

## วิจารณ์ผลการทดลอง

## 5.1 องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว

โปรตีนถั่วเขียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต HVP ในงานวิจัยนี้เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตวันเส้น จากบริษัทไทยวา ฟู้ดโปรดักส์ จำกัด เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนถั่วเขียว (ตารางที่ 4.1) พบว่ามีโปรตีนอยู่สูงถึงร้อยละ 78.9 โดยน้ำหนัก ส่วนคาร์โบไฮเดรต และไขมัน มีอยู่ ร้อยละ 15.08 และ 0.90 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ องค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผลิต HVP มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด วัตถุดิบที่นำมาใช้ควรมีปริมาณโปรตีนสูงพอเหมาะคือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแห้ง (26) คาร์โบไฮเดรตควรมีอยู่พอประมาณ เนื่องจากในระหว่างการย่อยสลายด้วยกรด คาร์โบไฮเดรตจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีน เกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ให้สารระเหยได้ที่ให้กลิ่นใน HVP (14, 22, 23) แต่ถ้าวัตถุดิบมีคาร์โบไฮเดรตอยู่มากเกินไป จะทำให้กรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนมีอยู่ต่ำ เนื่องจากกรดอะมิโนสูญเสียไปในการเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation กับคาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสไม่ดีและมีสีเข้ม (17, 26) ส่วนไขมันควรมีอยู่ในปริมาณต่ำ เนื่องจากไขมันในวัตถุดิบมีผลในการขัดขวางการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด เพราะไขมันอาจเกิด cross link กับโมเลกุลของโปรตีน โครงสร้างดังกล่าวต้านทานต่อการย่อยสลายด้วยกรด ซึ่งเป็นผลมาจาก steric hindrance ของ bulky side chain ในโมเลกุลของโปรตีน (27) และวัตถุดิบที่มีไขมันอยู่สูงจะเกิด saponification ในขั้นตอนการปรับ pH เป็นกลาง เนื่องจากเกิดเกลือโซเดียมของกรดไขมัน ทำให้ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับ pH มากเกินกว่าที่ควร และเกิดกลิ่นแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ไขมันยังเกิดปฏิกิริยา oxidation ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนได้ (25) โปรตีนถั่วเขียวซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่สูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่พอประมาณ และมีไขมันอยู่ต่ำ จึงจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต HVP

## 5.2 ผลของอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริก

ขั้นตอนนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริก ที่มีต่ออัตราการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ให้ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 6 โมลาร์ เวลา 2 ชั่วโมง แปรอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริก เป็น 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 และ 1:7 (กรัมต่อมิลลิลิตร) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์

การวิเคราะห์ไนโตรเจนใช้ Kjeldahl method ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากสารประกอบอินทรีย์ ที่มีทั้งโปรตีนและสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแต่มีไนโตรเจนรวมอยู่ด้วย (45) ค่าอะมิโนไนโตรเจน หมายถึง ไนโตรเจนของกรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน เป็นค่าที่ได้จากผลต่างระหว่างฟอรัมลิตไฮด์ไนโตรเจนกับแอมโมเนียคัลไนโตรเจน ซึ่งฟอรัมลิตไฮด์ไนโตรเจน หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของหมู่อะมิโนอิสระและไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย ส่วนแอมโมเนียคัลไนโตรเจน หมายถึง ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย (45) ค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด เป็นค่าที่แสดงปริมาณพันธะเปปไทด์ที่ถูกย่อยสลาย ซึ่งบอกถึงระดับการย่อยสลายโปรตีน (16, 17, 18, 19, 20, 44)

ผลจากตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงว่าการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว โดยใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริกต่างกัน มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจน, อะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริกที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนใน HVP จะเห็นว่าเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณไนโตรเจนจะลดลง อาจเนื่องจากเมื่อใช้กรดมากขึ้น จะย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนอิสระได้มากขึ้น ซึ่งกรดอะมิโนอิสระบางส่วนที่ย่อยออกมา ที่ภาวะเหมาะสมเกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation กับน้ำตาลซึ่งได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในวัตถุดิบให้สารระเหยได้ที่ให้กลิ่น นอกจากนี้ยังให้สารประกอบสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ เรียกว่า melanoidin หรือ humin อีกด้วย (14, 21) Danehy และ

Pigman(48) รายงานว่าการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด กรดอะมิโนจะทำปฏิกิริยากับ aldehydes ซึ่งได้จากปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ทำให้เกิด humin โดยมีการสูญเสียไนโตรเจนของกรดอะมิโน tryptophan, tyrosine, cystine, arginine, lysine และ histidine ไปในการเกิด humin จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ตรวจพบใน HVP ลดลง

เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริกต่อปริมาณอะมิโนไนโตรเจน พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 1:2 เป็น 1:3 และ 1:4 ค่าอะมิโนไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้กรดมากขึ้นทำให้ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนอิสระได้เพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้อัตราส่วนมากกว่า 1:4 ค่าอะมิโนไนโตรเจนลดลง เนื่องจากรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนบางส่วนถูกทำลายในภาวะที่มีกรดสูง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานทดลองของ Greenberg และ Burk(18) ที่ย่อยกลูเตนของข้าวสาลี 100 กรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 โมลาร์ ปริมาณ 100, 250, 400 และ 1000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกรดจาก 100 ถึง 400 มิลลิลิตร ค่าอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้กรด 1000 มิลลิลิตร ค่าอะมิโนไนโตรเจนลดลง เนื่องจากรดอะมิโนอิสระบางส่วนถูกทำลายโดยเกิดdeamination ของกรดอะมิโน ให้แอมโมเนียใน hydrolysate(16, 17, 18)

ผลของอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริกที่มีต่อปริมาณอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด แสดงว่า เมื่อใช้กรดมากขึ้นปริมาณอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนอิสระเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้อัตราส่วนสูงถึง 1:7 ค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดลดลง อาจเนื่องมาจากเมื่อค่าอะมิโนไนโตรเจนลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการเกิด deamination ของกรดอะมิโน ทำให้เกิดแอมโมเนียใน hydrolysate อาจมีแอมโมเนียบางส่วนทำปฏิกิริยากับ aldehydes ที่ได้จากปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ได้ D-glucosamines ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเกิด humin จึงมีการสูญเสียไนโตรเจนไปในการเกิด humin (48, 49) นอกจากนั้นแอมโมเนียเป็นสารระเหยได้ บางส่วนอาจจะเหวี่ยงออกจากระบบระหว่างเกิดปฏิกิริยาดัง เป็นผล

ให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดลดลงเช่นกัน เมื่อทั้งอะมิโนไนโตรเจนและไนโตรเจนทั้งหมดลดลง จึงส่งผลให้ค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดลดลงด้วย

เมื่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับ pH ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้เป็นกลาง ทำให้เกิดเกลือโซเดียมคลอไรด์จากปฏิกิริยาดังกล่าว ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ใน HVP จึงแปรผันตามปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว

จากค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดกับปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ จะเห็นว่าอัตราส่วนโปรตีนต่อกรด 1:3 ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนได้ไม่ต่างจากอัตราส่วน 1:4, 1:5 และ 1:6 ( $p > 0.05$ ) แต่เมื่อใช้โปรตีนต่อกรด 1:3 ผลิตภัณฑ์มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ำที่สุด ( $p < 0.05$ ) โซเดียมคลอไรด์นอกจากให้รสเค็มใน HVP แล้วยังมีผลด้านสุขภาพเมื่อบริโภคเป็นจำนวนมาก (24) ดังนั้นควรมีอยู่ในปริมาณต่ำ จึงเลือกใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกรดไฮโดรคลอริก 1:3 ในการย่อยเพื่อศึกษาต่อไป

### 5.3 ผลของอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก

ขั้นตอนนี้ศึกษาผลของ อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกต่อการย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียว โดยแปรอุณหภูมิ 2 ระดับคือ 120 และ 130 องศาเซลเซียส แปรเวลาในการย่อย 3 ระดับคือ 2, 4 และ 6 ชั่วโมง และแปรความเข้มข้นของกรด 2 ระดับ คือ 4 และ 6 โมลาร์

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนของ HVP คือ อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก ข้อมูลจากตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 แสดงว่าการเพิ่มอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของกรด ทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง ทั้งนี้เพราะเมื่ออุณหภูมิ เวลา หรือความเข้มข้นของกรดเพิ่ม โปรตีนถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระได้มากขึ้น และกรดอะมิโน tryptophan, tyrosine, cystine,

arginine, lysine และ histidine สูญเสียไนโตรเจนไปในการเกิด humin ได้ง่าย (48) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานทดลองของ Gortner และ Holm (49) ที่ย่อย fibrin ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 20 % ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ค่าอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่วนค่าไนโตรเจนทั้งหมดใน hydrolysate ลดลง และเมื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนใน humin พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยสรุปว่าในการย่อยโปรตีนด้วยกรด จะมีการสูญเสียกรดอะมิโนโดยเฉพาะ tryptophan ไปในการเกิด humin

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 แสดงว่า อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของกรด อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลา อุณหภูมิกับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เวลากับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก และอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อปริมาณอะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย มีผลในทางเสริมกัน กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก อุณหภูมิ และเวลาในการย่อย อัตราการย่อยสลายโปรตีนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จากค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ HVP ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และ 4.10 พบว่า เวลา ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลา อุณหภูมิกับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เวลากับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก และอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) Murray และ Baker (11) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกลิ่นรสของ HVP ได้แก่ ชนิดของโปรตีนที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และระดับการย่อยสลาย หรือค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด Yokotsuka (50) แนะนำว่าการพิจารณาคุณภาพของซอสถั่วเหลือง ควรใช้อัตราส่วนของอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด เพราะเมื่ออัตราส่วนนี้สูงขึ้น คุณภาพด้านกลิ่นรสของซอสถั่วเหลืองจะดีขึ้นด้วย และซอสถั่วเหลืองที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนร้อยละ 60 ของไนโตรเจนทั้งหมด มีคุณภาพดีที่สุด

Sair (19) ทดลองย่อยโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับกลูเตนของข้าวสาลี ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้ HVP ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนร้อยละ 44.1 ของไนโตรเจนทั้งหมด มีรสขม ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนร้อยละ 63.0 ของไนโตรเจนทั้งหมด มีกลิ่นหอม Pham และ Del Rosario (17) ทดลองย่อยกากถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 110 และ 125 องศาเซลเซียส ได้ HVP ที่มีค่าอะมิโนไนโตรเจนต่างกัน พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนด้านกลิ่นของ HVP กับค่าอะมิโนไนโตรเจน และมีค่า correlation coefficient ( $r$ ) = 0.98 ผู้วิจัยสรุปว่าเมื่อค่าอะมิโนไนโตรเจนเพิ่มขึ้น คะแนนกลิ่นของ HVP เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อย่อยโปรตีนอย่างสมบูรณ์ ได้ค่าอะมิโนไนโตรเจนสูงที่สุด คะแนนกลิ่นของ HVP ก็สูงที่สุดด้วย

จากเหตุผลข้างต้น แสดงให้เห็นว่าค่าอะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด น่าจะมีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสของ HVP ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไนโตรเจนทั้งหมด, อะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด กับคะแนนกลิ่นของ HVP จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าอะมิโนไนโตรเจนกับคะแนนกลิ่น ( $r = 0.935$ ) และระหว่างค่าอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมดกับคะแนนกลิ่น ( $r = 0.937$ ) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนทั้งหมดกับคะแนนกลิ่น ( $r = 0.569$ ) และนอกจากนั้นผลจากการทดลองนี้ยังชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มของอะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด เป็นผลให้กลิ่นหอมของ HVP เพิ่มขึ้น แสดงว่ากลิ่นหอมของ HVP แปรผันตามค่าอะมิโนไนโตรเจน และอะมิโนไนโตรเจนต่อไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อย่อยโปรตีนถั่วเขียวด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ค่าอะมิโนไนโตรเจนสูงที่สุด คือร้อยละ 72.87 ของไนโตรเจนทั้งหมด มีคะแนนกลิ่นสูงที่สุด คือ 8.17 ส่วน HVP ที่ได้จากการย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีค่าอะมิโนไนโตรเจนลดลงเป็นร้อยละ 69.89 ของไนโตรเจนทั้งหมด มีคะแนนกลิ่นเพียง 5.63 แสดงให้เห็นว่ากรดอะมิโนอิสระมีส่วนสำคัญในการเกิดกลิ่นรสของ HVP เมื่อกรดอะมิโนอิสระบางส่วนถูกทำลายกลิ่นรสของ HVP จึงเปลี่ยนไป นอก

จากนั้นเมื่อกรดอะมิโนถูกทำลายจะเกิดแอมโมเนียขึ้น (16, 17, 18, 49) สารแอมโมเนียอาจมีผลในการเกิดกลิ่นไม่ดีใน HVP ด้วย (17)

ดังนั้นจึงเลือกการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 โมลาร์ อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เป็นภาวะเหมาะสมในการผลิต HVP เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

#### 5.4 การศึกษาภาวะในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมใน HVP

ในการผลิต HVP อาจมีกลิ่นแปลกปลอม จากการเกิดกรดอะมิโนอิสระบางชนิด และสารประกอบบางอย่างซึ่งได้จากปฏิกิริยาย่อยสลายวัตถุดิบ กลิ่นแปลกปลอมเหล่านี้อาจกำจัดได้โดยการดูดซับด้วยแอกทิฟคาร์บอน (22, 24, 28, 29) ขั้นตอนนี้จึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมใน HVP โดยแปรปริมาณแอกทิฟคาร์บอน 3 ระดับ คือ 0.1, 0.5, และ 1.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แปรอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ภาวะที่เลือกมาศึกษานี้ เป็นช่วงที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมของ HVP ที่ผลิตจำหน่ายทางการค้า (22, 24) ส่วนเวลาในการกำจัดกลิ่นซึ่งแปรเป็น 2 ระดับ คือ 30 และ 60 นาที แปรตามรายงานของ Hassler (34) และ How และ Morr (36) ซึ่งกล่าวว่า ในการใช้แอกทิฟคาร์บอนชนิดผงกำจัดสีและกลิ่นแปลกปลอมโดยทั่วไป เวลาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-60 นาที และจากการทดลองเบื้องต้น ซึ่งทำโดยกำจัดกลิ่นแปลกปลอมด้วยแอกทิฟคาร์บอน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที และเปรียบเทียบกลิ่นของ HVP ทุก treatments กับ HVP ที่ไม่ผ่านการกำจัดกลิ่นแปลกปลอม พบว่า HVP ที่ผ่านการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมมีกลิ่นดีขึ้น และเมื่อเพิ่มเวลาในการดูดซับ กลิ่นของ HVP ดีขึ้นด้วย จึงเลือกศึกษาเวลาในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมที่ 30 และ 60 นาที ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสตามตารางที่ 4.12 และ 4.13 แสดงว่าปริมาณแอกทิฟคาร์บอนมีผลต่อคะแนนกลิ่นของ HVP ( $p < 0.05$ ) ส่วนอุณหภูมิ เวลา และอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัยไม่มีผล ( $p > 0.05$ ) และแอกทิฟคาร์บอนร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นดีที่สุด

แอกทีฟคาร์บอนมีสมบัติเป็นตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งดูดซับสารบางประเภท (adsorbates) ไว้ที่ผิวด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารทั้ง 2 ประเภท โครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของ adsorbates มีผลต่อปฏิกิริยาการดูดซับ แอกทีฟคาร์บอนดูดซับสารประกอบที่ไม่มีขั้ว โดยเฉพาะพวกที่มีโครงสร้างเป็น aromatic ring ได้ดี (34) จึงดูดซับกรดอะมิโน phenylalanine, tryptophan และ tyrosine ได้ดี Schrodter และ Wolm (33) รายงานว่ากรดอะมิโน tryptophan และ tyrosine ให้กลิ่นรสที่ยอมรับไม่ได้ (unacceptable flavor) และกรดอะมิโน phenylalanine ให้กลิ่นรสที่ไม่ดีปานกลาง (tolerable flavor) นอกจากนั้นแอกทีฟคาร์บอน ยังดูดซับ phenolic compounds และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและกลิ่นที่ไม่ดีได้อีกด้วย (36) การใช้แอกทีฟคาร์บอนดูดซับกรดอะมิโน รวมทั้งสารประกอบอื่นๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่ดีใน HVP จึงช่วยกำจัดกลิ่นแปลกปลอมจากสารประกอบอื่นใน HVP ได้ด้วย ความสามารถในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมขึ้นกับปริมาณของแอกทีฟคาร์บอนที่ใช้ ผลจากการทดลอง (ตารางที่ 4.14) แสดงว่า แอกทีฟคาร์บอนร้อยละ 0.1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ไม่เพียงพอที่จะดูดซับกรดอะมิโน และสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอม การเพิ่มปริมาณของแอกทีฟคาร์บอนเป็นร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เท่ากับเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับกรดอะมิโน และสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็นร้อยละ 1.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ปริมาณดังกล่าวมากเกินไป จึงดูดซับทั้งกรดอะมิโนและสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่ดี และกรดอะมิโน และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเกิดกลิ่นรสที่ดีใน HVP ไปด้วย ทำให้กลิ่นหอมของ HVP ลดลง

Hassler (34) กล่าวว่า ในกระบวนการดูดซับตัวถูกดูดซับต้องใช้เวลาระยะหนึ่งในการเคลื่อนที่และเกาะบนผิวของแอกทีฟคาร์บอน ผลจากการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่าการเพิ่มเวลาที่ใช้ดูดซับจาก 30 นาที เป็น 60 นาที มีผลต่อคะแนนกลิ่นของ HVP อย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) และจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าการดูดซับโดยใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที ไม่พอเพียงต่อการกำจัดกลิ่นแปลกปลอมใน HVP จึงอาจสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของตัวถูกดูดซับและเกาะบนผิวของแอกทีฟคาร์บอนรวมทั้งปฏิกิริยา



การดูดซับน่าจะเกิดขึ้นสมบูรณ์ภายในเวลา 30 นาที การเพิ่มเวลาเป็น 60 นาที จึงไม่ทำให้เกิดการดูดซับเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิในการดูดซับนั้น Hassler(34) รายงานว่า การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้สารละลายมีความหนืดลดลง ตัวถูกละลายแพร่กระจายได้ดีขึ้น ทำให้การดูดซับบนผิวของแอคทีฟคาร์บอนดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารละลายที่ต้องการดูดซับด้วย แต่ผลจากการทดลองพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 เป็น 60 องศาเซลเซียส มีผลต่อค่านกกลืนของ HVP อย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก HVP ที่ผลิตได้มีความหนืดต่ำ โดยจากการวัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (DV-1) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส HVP มีความหนืด 12.7 centripoise เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเป็น 60 องศาเซลเซียส ค่าความหนืดของ HVP ลดลง เป็น 12.2 centripoise ซึ่งลดลงไม่มากนัก อัตราการดูดซับของแอคทีฟคาร์บอนจึงเปลี่ยนแปลงไม่มากเช่นกัน ค่านกกลืนของ HVP ที่อุณหภูมิทั้งสองจึงไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นปริมาณของแอคทีฟคาร์บอนที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ส่วนอุณหภูมิ และเวลา ไม่มีผลต่อค่านกกลืนของ HVP จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเวลา 30 นาที ในการกำจัดกลิ่นแปลกปลอม เนื่องจากประหยัดพลังงานและเวลาได้มากกว่า

#### 5.5 การศึกษาภาวะในการทำ HVP ให้เข้มข้น

เนื่องจากองค์ประกอบที่สำคัญใน HVP คือกรดอะมิโนและสารประกอบระเหยได้ดีให้กลิ่น (14, 22, 29, 40) ซึ่งบางชนิดอาจระเหยไปเมื่อให้ความร้อนในการทำให้เข้มข้นที่อุณหภูมิสูง จึงเลือกใช้วิธีระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงสำหรับการทำให้เข้มข้นวิธีนี้ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดที่ระเหยน้ำได้โดยผลิตภัณฑ์ยังมีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ การทำ HVP ให้เข้มข้นโดยทั่วไป มักใช้อุณหภูมิขณะทำให้เข้มข้นที่ 40-95 องศาเซลเซียส จนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 40-65 โดยน้ำหนัก (23, 24, 29) การทดลองในขั้นตอนนี้ทำ HVP ให้เข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เนื่องจาก Rao(24) รายงานว่า HVP ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก มีโอกาสเสียได้สูงจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา แต่ถ้าผลิต HVP ที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก

จะมีความเข้มข้นมากและ HVP บางส่วนจะสูญเสียไป เนื่องจากติดอยู่ด้านในของ vacuum chamber การทดลองนี้แปรอุณหภูมิที่ใช้ทำให้เข้มข้นเป็น 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากการระเหยน้ำด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ถ้าใช้ความดันภายใต้ภาวะสุญญากาศเป็น 26 นิ้วปรอท และความเร็วรอบเป็น 240 รอบต่อนาทีนั้น อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ใช้ระเหยน้ำใน HVP และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิสูงที่สุดที่น้ำใน HVP จะระเหยได้โดยของเหลวไม่ไหลล้นออกจากเครื่อง ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิในระหว่างระเหยเป็น 90 องศาเซลเซียส จะเกิดฟองของไอสารละลายซึ่งก่อตัวแล้วลอยสู่ผิวหน้าฟองที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่มากจนไหลล้นออกจากเครื่องระเหย

ผลจากการทดลองแสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เข้มข้น มีผลต่อคะแนนกลิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) Manley และ Fagerson (22) รายงานว่าสารระเหยได้ที่มีความสำคัญต่อกลิ่นรสของ HVP ที่ได้จากการย่อยสลายกากถั่วเหลืองด้วยกรดไฮโดรคลอริก ส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิก, อะซิติก, โพรพิโอนิก และบิวทิริก ซึ่งมีจุดเดือด 100.5, 118.2, 141.3 และ 143.0 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีพวก aldehydes, furfurals และ pyrazines ซึ่งมีจุดเดือด 130-180, 160-207 และ 155-180 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ (51) สารระเหยได้เหล่านี้มีจุดเดือดสูง และสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุด คือ 80 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการระเหยเพื่อทำให้เข้มข้น Fellows (52) รายงานว่า การระเหยน้ำภายใต้ภาวะสุญญากาศเพื่อทำให้เข้มข้นนอกจากน้ำจะระเหยไปแล้ว ยังอาจมีสารระเหยได้บางชนิดที่ให้กลิ่นสูญเสียไปด้วย การสูญเสียสารระเหยได้ที่ให้กลิ่นขึ้นกับ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ระหว่างระเหย การสูญเสียสารระเหยได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูง หรือใช้เวลานานระหว่างระเหย (52) อย่างไรก็ตาม การระเหยที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และการเพิ่มเวลาให้ผลเช่นเดียวกับ การเพิ่มอุณหภูมิ คือ ทำให้มีการสูญเสียสารระเหยได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน (52) แต่สารระเหยได้ใน HVP เหล่านี้มีจุดเดือดค่อนข้างสูง (51) ดังนั้นจึงน่าจะมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากเหตุผลดังกล่าว อาจเป็นเหตุให้อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เข้มข้น มีผลต่อคะแนนกลิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหย มีผลต่อคะแนนด้านกลิ่นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) จึงพิจารณาเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำเพื่อทำให้เข้มข้น จากตารางที่ 4.17 จะเห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำภายใต้ภาวะสูญญากาศ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำจะลดลง และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการระเหยน้ำถึงระดับที่ต้องการสั้นที่สุด จึงเลือกใช้อุณหภูมิดังกล่าวในการทำ HVP ให้เข้มข้น

## 5.6 การศึกษาคุณภาพของ HVP

### 5.6.1 การศึกษาคุณภาพของ HVP ในรูปของเหลวเข้มข้น

HVP เข้มข้น (รูปที่ 4.1) มีสีน้ำตาลเข้ม และมีกลิ่นหอมกว่า HVP ที่ไม่ผ่านการทำให้เข้มข้น เนื่องจากมีปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงกว่า (52) นอกจากนี้ กรดอะมิโน และน้ำตาล หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรดอะมิโนและน้ำตาล เมื่อได้รับความร้อนระหว่างการระเหยน้ำเพื่อทำให้เข้มข้น จะเกิดสารที่ให้กลิ่น และมีสีเข้มขึ้น (48) Yokotsuka (50) รายงานว่า การให้ความร้อนแก่ซีอิ๊วที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ทำให้ซีอิ๊วมีกลิ่นดีขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยา browning และ pyrolysis ของน้ำตาล ซึ่งเป็นผลให้มีสารประกอบ furans เพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ HVP ในรูปของเหลวเข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 4.19) พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 36.05 กลีโคไซด์เดียมคลอไรด์ร้อยละ 19.91 ซึ่งทั้ง 2 อย่างนี้เป็นองค์ประกอบหลักที่มีใน HVP และมีส่วนสำคัญต่อกลิ่นรสของ HVP ไนโตรเจนทั้งหมดใน HVP จะเป็นกรดอะมิโน และสารระเหยได้ที่ให้กลิ่น ส่วนกลีโคไซด์เดียมคลอไรด์ช่วยทำให้เกิดรสชาติ (14, 22, 29, 40) จากผลการวิเคราะห์ปริมาณกลีโคไซด์เดียมคลอไรด์ใน HVP ที่เตรียมได้ มีค่าใกล้เคียงกับ HVP ในรูปของเหลว ที่ผลิตจากการย่อยโปรตีนด้วยกรดเพื่อใช้ในทางการค้า ซึ่งมีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 18-25 โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณโปรตีนจะต่างกันไป ขึ้นกับโปรตีนที่มีในวัตถุดิบ HVP เข้มข้นร้อยละ 60-65 โดยน้ำหนัก ที่ผลิตจากกากถั่วเหลืองโดยทั่วไปจะมีโปรตีน ร้อยละ 23-26 โดยน้ำหนัก (44) เมื่อเปรียบเทียบ

โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.1 และ 4.19) จะเห็นว่าโปรตีนลดลงจากร้อยละ 81.32 เป็น 59.83 และ คาร์โบไฮเดรตลดลงจากร้อยละ 15.53 เป็น 1.96 โดยน้ำหนักแห้ง อาจเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนระหว่างการย่อยโปรตีน และระหว่างทำให้เข้มข้น เกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation (14,22,23) ส่วนไขมันลดลงจากร้อยละ 0.93 เป็น 0.23 โดยน้ำหนักแห้ง ที่เป็นเช่นนี้ อาจอธิบายได้โดยใช้ข้อสรุปของ Velisek และคณะ (53) ซึ่งกล่าวว่า ในการย่อยโปรตีนด้วยกรด ไขมันบางส่วนที่มีในวัตถุดิบจะทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกได้ glycerol chlorohydrin esters ซึ่งเป็นสารประกอบ nonpolar จึงสูญเสียไปพร้อมกับ humin ในขั้นตอนกรองแยก humin ออกจาก hydrolysate

#### 5.6.2 การผลิตและศึกษาคุณภาพของ HVP ผง

HVP ผงผลิตโดยทำแห้งด้วยเครื่อง spray dryer ในการทดลองฉีด HVP เข้มข้นร้อยละ 32 โดยน้ำหนัก เป็นละอองฝอยด้วยแรงดันจาก feed pump ผ่าน atomizer แบบ rotary disc เพื่อทำของเหลวให้เป็นละอองฝอย เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับลมร้อนจะเกิดการระเหยน้ำอย่างรวดเร็ว ผง HVP แห้งจะตกลงมาและแยกจากลมร้อนด้วย cyclone separator

เนื่องจากเครื่อง spray dryer ที่ใช้ในงานวิจัย มีข้อจำกัดทางสมรรถนะ เพราะไม่สามารถปรับความดันลมได้ จึงใช้ความดันลม 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอัตราการป้อนของเหลวเป็น 1700 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิลมร้อนปรับได้ 2 ระดับ คือ 170-180 องศาเซลเซียส และ 250-270 องศาเซลเซียส โดยการเปลี่ยน heater สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้อุณหภูมิลมร้อนขณะทำแห้ง 180 องศาเซลเซียส เพราะ Manley และ Fagerson (22) กับ Roberson (38) รายงานว่า เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิต HVP ผง ด้วยวิธี spray drying

HVP ผงที่ผลิตได้ (รูปที่ 4.2) มีลักษณะเป็นผงละเอียดฟูกระจาย และดูดความชื้นได้ง่าย (hygroscopic) มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมคล้ายซอส

ถั่วเหลือง ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำมีกลิ่นหอมน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ก่อนทำแห้งเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องจากระหว่างการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ อาจมีการสูญเสียสารระเหยได้ทำให้กลิ่นที่มีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหย แต่การทำแห้งด้วยวิธี spray drying ละอองฝอยสัมผัสกับลมร้อนและเกิดการระเหยน้ำอย่างรวดเร็ว จึงน่าจะมีการสูญเสียสารระเหยได้ไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพด้านกลิ่นรสดี ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผลผลิต (yield) ต่ำเพียงร้อยละ 25.24 โดยน้ำหนัก เนื่องจากละอองของ HVP ที่สัดออกจาก atomizer ซึ่งหมุนอย่างรวดเร็วบางส่วนไม่แห้งขณะสัมผัสกับลมร้อนที่ 180 องศาเซลเซียส และลอยตัวอยู่ใน drying chamber ผงส่วนที่ไม่แห้งจึงเคลื่อนที่ไปติดอยู่ด้านข้างของภาชนะ นอกจากนั้นการที่ HVP มีลักษณะเป็นผงละเอียดฟุ้งกระจายได้ง่าย ทำให้บางส่วนสูญเสียในขั้นตอนการแยกผลิตภัณฑ์จากลมร้อนด้วย cyclone separator ดังนั้นการเพิ่ม yield อาจทำได้โดยปรับความดันลมให้เหมาะสม (28) และลดการฟุ้งกระจายตามวิธีของ Roberson (38) ซึ่งรายงานไว้ว่าก่อนทำแห้งด้วยเครื่อง spray dryer ถ้าผสมสารละลาย HVP กับสารป้องกันการฟุ้งกระจาย (antidusting agent) polyoxy-ethylene-(20)-sorbitan monooleate ก่อน การสูญเสีย HVP ระหว่างการทำแห้งจะเกิดขึ้นเพียงร้อยละ 12-13 โดยน้ำหนัก ขณะที่ HVP ที่ไม่เติมสารป้องกันการฟุ้งกระจายสูญเสียได้สูงถึงประมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี HVP ผงจากการทำแห้งด้วยเครื่อง spray dryer พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 5.51, 45.18, 47.10 และ 46.03 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ Schropp (54) รายงานว่า HVP ในรูปผงที่ผลิตจากการย่อยโปรตีนถั่วเหลือง และกลูเตนของข้าวสาลีด้วยกรดและใช้ทางการค้าในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 3 ชนิด มีค่าเฉลี่ย คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน ไขมัน และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 96-98, 33-46, 43-51 และ 40-55 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดังนั้น HVP ในรูปผงซึ่งเตรียมจากโปรตีนถั่วเขียว จึงมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับ HVP ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ทางการค้าในประเทศสหรัฐอเมริกา

## 5.7 ศึกษาการใช้ประโยชน์ HVP เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

### 5.7.1 การใช้ HVP ในรูปของเหลวเข้มข้น

ในการใช้ HVP เพื่อปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด (15) การใช้ HVP ในปริมาณที่ต่ำเกินไป จะไม่สามารถเสริมหรือปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารให้ดีขึ้น ส่วนการใช้ในปริมาณที่มากเกินไป นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีกลิ่นของ HVP รุนแรงเกินไป และมีรสเค็มจัดแล้ว ยังทำให้ต้นทุนสูงด้วย

งานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้ HVP เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่เลือกมาศึกษา คือ ชุปผัก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มักใช้ HVP เพื่อช่วยปรุงแต่งกลิ่นรสให้ดีขึ้น (15, 40, 43) การทดลองในขั้นตอนนี้ แปรปริมาณ HVP เข้มข้นที่ผลิตได้ เป็น ร้อยละ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ HVP มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) การเติม HVP ในชุพผักทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เมื่อเติม HVP ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุด และไม่แตกต่างจากพวกที่ใช้ HVP ร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก ( $p > 0.05$ ) ดังนั้น HVP ในรูปของเหลวเข้มข้น ซึ่งเตรียมได้จากโปรตีนถั่วเขียวมีศักยภาพเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารประเภทนี้ได้ดี และปริมาณการใช้ HVP ที่เหมาะสมในชุพผัก คือ ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก การที่ปริมาณ HVP เพิ่มจาก ร้อยละ 1.5 เป็น 2.0 โดยน้ำหนัก แล้วผู้ทดสอบมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันในด้านกลิ่นรสนั้น อาจเนื่องจาก HVP ที่ผลิตขึ้นเมื่อใช้เพียง ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ก็ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นที่ดียอมรับได้อยู่แล้ว ดังนั้นแม้เพิ่มปริมาณให้มากขึ้นอีกก็ไม่มีผลมากนักต่อความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ คะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์จึงไม่ต่างกัน ส่วนรสชาตินั้นผลิตภัณฑ์เดิมมีรสชาติดีเป็นที่ยอมรับได้อยู่แล้ว HVP ในปริมาณที่เติมจึงมีผลน้อยต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์

### 5.7.2 การใช้ HVP ผง

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ HVP ผง บรรจุแต่งกลิ่นรสในซูปฝึก โดยแปรปริมาณเป็นร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale จากคะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์แสดงว่า ปริมาณ HVP มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซูปฝึกที่เติม HVP มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมผลิตภัณฑ์ที่มี HVP ร้อยละ 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุด ดังนั้น HVP ผง ซึ่งเตรียมได้จากโปรตีนถั่วเขียว มีศักยภาพบรรจุแต่งกลิ่นรสอาหารได้ดี และเลือกใช้ HVP ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก เพื่อลดต้นทุน ส่วน HVP เข้มข้นใช้ในปริมาณที่มากกว่า คือ ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก เนื่องจาก HVP เข้มข้นมีความชื้นสูงกว่า HVP ผง คือ ร้อยละ 39.75 ขณะที่ HVP ผงมีความชื้นเพียงร้อยละ 5.51 ตามลำดับ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Manley และ Swaine (43) และ Prendergast (44) ซึ่งกล่าวว่า การใช้ HVP เข้มข้น ร้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก บรรจุแต่งกลิ่นรสอาหาร ปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.2-2.0 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนการใช้ HVP ผงในผลิตภัณฑ์ซูปฝึก และซูปไก่ ใช้ร้อยละ 0.25-0.60 โดยน้ำหนัก

### 5.7.3 เปรียบเทียบคุณภาพของ HVP ที่ผลิตได้กับ HVP ทางการค้า (HPP: FC-01<sup>®</sup>)

#### 5.7.3.1 ศึกษาคุณภาพของ HPP:FC-01<sup>®</sup>

HPP:FC-01<sup>®</sup> ซึ่งผลิตจากกากถั่วเหลือง (รูปที่ 4.3) เป็นผงละเอียด สีเหลือง ดูดความชื้นเร็ว (extremely hygroscopic) มีกลิ่นหอมคล้ายซอสถั่วเหลือง และคล้าย HVP ผงที่เตรียมได้จากโปรตีนถั่วเขียว ละลายน้ำได้ดี เมื่อละลายน้ำมีกลิ่นหอม จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 94.81, 30.10, 13.90 และ 44.90 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ การที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตใน HPP:FC-01<sup>®</sup> สูงกว่าใน HVP ผงที่เตรียมได้จากโปรตีนถั่วเขียว ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 2.01 โดยน้ำหนัก อาจเป็นเหตุให้ HPP:FC-01<sup>®</sup> ดูดความชื้นได้ง่ายกว่า ส่วนปริมาณ

ของแข็งทั้งหมด และเกลือโซเดียมคลอไรด์ มีค่าใกล้เคียงกับ HVP ผงที่เตรียมได้จากโปรตีนถั่วเขียว อาจเนื่องจากการใช้กระบวนการผลิตที่คล้ายกัน ส่วนปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของ HVP ทางการค้ามีค่าต่างจาก HVP จากโปรตีนถั่วเขียว ซึ่งมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 45.18 และ 2.01 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิต HVP ทางการค้า คือ กากถั่วเหลืองนั้น Manley และ Fagerson (14) รายงานว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองที่ขายทางการค้าจากบริษัท Central Soya ประเทศสหรัฐอเมริกา มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยร้อยละ 60 และ 30 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนโปรตีนถั่วเขียวที่ใช้ในงานวิจัยมีอยู่ในปริมาณ ร้อยละ 81.31 และ 15.45 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของกากถั่วเหลืองมีมากกว่าของโปรตีนถั่วเขียวทำให้ HPP:FC-01<sup>®</sup> มีสีเข้มกว่า HVP ผงที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียว เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรต ที่จะเกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning มากกว่า(15)

#### 5.7.3.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ HPP:FC-01<sup>®</sup>

การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของ HPP:FC-01<sup>®</sup> เพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส ทำโดยเติมในซूपผัก ร้อยละ 0, 0.50, 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้ HPP:FC-01<sup>®</sup> ร้อยละ 0.75 และ 1.00 โดยน้ำหนัก ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) และมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงกว่าเมื่อใช้ HPP:FC-01<sup>®</sup> ร้อยละ 0 และ 0.50 โดยน้ำหนัก จึงเลือกปริมาณเหมาะสมสำหรับการใช้ HPP:FC-01<sup>®</sup> ในซूपผัก เป็น ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนัก เพื่อเป็นการลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ

#### 5.7.3.3 เปรียบเทียบคุณภาพของ HVP เข้มข้น และ HVP ผงที่ผลิตได้ กับ HPP:FC-01<sup>®</sup>

ขั้นตอนนี้ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติในการปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารของ HVP เข้มข้น และ HVP ผง ที่ผลิตได้จากโปรตีนถั่วเขียว กับ HPP:FC-01<sup>®</sup>



ซึ่งผลิตจากกากถั่วเหลือง โดยเติม HVP จากแต่ละแหล่งลงในซุ้ผัก ร้อยละ 1.5, 0.75 และ 0.75 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ใช้แบบทดสอบชนิด 9-point Hedonic scale ผลจากการทดลองพบว่า ซุ้ผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HPP:FC-01<sup>®</sup> และ HVP เข้มข้นที่ผลิตได้ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ส่วนซุ้ผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP ผง ที่ผลิตได้ มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสต่ำกว่าซุ้ผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HPP:FC-01<sup>®</sup> ( $p < 0.05$ ) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก HPP:FC-01<sup>®</sup> ผลิตจากกากถั่วเหลืองซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงกว่าของโปรตีนถั่วเขียว คือ ร้อยละ 30 และ 15.45 โดยน้ำหนักแห่งตามลำดับ คาร์โบไฮเดรตที่มีในวัตถุดิบจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนในระหว่างการย่อยสลายโปรตีน เกิดปฏิกิริยา Maillard และ Strecker degradation ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนสำคัญในการเกิดกลิ่นหอมของ HVP (14, 22, 23) ดังนั้นวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงพอเหมาะ อาจทำให้ได้ HVP ที่มีกลิ่นหอมกว่า HVP ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตอยู่ต่ำกว่า (4, 29) หรืออาจเนื่องจาก HVP ผงที่เตรียมได้ ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่อง spray dryer ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส อาจมีการสูญเสียสารระเหยได้ที่ให้กลิ่นบางส่วนในระหว่างการทำแห้ง ทำให้กลิ่นหอมของ HVP ผงลดลง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของซุ้ผักที่แต่งกลิ่นรสด้วย HVP ผง ก็อยู่ในเกณฑ์ คือ 7.35 หมายถึง ชอบปานกลาง จึงอาจกล่าวได้ว่า HVP ทั้งในรูปของเหลวเข้มข้น และ HVP ผงที่ผลิตได้จากโปรตีนถั่วเขียว มีศักยภาพเหมาะสมที่จะใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารในทางการค้าได้

เนื่องจาก HVP ที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวนั้น โปรตีนถั่วเขียวซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบ มีราคา กิโลกรัมละ 15 บาท ส่วนผลิตภัณฑ์ทางการค้าซึ่งผลิตจากการย่อยกากถั่วเหลืองด้วยกรด กากถั่วเหลืองที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีราคาจำหน่ายภายในประเทศ กิโลกรัมละ 12-15 บาท และผลิตภัณฑ์ HVP ที่นำเข้าจำหน่าย กิโลกรัมละ 200 บาท จากการที่วัตถุดิบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งมีราคาใกล้เคียงกัน ถ้าผลิตขึ้นจำหน่ายภายในประเทศ น่าจะมีราคาจำหน่ายที่ใกล้เคียงกัน ถ้าหากผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่คล้ายกัน