	$3.10^{bcd} \pm 0.90$	$6.54^{ab} \pm 0.98$
	20	$7.17^{abcd} \pm 0.98$	7.61 ± 0.65	$5.87^{bcd} \pm 0.94$	$1.86^{b} \pm 0.52$	$2.83^{bc} \pm 0.86$	$3.66^{bc} \pm 0.97$	$5.34^{bc} \pm 0.99$
210	10	$7.26^{abc} \pm 0.95$	7.57 ± 0.66	$6.32^{bc} \pm 0.72$	$1.58^{bc} \pm 0.42$	$3.99^{ab} \pm 0.94$	$4.48^{ab} \pm 0.90$	$4.54^{c} \pm 0.94$
	15	$8.16^{ab} \pm 0.59$	7.58 ± 0.74	$7.33^{ab} \pm 0.93$	$1.53^{c} \pm 0.44$	$4.56^{a} \pm 0.98$	$5.75^{a} \pm 0.81$	$3.11^{d} \pm 0.94$
	20	$8.40^{a} \pm 0.75$	7.42 ± 0.77	$8.08^{a} \pm 0.80$	$1.55^{bc} \pm 0.45$	$4.87^{a} \pm 0.93$	$6.17^{a} \pm 0.96$	$3.05^{d} \pm 0.86$

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน



รูปที่ 4.5 กราฟใยแมงมุมแสดงลักษณะคุณภาพเชิงปริมาณในด้านต่างๆ เปรียบเทียบกับความชอบตามอุดมคติของผู้ชิม

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชงจากผงถั่วแดงคั่วบด โดยวัดในเชิงความเข้ม (Intensity) ของด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.7 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่วเมล็ดถั่วแดงมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้มสี กลิ่นคั่ว กลิ่นถั่ว กลิ่นผิดปกติ รสขม และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$) โดยความเข้มสี กลิ่นคั่ว กลิ่นผิดปกติ และรสขมจะรุนแรงขึ้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการคั่ว ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมมีค่าต่ำลง อย่างไรก็ตามพบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่วไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของความขุ่น เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสมาสร้างเป็นกราฟใยแมงมุมเพื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะทางอุดมคติที่ผู้ชิมคาดหวัง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จะพบว่าผู้ชิมคาดหวังให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มสี ความขุ่น กลิ่นคั่ว และรสขม ในระดับปานกลาง แต่ต้องมีกลิ่นผิดปกติน้อยที่สุด

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาที่ใช้คั่ว จะทำให้กลิ่นกลิ่นผิดปกติและรสขมเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับรวมลดลง จากตารางที่ 4.7 พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เวลา 15 และ 20 นาที และที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 15 นาที มีค่าสูงและไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาผลทางกายภาพและเคมี พบว่าที่สภาวะดังกล่าว ยังให้ค่าความชื้น และค่าพีเอช ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและแอนโธไซยานินที่เหลืออยู่สูงกว่า มี oxidation rate ratio ค่อนข้างต่ำกว่าสภาวะอื่น จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการคั่วถั่วแดงคือ อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที

4.2.1.2 <u>หาขนาดอนุภาคของผงถั่วแดงคั่ว</u>

นำเมล็ดถั่วแดงคั่วในสภาวะที่เลือกจากข้อ 4.2.1.1 มาบดด้วยเครื่อง stone mill กำหนดขนาดอนุภาคที่ศึกษาเป็น 3 ระดับ คือ เล็กกว่า 150 ไมครอน 150-250 ไมครอน และ 250-350 ไมครอน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าความขุ่น ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.8 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าขนาดอนุภาคของผงถั่วแดงคั่วบด มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคเล็กลง

ตารางที่ 4.8 ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน

ขนาดอนุภาค	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	ความขุ่น
เล็กกว่า 150 ไมครอน	$22.03^{a} \pm 0.04$	$2.5757^{a} \pm 0.02$
150-250 ไมครอน	$19.61^{b} \pm 0.22$	$2.2123^{b} \pm 0.02$
250-350 ไมครอน	$18.18^{c} \pm 0.03$	$1.7643^{c} \pm 0.05$

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ

เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าขนาดอนุภาคของผงถั่วแดงบด ไม่มีผลต่อกลิ่นคั่ว กลิ่นถั่ว กลิ่นผิดปกติ และรสขม ($p < 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้มสี ความขุ่น และการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออนุภาคมีขนาด เล็กลง จะทำให้คะแนนเฉลี่ยค่าสีและความขุ่นสูงขึ้น แต่การยอมรับรวมจะลดลง

ตารางที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มซงจากผงถั่วแดงคั่วบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 350 ไมครอน

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ความเข้มสี	ความข้น	กลิ่นคั่ว^{ns}	กลิ่นถั่ว^{ns}	กลิ่นผิดปกติ^{ns}	รสขม^{ns}	การยอมรับรวม
เล็กกว่า 150	6.77^{a} ± 0.99	6.48^{a} ± 0.96	6.59 ± 0.97	2.11 ± 0.46	1.59 ± 0.97	3.56 ± 0.97	7.28^{b} ± 0.89
150-250	6.44^{b} ± 0.97	5.99^{b} ± 0.98	6.54 ± 0.87	2.10 ± 0.43	1.54 ± 0.98	3.56 ± 0.87	7.17^{b} ± 0.86
250-350	6.41^{b} ± 0.90	5.88^{c} ± 0.88	6.67 ± 0.85	2.12 ± 0.41	1.53 ± 0.98	3.59 ± 0.89	7.81^{a} ± 0.76

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ

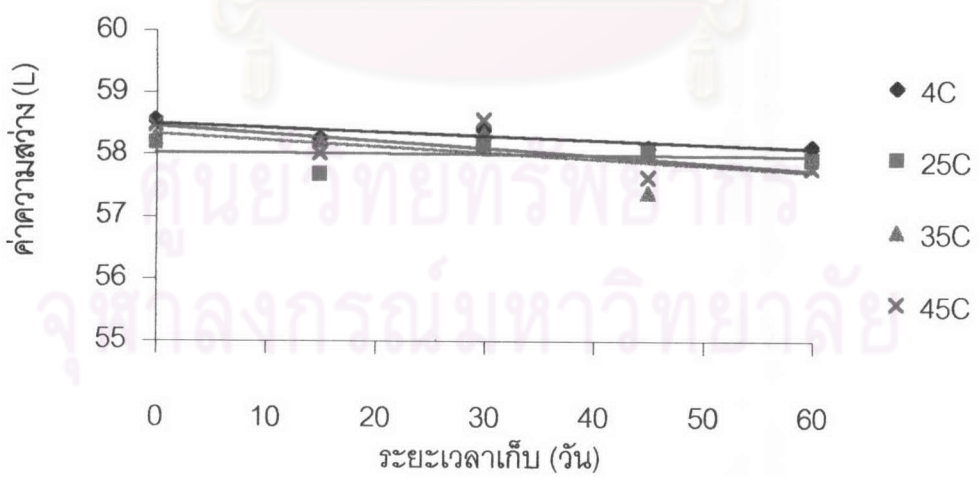
คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มซงจากถั่งแดงคั่วบดที่ขนาดอนุภาคต่างๆ พบว่าผงถั่วแดงบดที่มีขนาดอนุภาค 250-350 ไมครอน มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกขนาดอนุภาคดังกล่าวศึกษาการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บต่อไป

เมื่อศึกษาผลทางกายภาพร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผงถั่วแดงบดที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงสุดและกลิ่นคั่ว กลิ่นถั่ว กลิ่นผิดปกติ รสขม ไม่แตกต่างจากขนาดอนุภาคอื่นๆ ดังนั้นจึงเลือกขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน เพื่อนำไปศึกษาการผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงแบบสกัดในลำดับต่อไป

4.2.1.3 <u>ติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บของเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงแบบบด</u>

นำถั่วแดงคั่วบด ขนาดอนุภาค 250-350 ไมครอน เก็บในถุง laminate (PE/Aluminium foil/PE) โดยบรรจุแบบบรรยากาศ และแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส ชุดควบคุมเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุก 15 วัน เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.6 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ

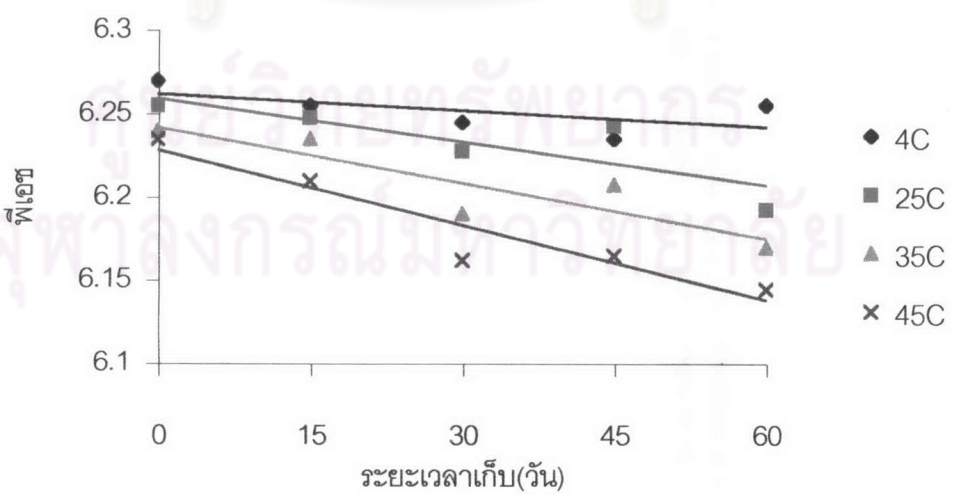
เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าระยะเวลาการเก็บมีอิทธิพลต่อค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสีแดงมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บที่เวลาต่างๆ

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$6.99^{a} \pm 0.15$
15	$6.98^{a} \pm 0.11$
30	$6.63^{b} \pm 0.25$
45	$6.10^{d} \pm 0.18$
60	$6.21^{c} \pm 0.15$

a,b,.... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ผลแสดงดังรูปที่ 4.7 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีอิทธิพลต่อค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพีเอชมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บ



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่น ผลแสดงดังตารางที่ 4.11 พบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อค่าความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้เก็บ

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4	$1.87^{bc} \pm 0.08$
25	$1.84^{c} \pm 0.13$
35	$1.90^{b} \pm 0.10$
45	$1.98^{a} \pm 0.16$

a,b,.... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นต่อระยะเวลาในการเก็บ ผลแสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าระยะเวลาการเก็บมีอิทธิพลต่อค่าความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความขุ่นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของผงถั่วแดงคั่วบดระหว่างการเก็บที่เวลาต่างๆ

ระยะเวลาเก็บ (วัน)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$1.78^{d} \pm 0.05$
15	$1.85^{c} \pm 0.10$
30	$1.91^{b} \pm 0.10$
45	$1.94^{b} \pm 0.10$
60	$2.02^{a} \pm 0.14$

a,b,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโธไซยานิน ดังแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าวิธีการบรรจุและอุณหภูมิมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณแอนโธไซยานินที่เหลืออยู่อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยแอนโธไซยานินจะลดลงตามอุณหภูมิที่ใช้เก็บและลดลงอย่างมากในการบรรจุแบบสภาพบรรยากาศ

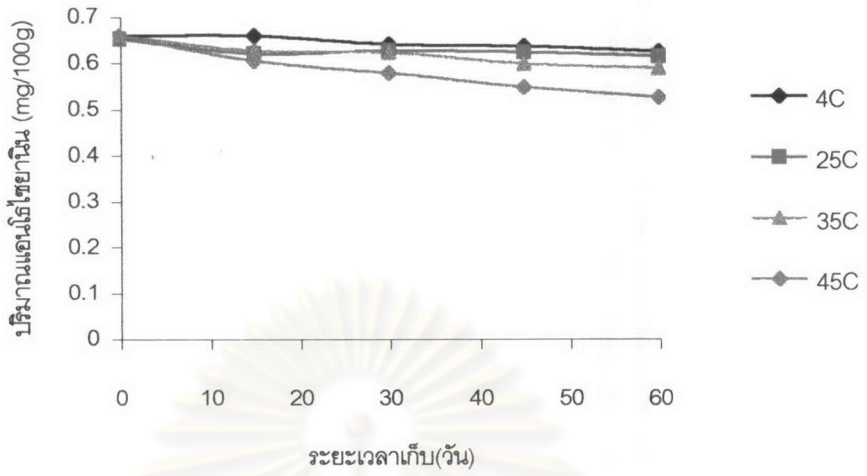
ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการบรรจุและอุณหภูมิ

วิธีบรรจุ	อุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mg/100g)
สุญญากาศ	4	$0.65^{ab} \pm 0.01$
	25	$0.64^{ab} \pm 0.02$
	35	$0.63^{abc} \pm 0.02$
	45	$0.61^{cd} \pm 0.04$
บรรยากาศ	4	$0.64^{ab} \pm 0.02$
	25	$0.61^{bcd} \pm 0.02$
	35	$0.59^{de} \pm 0.05$
	45	$0.58^{e} \pm 0.05$

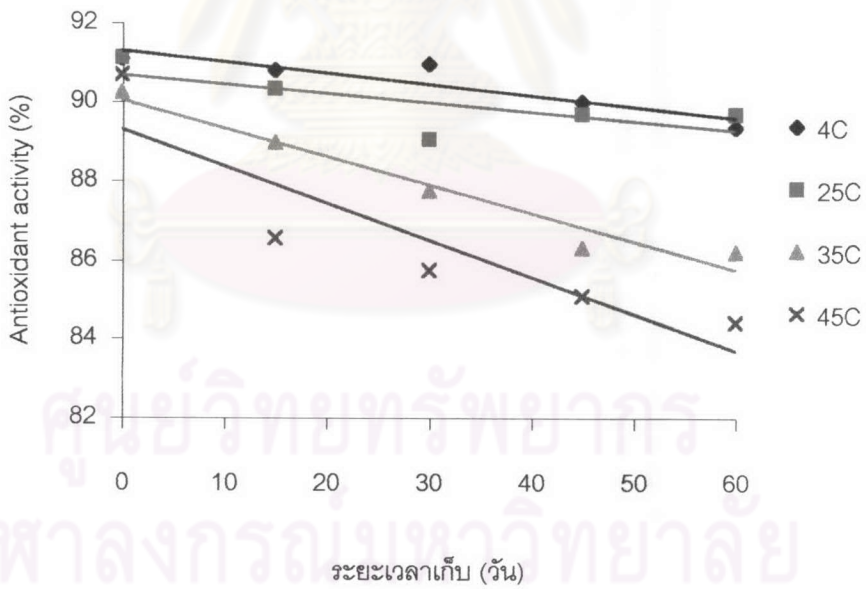
a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณแอนโธไซยานินที่เหลืออยู่ โดยแอนโธไซยานินจะลดลงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นระยะเวลานาน

จากการติดตาม antioxidant activity ดังแสดงในรูปที่ 4.9 พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บมีอิทธิพลร่วมต่อ antioxidant activity อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดย antioxidant activity จะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เก็บ



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานินของผงถั่วแดงคั่วบดเมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลง antioxidant activity ของผงถั่วแดงคั่วบด เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ศึกษาการผลิตเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงแบบสกัด

4.2.2.1 ศึกษาสภาวะในการสกัด

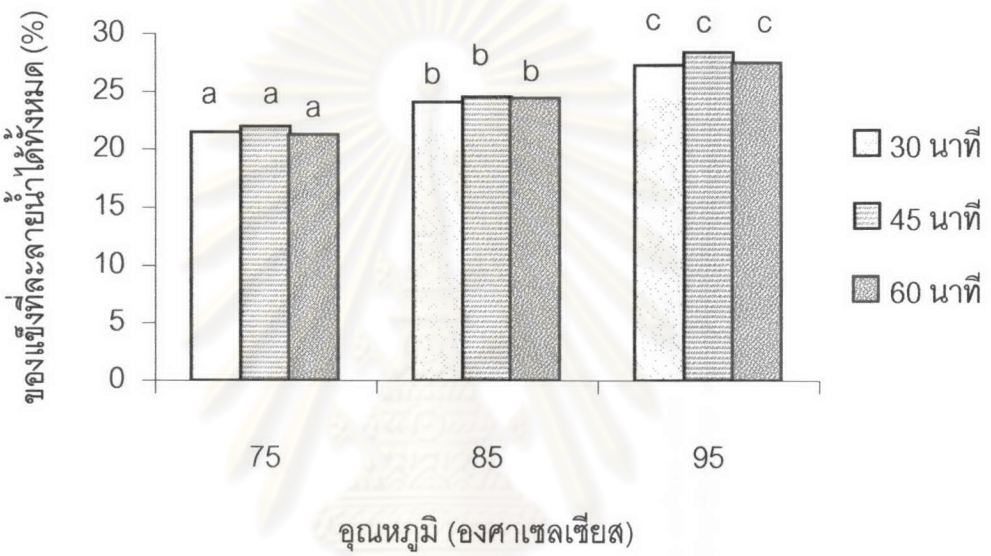
นำผงถั่วแดงบดขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน จำนวน 50 กรัม ต้มสกัดในน้ำ 1 ลิตร โดยแปรอุณหภูมิที่ใช้สกัด 3 ระดับ คือ 75 85 และ 95 องศาเซลเซียส เวลาต้มสกัด 30 45 และ 60 นาที นำน้ำที่ต้มสกัดได้กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 จากนั้นนำสารละลายที่ต้มสกัดได้มาวัดค่าสี (L,a,b) ได้ผลดังตารางที่ 4.14 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ต้มสกัดไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L) ของน้ำสกัดอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลือง โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต้มสกัดจะทำให้ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาต้มสกัด (นาที)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
		L^{ns}	a	b
75	30	90.13 ± 1.25	$+3.46^{a}$ ± 0.18	$+6.41^{ab}$ ± 0.08
	45	90.84 ± 0.56	$+3.35^{ab}$ ± 0.10	$+6.56^{a}$ ± 0.08
	60	90.91 ± 0.09	$+3.21^{abc}$ ± 0.11	$+6.25^{bc}$ ± 0.05
85	30	90.98 ± 0.47	$+3.13^{bc}$ ± 0.09	$+6.33^{abc}$ ± 0.12
	45	90.29 ± 1.16	$+2.95^{cd}$ ± 0.13	$+6.10^{c}$ ± 0.14
	60	89.33 ± 0.38	$+2.81^{de}$ ± 0.14	$+5.82^{d}$ ± 0.01
95	30	89.74 ± 0.82	$+2.56^{ef}$ ± 0.12	$+5.55^{e}$ ± 0.06
	45	90.25 ± 0.64	$+2.55^{ef}$ ± 0.12	$+5.51^{e}$ ± 0.07
	60	89.56 ± 0.48	$+2.46^{f}$ ± 0.27	$+5.44^{e}$ ± 0.04

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

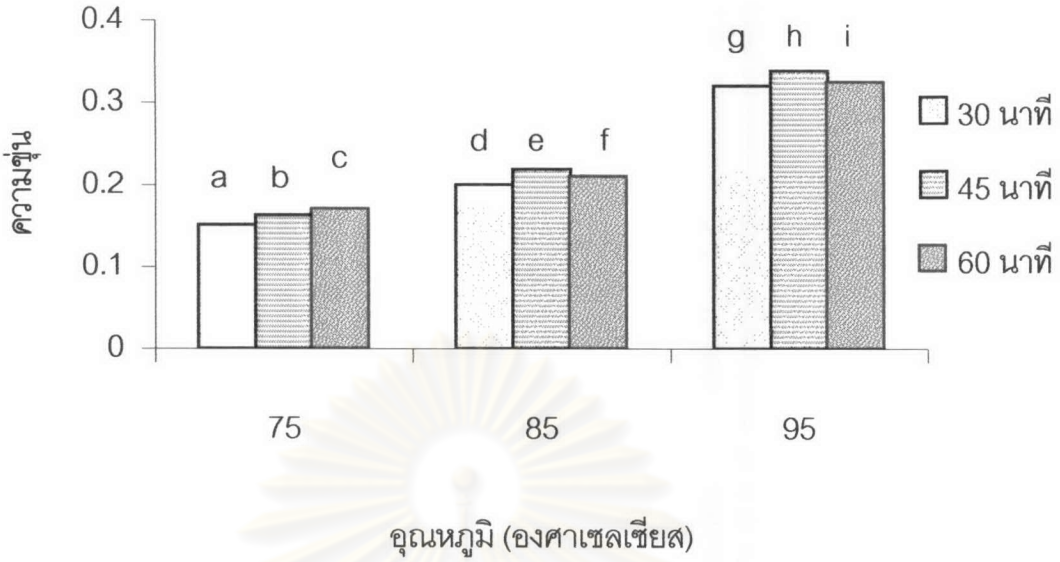
จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.10 พบว่าอุณหภูมิและเวลาต้มสกัดมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต้มสกัด



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผงถั่วแดงต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที

จากการวิเคราะห์ค่าความข่น ได้ผลแสดงดังรูปที่ 4.11 พบว่าอุณหภูมิและเวลาต้มสกัดมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความข่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความข่นเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต้มสกัด

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 4.15 พบว่าอุณหภูมิและเวลาต้มสกัดมีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความข่น กลิ่นคั่ว กลิ่นถั่ว และการยอมรับรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต้มสกัดความข่นจะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กลิ่นคั่ว กลิ่นถั่ว และการยอมรับรวมต่ำลง แต่ไม่มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยของความเข้มสี กลิ่นผิดปกติ และรสขม



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นของผงถั่วแดงต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต้มสกัด จะทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นคั่วมากขึ้น ความขุ่นสูงขึ้น มีผลให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมลดลง จากตารางที่ 4.15 พบว่าคะแนนการยอมรับรวมที่อุณหภูมิต้มสกัด 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสูงสุด แต่คะแนนเฉลี่ยกลิ่นคั่วที่อุณหภูมิต้มสกัด 75 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 45 และ 60 นาที ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาผลทางกายภาพและเคมีร่วมกัน พบว่าค่าความขุ่นที่วิเคราะห์จากสภาวะต้มสกัดข้างต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกแยะความขุ่นที่สภาวะนี้ได้ ในขณะเดียวกันปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดที่อุณหภูมิต้มสกัด 85 องศาเซลเซียส จะสูงกว่าที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเลือกสภาวะต้มสกัดที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงสุด และสูญเสียกลิ่นคั่วน้อยที่สุด จากนั้นนำน้ำสกัดที่ได้จากสภาวะที่เลือกไปศึกษาสภาวะการทำแห้งแบบพ่นกระจายในลำดับถัดไป

ตารางที่ 4.15 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของน้ำสกัดจากผงถั่วแดงคั่ว ต้มสกัดที่อุณหภูมิ 75-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาต้มสกัด (นาที)	ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว(adjusted mean) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
		ความเข้มสี^{ns}	ความข่น	กลิ่นคั่ว	กลิ่นถั่ว	กลิ่นผิดปกติ^{ns}	รสขม^{ns}	การยอมรับรวม
75	30	3.61 ± 0.37	1.05^{b} ± 0.69	7.00^{a} ± 0.94	1.71^{a} ± 0.76	1.40 ± 0.49	1.81 ± 0.47	7.98^{a} ± 0.35
	45	3.63 ± 0.28	0.94^{b} ± 0.59	7.08^{a} ± 0.97	1.74^{a} ± 0.80	1.40 ± 0.48	1.87 ± 0.59	7.19^{b} ± 0.38
	60	3.59 ± 0.24	1.41^{b} ± 0.60	6.86^{a} ± 0.99	1.73^{a} ± 0.42	1.47 ± 0.42	1.82 ± 0.48	6.95^{bc} ± 0.32
85	30	3.63 ± 0.35	1.28^{b} ± 0.48	6.13^{a} ± 0.98	1.55^{ab} ± 0.58	1.43 ± 0.48	1.84 ± 0.40	6.92^{bc} ± 0.20
	45	3.69 ± 0.30	1.52^{b} ± 0.61	5.76^{ab} ± 0.81	1.34^{bc} ± 0.72	1.43 ± 0.26	1.81 ± 0.38	7.08^{bc} ± 0.33
	60	3.70 ± 0.35	1.50^{b} ± 0.75	5.63^{abc} ± 0.89	1.27^{c} ± 0.68	1.41 ± 0.45	1.90 ± 0.09	6.66^{bcd} ± 0.30
95	30	3.71 ± 0.49	2.98^{a} ± 0.44	4.56^{bc} ± 0.99	1.01^{d} ± 0.64	1.57 ± 0.49	2.01 ± 0.44	6.59^{cd} ± 0.34
	45	3.69 ± 0.42	2.92^{a} ± 0.42	4.12^{c} ± 0.76	0.90^{d} ± 0.58	1.56 ± 0.47	1.90 ± 0.15	6.62^{cd} ± 0.31
	60	3.72 ± 0.46	2.96^{a} ± 0.34	4.45^{bc} ± 0.79	0.90^{d} ± 0.64	1.54 ± 0.33	2.06 ± 0.42	6.35^{d} ± 0.30

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.2.2.2 ศึกษาสภาวะในการทำแห้งแบบพ่นกระจาย

นำน้ำสกัดจากสภาวะที่เลือกในข้อ 2.2.1 ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย โดยแปรอุณหภูมิลมขาเข้าเป็น 3 ระดับคือ 175 195 และ 215 องศาเซลเซียส เมื่อนำผงถั่วแดงสกัดที่ผ่านการทำแห้งมาตรวจสอบค่าสี (L,a,b) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.16

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้ามีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมขาเข้าค่าความสว่างจะลดลง ส่วนสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.16 ค่าสี (L,a,b) ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
175	$71.85^{a} \pm 0.40$	$+4.12^{c} \pm 0.11$	$+23.69^{c} \pm 0.19$
195	$69.27^{b} \pm 0.55$	$+4.98^{b} \pm 0.15$	$+26.34^{a} \pm 0.23$
215	$68.92^{b} \pm 0.95$	$+4.64^{a} \pm 0.13$	$+24.32^{b} \pm 0.15$

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพในด้านต่างๆ ผลแสดงดังตารางที่ 4.17 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้า ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้น และความหนาแน่นรวมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่การตรวจสอบขนาดอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าขนาดอนุภาคที่อุณหภูมิลมขาเข้าต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การกระจายของขนาดอนุภาคที่อุณหภูมิลมขาเข้าต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.17 ขนาดอนุภาค ความชื้น และความหนาแน่นรวม (bulk density) ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิลมขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ความชื้น^{ns} (%)	ความหนาแน่นรวม^{ns} (g/cm^3)
175	10.00^{c}±0.82	6.41±0.18	0.75±0.02
195	11.39^{b}±0.87	6.49±0.14	0.75±0.02
215	12.81^{a}±0.73	6.64±0.16	0.78±0.03

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

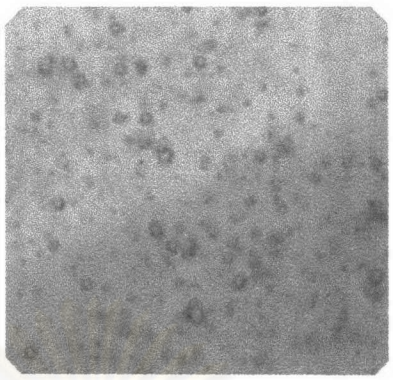
เมื่อนำผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายมาตรวจสอบความสามารถในการละลาย แล้วตรวจสอบพีเอช และความขุ่นของผงสกัดหลังคืนรูป ได้ผลดังตารางที่ 4.18 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้ามีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลาย พีเอช และความขุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิลมขาเข้าสูงขึ้น ความสามารถในการละลาย ค่าพีเอช และความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.18 ความสามารถในการละลาย (solubility) พีเอช และความขุ่นของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส

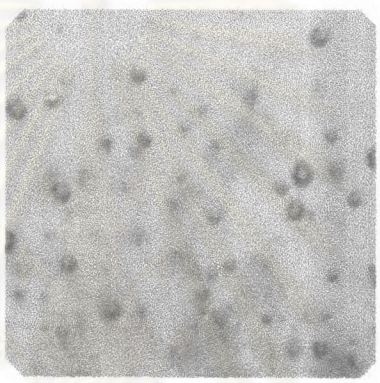
อุณหภูมิลมขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	solubility (นาที)	พีเอช	ความขุ่น
175	2.42^{a} ± 0.12	5.69^{b} ± 0.01	0.99^{b} ± 0.04
195	1.37^{b} ± 0.08	5.84^{a} ± 0.01	1.03^{b} ± 0.03
215	1.16^{c} ± 0.02	5.85^{a} ± 0.00	1.19^{a} ± 0.01

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

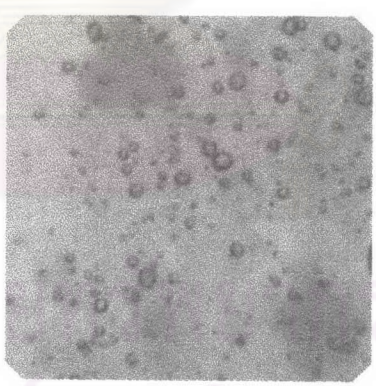
(a)



(b)



(c)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

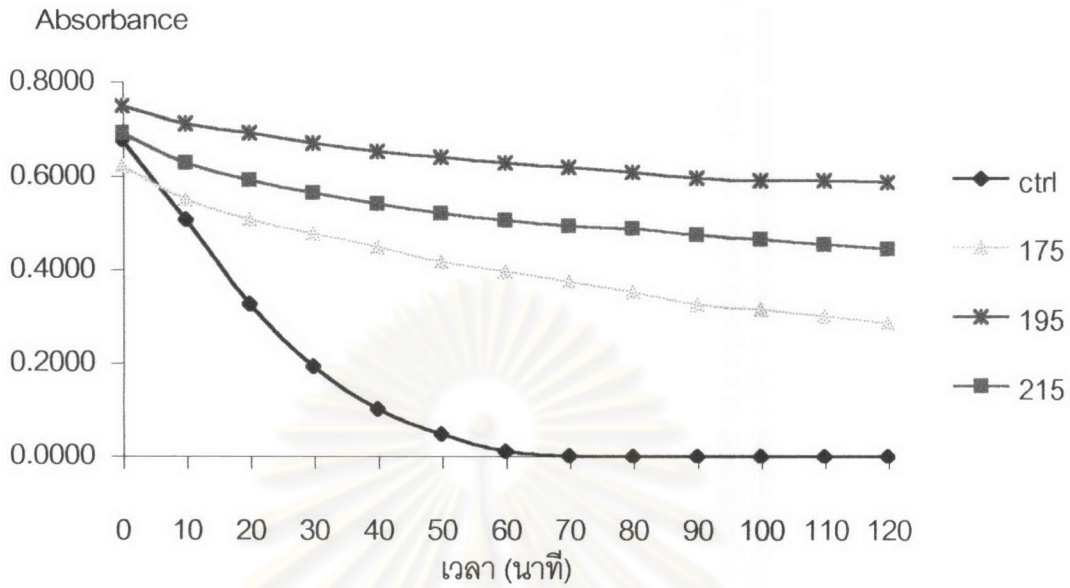
รูปที่ 4.12 ขนาดอนุภาคของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175 - 215 องศาเซลเซียส (กำลังขยาย 200 เท่า) (a) อุณหภูมิลมขาเข้า 175 °C (b) อุณหภูมิลมขาเข้า 195 °C (c) อุณหภูมิลมขาเข้า 215 °C

จากการตรวจติดตามความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นโดยวิธี β-carotene bleaching method ของผงถั่วแดงสกัดที่ผ่านการทำแห้ง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้ามีอิทธิพลต่อปริมาณแอนโธไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมขาเข้า จะทำให้ปริมาณแอนโธไซยานิน และ oxidation rate ratio ลดลง ส่วน antioxidant activity มีค่าเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4.19

เมื่อนำผงถั่งแดงสกัดที่ทำแห้ง ณ อุณหภูมิลมขาเข้าต่างๆ มาชงน้ำร้อนเพื่อทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ผลแสดงดังตารางที่ 4.20 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้ามีอิทธิพลต่อคะแนนเฉลี่ยค่าความเข้มสี ความขุ่น กลิ่นคั่ว กลิ่นผิดปกติ และรสขมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคะแนนเฉลี่ยกลิ่นถั่ว และการยอมรับรวม ($p > 0.05$) เมื่ออุณหภูมิลมขาเข้าเพิ่มสูงขึ้น คะแนนเฉลี่ยค่าความเข้มสีของเครื่องดื่มจะเพิ่มขึ้น ความขุ่น กลิ่นคั่ว กลิ่นผิดปกติ และรสขม จะมีค่าสูงขึ้น

ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจาย พบว่าอุณหภูมิลมขาเข้ามีผลให้คะแนนค่าความเข้มสี ความขุ่น กลิ่นคั่ว กลิ่นผิดปกติเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม เมื่อพิจารณาผลด้านอื่นๆ พบว่าสภาวะทำแห้งที่อุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส มีค่า antioxidant activity และ ความสามารถในการละลายสูง จึงเลือกสภาวะนี้เป็นสภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการติดตาม antioxidant activity ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน antioxidant activity และ oxidation rate ratio ของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิลมขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	แอนโธไซนานิน (mg/100g)	AA (ร้อยละ)	ORR
175	$0.16^{a} \pm 0.01$	$90.89^{b} \pm 1.02$	$0.0921^{a} \pm 0.00$
195	$0.16^{a} \pm 0.02$	$95.40^{a} \pm 0.48$	$0.0457^{c} \pm 0.00$
215	$0.13^{b} \pm 0.01$	$94.76^{a} \pm 0.64$	$0.0495^{b} \pm 0.00$

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มผงจากถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมขาเข้า 175-215 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิลมขาเข้า (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ย* ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน						
	ความเข้มสี	ความขุ่น	กลิ่นคั่ว	กลิ่นถั่ว^{ns}	กลิ่นผิดปกติ	รสขม	การยอมรับรวม^{ns}
175	$5.82^{b} \pm 0.49$	$4.67^{c} \pm 0.52$	$3.80^{c} \pm 0.87$	2.43 ± 0.67	$0.30^{c} \pm 0.10$	$1.24^{c} \pm 0.55$	7.41 ± 0.68
195	$5.95^{b} \pm 0.64$	$4.84^{b} \pm 0.60$	$4.37^{b} \pm 0.88$	2.27 ± 0.69	$0.42^{b} \pm 0.13$	$1.45^{b} \pm 0.62$	7.30 ± 0.76
215	$6.27^{a} \pm 0.55$	$5.10^{a} \pm 0.67$	$4.80^{a} \pm 0.81$	2.27 ± 0.63	$0.49^{a} \pm 0.13$	$1.91^{a} \pm 0.78$	7.34 ± 0.78

a,b,.....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส คะแนนเต็ม 10 คะแนน

4.2.2.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มผงสำเร็จรูปจากถั่วแดง

นำผงถั่วแดงสกัดที่ทำแห้งที่อุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส มาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ได้ผลดังตารางที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบโดยประมาณของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายด้วยอุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%โดยน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	6.64 ± 0.16
โปรตีน	11.79 ± 0.09
ไขมัน	0.53 ± 0.07
คาร์โบไฮเดรต*	69.65 ± 0.00
เถ้า	11.39 ± 0.04

[a]ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ

ตารางที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของผงถั่วแดงที่ผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นกระจายด้วยอุณหภูมิลมขาเข้า 215 องศาเซลเซียส

องค์ประกอบ	ค่าเฉลี่ย[a] ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แอนโธไซยานิน (มิลลิกรัม/100 กรัม)	0.13 ± 0.01
สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/กรัม)	71.50 ± 0.84

[a]ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 4 ซ้ำ