บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว

โปรตีนถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลอง เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมวุ้นเส้น ผลิตโดยบริษัท ไทยวาฟูดโปรดักส์ จำกัด การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียวได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	2.97±0.03
โปรตีน	78.90±0.21
ไขมัน	0.90±0.15
เถ้า	3.93±0.06
เส้นใย	0.30±0.07
คาร์โบไฮเดรต	15.08±0.11

4.[illegible] ปริมาณของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริค

โปรตีนถั่วเขียวย่อยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 6 โมลาร์ แปรอัตราส่วนของโปรตีนต่อกรดไฮโดรคลอริคเป็น 6 ระดับ คือ 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 และ 1:7 (กรัมต่อมิลลิลิตร) ย่อยในเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์ของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ปริมาณไนโตรเจน,อะมิโนไนโตรเจน,อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ของ HVP เมื่อใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริค 1:2-1:7 กรัมต่อมิลลิลิตร

โปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริค (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด	เกลือโซเดียมคลอไรด์
1:2	$3.08^{a} \pm 0.07$	$1.84^{b} \pm 0.03$	$59.74^{c} \pm 0.36$	$14.61^{f} \pm 0.23$
1:3	$2.82^{b} \pm 0.03$	$1.93^{a} \pm 0.06$	$68.01^{ab} \pm 0.23$	$16.17^{e} \pm 0.52$
1:4	$2.78^{b} \pm 0.04$	$1.94^{a} \pm 0.04$	$69.44^{ab} \pm 0.94$	$17.73^{d} \pm 0.47$
1:5	$2.51^{c} \pm 0.04$	$1.78^{b} \pm 0.04$	$71.03^{a} \pm 0.50$	$20.85^{c} \pm 0.29$
1:6	$2.16^{d} \pm 0.06$	$1.47^{c} \pm 0.03$	$68.02^{ab} \pm 0.30$	$21.57^{b} \pm 0.47$
1:7	$2.05^{d} \pm 0.04$	$1.36^{d} \pm 0.04$	$66.11^{b} \pm 0.47$	$22.28^{a} \pm 0.33$

a,b,c,___ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ ... ความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์ของน้ำหมักที่ใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริค 1:2-1:7 กรัมต่อมิลลิลิตร

SOV	d.f.	MS.			
		ไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด	เกลือโซเดียมคลอไรด์
Treatment	5	0.321*	0.112*	74.489*	6.999*
Error	6	2.430×10^{-3}	2.000×10^{-3}	2.789	0.202

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ในการย่อยสลาย มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และโซเดียมคลอไรด์ อย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่าเมื่ออัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริคเท่ากับ 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 และ 1:7 ปริมาณอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริคต่อปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ใน HVP จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ทำให้เกิดรสเค็มใน HVP ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ จึงควรมีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากปริมาณอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดพร้อมกับปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ใน HVP จึงเลือกอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริคเท่ากับ 1:3 สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค

ศึกษาผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค ต่อการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว ใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริคเท่ากับ 1:3(กรัมต่อมิลลิลิตร) ย่อยในเครื่อง autoclave แปรอุณหภูมิในการย่อย 2 ระดับ คือ 120 และ 130 องศาเซลเซียส แปรระยะเวลาในการย่อย 3 ระดับ คือ 2, 4 และ 6 ชั่วโมง และแปรความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค 2 ระดับ คือ 4 และ 6 โมลาร์ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน,อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดของ HVP ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วเขียวด้วยกรดไฮโดรคลอริค โดยใช้อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคในระดับที่ต่างกัน แสดงในตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด เนื่องจากอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคแสดงในตารางที่ 4.5,4.6,4.7 และ 4.8

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน ใช้วิธีทดสอบแบบ Scoring test ได้ผลดังตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของHVP เนื่องจากผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค แสดงในตารางที่ 4.10 ค่า correlation coefficient (r) ระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับค่าไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.4 ปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดของ HVP เมื่อย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นกรด (โมลาร์)	ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
			ไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด
	2	4	$3.10^{a} \pm 0.03$	$1.85^{d} \pm 0.02$	$59.69^{g} \pm 1.05$
		6	$2.92^{a} \pm 0.04$	$1.92^{cd} \pm 0.06$	$65.80^{e} \pm 1.03$
120	4	4	$3.03^{a} \pm 0.05$	$1.93^{cd} \pm 0.03$	$63.54^{f} \pm 0.17$
		6	$2.86^{a} \pm 0.03$	$1.98^{bc} \pm 0.02$	$69.31^{bc} \pm 0.24$
	6	4	$2.91^{a} \pm 0.06$	$1.99^{bc} \pm 0.06$	$68.34^{d} \pm 0.13$
		6	$2.85^{a} \pm 0.04$	$2.10^{a} \pm 0.04$	$72.87^{a} \pm 0.29$
	2	4	$3.05^{a} \pm 0.05$	$1.94^{c} \pm 0.04$	$63.63^{f} \pm 0.64$
		6	$2.90^{a} \pm 0.04$	$2.00^{bc} \pm 0.02$	$68.95^{c} \pm 0.99$
130	4	4	$2.99^{a} \pm 0.03$	$1.99^{bc} \pm 0.06$	$66.47^{e} \pm 0.62$
		6	$2.82^{a} \pm 0.03$	$2.01^{b} \pm 0.04$	$71.44^{ab} \pm 0.79$
	6	4	$2.88^{a} \pm 0.03$	$2.06^{ab} \pm 0.03$	$71.38^{ab} \pm 0.48$
		6	$2.73^{a} \pm 0.03$	$1.89^{cd} \pm 0.03$	$69.89^{b} \pm 0.45$

a,b,c,___ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ใ๑๖๕๐๑๑๑

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดของ HVP เมื่อย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

SOV	d.f.	MS.		
		ไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจน	อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด
อุณหภูมิ(A)	1	0.011^{*}	$3.051\times10^{-3*}$	30.757^{*}
เวลา(B)	2	$4.806\times10^{-2*}$	$1.452\times10^{-2*}$	82.402^{*}
ความเข้มข้น(C)	1	0.147^{*}	$3.069\times10^{-3*}$	94.757^{*}
AB	2	5.645×10^{-4}	$1.414\times10^{-2*}$	4.257^{*}
AC	1	3.051×10^{-5}	$1.447\times10^{-2*}$	13.484^{*}
BC	2	2.670×10^{-3}	$5.138\times10^{-3*}$	14.460^{*}
ABC	2	1.472×10^{-3}	$1.453\times10^{-2*}$	6.964^{*}
Error	12	1.036×10^{-3}	4.088×10^{-4}	0.547

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณไนโตรเจนของ HVP เมื่อย่อยโปรตีนถั่วเขียว ที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณไนโตรเจน(ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
120	$2.94^{a} \pm 0.11$
130	$2.89^{b} \pm 0.12$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ปริมาณไนโตรเจนของ HVP เมื่อย่อยโปรตีนถั่วเขียว เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณไนโตรเจน(ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2	$2.99^{a} \pm 0.09$
4	$2.92^{b} \pm 0.11$
6	$2.84^{c} \pm 0.08$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณไนโตรเจนของ HVP เมื่อย่อยโปรตีนถั่วเขียว ด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค (โมลาร์)	ปริมาณไนโตรเจน(ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4	$2.99^{a} \pm 0.08$
6	$2.84^{b} \pm 0.07$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ(ตารางที่ 4.6-4.8) พบว่า อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอะมิโนไนโตรเจน($p \leq 0.05$) คือ อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลา อุณหภูมิกับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค เวลากับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค รวมทั้งอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) คือ อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลา อุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค เวลาและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค และอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย

ตารางที่ 4.9 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วเขียว ด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2,4 และ 6 ชั่วโมง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นกรด (โมลาร์)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
120	2	4	4.55^{a} ±1.18
		6	6.20^{cd} ±1.09
	4	4	5.97^{cd} ±1.06
		6	7.00^{bc} ±1.37
	6	4	6.88^{bc} ±0.78
		6	8.17^{a} ±1.17
130	2	4	6.06^{cd} ±1.63
		6	7.02^{bc} ±0.99
	4	4	6.55^{c} ±0.80
		6	7.45^{b} ±0.65
	6	4	7.55^{b} ±0.97
		6	5.63^{d} ±1.03

a,b,c,___ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถั่วเขียว ด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 4 และ 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 120 และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 ชั่วโมง

SOV	d.f.	MS.
อุณหภูมิ(A)	1	3.781
เวลา(B)	2	21.185*
ความเข้มข้น(C)	1	9.464*
AB	2	8.764*
AC	1	24.569*
BC	2	10.867*
ABC	2	16.158*
Panelist	9	2.385*
Error	99	1.005

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ได้แก่ เวลา ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลา อุณหภูมิกับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค เวลากับความเข้มข้นของกรด และอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากผลของอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด ได้จากการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียวด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ดังนั้นจึงเลือกภาวะดังกล่าวในการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว เพื่อผลิต HVP สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

ตารางที่ 4.11 ค่า correlation coefficient(r) ระหว่างคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับค่าไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด

ความสัมพันธ์ระหว่าง	correlation coefficient(r)
คะแนนกลิ่นกับค่าไนโตรเจน	0.569
คะแนนกลิ่นกับค่าอะมิโนไนโตรเจน	0.935*
คะแนนกลิ่นกับค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด	0.937*

* มีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากค่า correlation coefficient จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนกลิ่นของ HVP กับค่าอะมิโนไนโตรเจน(r=0.935) และคะแนนกลิ่นกับค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด(r=0.937) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนกลิ่นกับค่าไนโตรเจน(r=0.569)

4.4 ศึกษาภาวะในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมใน HVP

ศึกษาภาวะในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมในHVP โดยดูดซับด้วยแอคทีฟคาร์บอน แปรอุณหภูมิในการกำจัดกลิ่น 2 ระดับ คือ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เวลา แปรเป็น 2 ระดับ คือ 30 และ 60 นาที และปริมาณแอคทีฟคาร์บอน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมแล้ว ใช้วิธีทดสอบแบบ Scoring test ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ HVP เนื่องจากอิทธิพลของ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณแอคทีฟคาร์บอน ที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแปลกปลอม ด้วยแอคทีฟคาร์บอน ร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณแอคทีฟคาร์บอน (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	30	0.1	8.22±1.18
		0.5	8.70±0.44
		1.0	7.85±0.85
	60	0.1	8.15±1.04
		0.5	8.55±0.58
		1.0	7.80±1.26
60	30	0.1	8.24±1.25
		0.5	8.63±0.53
		1.0	7.73±0.93
	60	0.1	8.12±1.21
		0.5	8.50±0.79
		1.0	7.68±0.62

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแปลกปลอม ด้วยแอคทีฟคาร์บอนร้อยละ 0.1, 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที

SOV	d.f.	MS.
อุณหภูมิ(A)	1	0.120
เวลา(B)	1	4.053×10^{-2}
ปริมาณแอคทีฟคาร์บอน(C)	2	7.778*
AB	1	0.160
AC	2	0.816
C	2	2.441×10^{-3}
ABC	2	6.103×10^{-3}
Panelist	9	1.601*
Error	99	0.749

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณแอคทีฟคาร์บอนมีผลต่อคะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) ขณะที่อุณหภูมิ เวลา และอิทธิพลร่วมในการกำจัดกลิ่นไม่มีผล ($p \geq 0.05$) คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณแอคทีฟคาร์บอนที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมใน HVP แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ที่ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแปลกปลอม ด้วยแอคทีฟคาร์บอนร้อยละ 0.1,0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

ปริมาณแอคทีฟคาร์บอน (ร้อยละ)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0.1	8.19^{b} ±0.17
0.5	8.60^{a} ±0.23
1.0	7.62^{c} ±0.30

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP พบว่าการใช้แอคทีฟคาร์บอนในปริมาณ ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด จึงเลือกใช้แอคทีฟคาร์บอนร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ส่วนอุณหภูมิ และเวลาไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ($p \geq 0.05$) จึงเลือกอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเวลา 30 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมของ HVP เพื่อประหยัดพลังงานและเวลา

4.5 ศึกษาภาวะในการทำ HVP ให้เข้มข้น

ศึกษาภาวะในการทำ HVP ให้เข้มข้น โดยระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator แปรอุณหภูมิขณะทำให้เข้มข้นเป็น 4 ระดับ คือ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ควบคุมความดันที่ภาวะสุญญากาศเป็น 26 นิ้วปรอท และความเร็วรอบต่อนาทีเป็น 240 ระเหยจนได้ปริมาณของแข็งที่

ละลายได้ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ประเมินผลการทดลองโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสและเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำให้เข้มข้น

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก จากการทดสอบแบบ Scoring test ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน แสดงในตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ แสดงในตารางที่ 4.16

ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้เพื่อระเหยน้ำใน HVP เข้มข้นร้อยละ 32 โดยน้ำหนักจนได้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำ แสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.15 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการทำให้เข้มข้นภายใต้ภาวะสุญญากาศด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	8.40±0.35
60	8.58±0.53
70	8.68±0.63
80	8.77±0.75

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการทำให้เข้มข้นภายใต้ภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

SOV	d.f.	MS.
Treatment	3	1.864^{ns}
Panelist	9	1.384^{ns}
Error	27	0.992

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.17 เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำ ภายใต้ภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำ (นาที)
50	$66.0^{a} \pm 1.41$
60	$44.0^{b} \pm 1.00$
70	$25.0^{c} \pm 1.41$
80	$15.0^{d} \pm 0.00$

a,b,c,d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำ ภายใต้ภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส

SOV	d.f.	MS.
Treatment	3	989.833*
Error	4	1.500

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เข้มข้น มีผลต่อคะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่อุณหภูมิมีผลต่อเวลาที่ต้องการในการระเหยน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จะเห็นว่าการทำเข้มข้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาสั้นที่สุด จึงเลือกอุณหภูมิดังกล่าวเป็นภาวะเหมาะสม

4.6 การศึกษาคุณภาพของ HVP

4.6.1 การศึกษาคุณภาพของ HVP ในรูปของเหลวเข้มข้น

ผลิต HVP เข้มข้น โดยวิธีระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ใช้อุณหภูมิขณะทำให้เข้มข้นเป็น 80 องศาเซลเซียส ความดันที่ภาวะสุญญากาศเป็น 26 นิ้วปรอท และความเร็วรอบต่อนาทีเป็น 240 จนได้ HVP เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก

วิเคราะห์คุณภาพของ HVP เข้มข้นที่ผลิตได้ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.19 และลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.19 ปริมาณเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของ HVP เข้มข้น

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	39.75±1.62
โปรตีน	36.05±1.66
ไขมัน	0.14±0.42
เถ้า	22.88±0.16
คาร์โบไฮเดรต	1.18±0.10
เกลือโซเดียมคลอไรด์	19.91±0.92

รูปที่ 4.1 ลักษณะของHVP เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนักที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียว

4.6.2 การผลิตและศึกษาคุณภาพของ HVP ผง

ผลิต HVP ผง โดยทำแห้ง HVP เข้มข้นร้อยละ 32 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง spray dryer ใช้อุณหภูมิลมร้อน 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมออก 100 องศาเซลเซียส ความดันลม 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อัตราเร็วในการป้อน 1700 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.20 และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ แสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.20 ปริมาณเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของ HVP ผง

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	5.51±0.19
โปรตีน	45.18±0.53
ไขมัน	0.23±0.02
เถ้า	47.10±0.43
คาร์โบไฮเดรต	2.01±0.08
เกลือโซเดียมคลอไรด์	46.03±0.96

4.7 ศึกษาการใช้ประโยชน์ HVP เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

4.7.1 การใช้ HVP ในรูปของเหลวเข้มข้น

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ HVP เข้มข้น ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก โดยเติมในซุปผักในปริมาณร้อยละ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของซุปผัก ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 20 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก เนื่องจากการแปรปริมาณ HVP เข้มข้น แสดงในตารางที่ 4.22

รูปที่ 4.2 ลักษณะของ HVP ผง ที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียว

ตารางที่ 4.21 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก ที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP เข้มข้น ร้อยละ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก

ปริมาณของ HVP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	6.50^{c} ±1.53
1.0	7.35^{b} ±1.21
1.5	8.00^{a} ±1.02
2.0	7.70^{ab} ±1.05

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP เข้มข้น ร้อยละ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก

SOV	d.f.	MS.
Treatment	3	10.371*
Panelist	19	2.606*
Error	57	1.092

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณ HVP ที่ใช้ มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผักอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านกลิ่นรส ด้วยวิธี Duncan's New Multiple

Range Test พบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุด เมื่อใช้ HVP เข้มข้น ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก

4.7.2 การใช้ HVP ผง

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ HVP ผง ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.76 โดยน้ำหนัก โดยเติมในซุปผัก ร้อยละ 0, 0.5, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของซุปผัก ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 20 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก ที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP ผง ร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก

ปริมาณของ HVP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	$6.50^{c} \pm 1.19$
0.5	$7.15^{b} \pm 0.85$
0.75	$7.95^{a} \pm 1.18$
1.00	$7.80^{a} \pm 1.12$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP ผง ร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก

SOV	d.f.	MS.
Treatment	3	8.433*
Panelist	19	2.805*
Error	57	1.104

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณ HVP ผง มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่าการใช้ HVP ผง ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสดีที่สุด

4.7.3 เปรียบเทียบคุณภาพของ HVP ที่ผลิตได้กับ HVP ทางการค้า

HVP ทางการค้า (HPP:FC-01®) จากบริษัท ฟูด เซอร์วิส แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด มีลักษณะปรากฏดังแสดงในรูปที่ 4.3

4.7.3.1 ศึกษาคุณภาพของ HPP:FC-01®

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ HPP:FC-01® ผลการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 4.25

รูปที่ 4.3 ลักษณะของ HVP ทางการค้า (HPP:FC-01®)

ตารางที่ 4.25 ปริมาณเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของ HPP:FC-01®

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความชื้น	5.17±0.24
โปรตีน	30.10±0.36
ไขมัน	1.06±0.58
เถ้า	49.77±1.16
คาร์โบไฮเดรต	13.90±1.10
เกลือโซเดียมคลอไรด์	44.90±1.31

4.7.3.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ HPP:FC-01®

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้ HPP:FC-01® โดยเติมในซุปผักในปริมาณร้อยละ 0, 0.5, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของซุปผัก ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 20 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.26 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก ที่แต่งกลิ่นรสด้วย HPP:FC-01® ร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก

ปริมาณของ HVP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	6.70[b] ±1.29
0.50	7.10[b] ±1.09
0.75	7.97[a] ±0.97
1.00	8.00[a] ±0.92

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก ที่แต่งกลิ่นรสด้วย HPP:FC-01® ร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก

SOV	d.f.	MS.
Treatment	3	5.679*
Panelist	19	2.644*
Error	57	1.241

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณ HPP:FC-01® มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ HPP:FC-01® ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก คุณภาพดีที่สุด($p \leq 0.05$)

4.7.3.3 เปรียบเทียบคุณภาพของ HVP เข้มข้น และ HVP ผง ที่ผลิตได้ กับ HPP:FC-01®

ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ HVP เข้มข้น ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก, HVP ผง ที่ผลิตได้จากโปรตีนถั่วเขียว กับ HPP:FC-01® เป็นสารแต่งกลิ่นรส โดยเติมในซุปผัก ในปริมาณร้อยละ 1.5, 0.75 และ 0.75 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของซุปผัก ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชนิดผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 20 คน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.28 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก ที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP เข้มข้น, HVP ผง ที่ผลิตได้ และ HPP:FC-01®

ประเภทของ HVP	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
HVP เข้มข้น	$7.80^{ab} \pm 1.28$
HVP ผง	$7.35^{b} \pm 1.17$
HPP:FC-01®	$8.00^{a} \pm 1.09$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผัก เมื่อเติม HVP เข้มข้น, HVP ผง ที่ผลิตได้ และ HPP:FC-01®

SOV	d.f.	MS.
Treatment	2	3.350*
Panelist	19	2.277*
Error	38	0.875

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าชนิดของ HVP มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุปผักอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ HPP:FC-01® ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสดีที่สุด และไม่แตกต่างจากตัวอย่างใช้ HVP เข้มข้น ส่วน HVP ผง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสไม่แตกต่างจากพวกที่ใช้ HVP เข้มข้น แต่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้ HPP:FC-01®