หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

## วารสารปริทัศน์

เลือดเป็นแหล่งโปรตีนชนิดสมบูรณ์ที่ดี เมื่อเทียบกับโปรตีนจากแหล่งอื่น อาทิ เนื้อสัตว์ นม หรือโปรตีนจากพืช (1) เพราะนอกจากจะมีโปรตีนในปริมาณสูงแล้วยังมีราคาถูกและหาได้ง่ายในปริมาณมากเนื่องจากเลือดสัตว์โดยเฉพาะเลือดโค/กระบือจัดเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานฆ่าสัตว์ จากสถิติการฆ่าสัตว์ในปี 2529 (4) พบว่า เฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร มีการฆ่าโคและกระบือรวมกันทั้งสิ้นถึง 40,954 ตัว ถ้าคิดน้ำหนักเฉลี่ยของโคหรือกระบือเป็น 500 กิโลกรัม ต่อ 1 ตัว และในร่างกายมีเลือด 5 % ของน้ำหนักตัว จะมีเลือดเหลือทิ้งประมาณ 1,023,850 กิโลกรัม/ปี หรือ 85,321 กิโลกรัม/เดือน เลือดมีความหนาแน่นประมาณ 1.05 กิโลกรัม/ลิตร ดังนั้นจะมีเลือดเหลือทิ้ง 975,095 ลิตร/ปี เนื่องจากเลือดมีโปรตีนโดยเฉลี่ย 17% โดยปริมาตร จึงอาจกล่าวได้ว่าในหนึ่งปีมีสารโปรตีนถึงประมาณ 160,000 กิโลกรัม ที่ไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 2.1 องค์ประกอบของเลือด

เลือดเป็นของเหลวในร่างกายที่อยู่ภายนอกเซล มีอยู่ประมาณ 1 ใน 12-15 ส่วนของน้ำหนักร่างกาย ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเซล 35-45% และน้ำเลือด (plasma) 55-65% โดยปริมาตร (4) plasma เป็นของเหลวเกือบใสมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักถึง 90% และมีโปรตีน 6-8% โปรตีนใน plasma มีอยู่มากกว่า 100 ชนิด แต่ที่มีอยู่ในปริมาณค่อนข้างมากได้แก่ albumin, globulin และ fibrinogen นอกจากโปรตีนแล้วใน plasma ยังมีเกลืออินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ sodium , potassium , calcium , magnesium , chloride , bicarbonate และ phosphate รวมทั้งสิ้นประมาณ 1% กับสารอินทรีย์พวกกรดอะมิโน , glucose , วิตามิน และ ไขมัน อีกประมาณ 1-2 % (5) เลือดส่วนที่เป็น

เซลประกอบด้วย เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด เลือด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเม็ดเลือดแดงเป็นส่วนประกอบหลักประมาณ 4.5-5.5 ล้านเซล เม็ดเลือดขาว 5,000-8,000 เซล และเกล็ดเลือด 250-350 เซล (6) เม็ดเลือดแดงมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ส่วนที่เป็นโปรตีนเรียกว่า globin กับอีกส่วนคือ heme ซึ่งประกอบด้วย protoporphyrin กับเหล็ก โครงสร้างของ protoporphyrin มี pyrrole 4 โมเลกุลกับหมู่ methyl, vinyl และ propionic acid

plasma และ globin เป็นแหล่งโปรตีนสำคัญในเลือด plasma แห้งมีโปรตีน 70.88% ขณะที่ globin แห้งมีโปรตีน 91.22% (4) จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนใน plasma และ globin โดย Tybor (7) พบว่า โปรตีนทั้งใน plasma และ globin มีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ครบทุกตัว และส่วนใหญ่ยังมีปริมาณสูงกว่าในโปรตีนมาตรฐานซึ่งผู้ใหญ่ควรได้รับ(7) จะมีเฉพาะ methionine และ isoleucine เท่านั้นที่ plasma มีเพียง 1.0 และ 2.9 (กรัม / 100 กรัมโปรตีน) globin มี 1.7 และ 0.2 (กรัม /100 กรัมโปรตีน) ขณะที่ FAO กำหนดไว้เป็น 2.2 และ 4.2 (กรัม/100 กรัมโปรตีน) ตามลำดับ (7)

2.2 ปฏิบัติการที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเลือด

เลือดเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากมีสารอินทรีย์อยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นการตรวจโรคสัตว์ก่อนฆ่า สุขลักษณะของโรงฆ่าสัตว์ วิธีการเก็บและขนส่งตัวอย่างเลือด จึงมีผลต่อคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก โดยทั่วไปโรงฆ่าสัตว์ที่ถูกกฎหมายจะมีสัตวแพทย์ควบคุมการตรวจโรคสัตว์ทุกครั้งก่อนฆ่า บริเวณยิงยาสลบ บริเวณบ่อรองรับเลือด และบริเวณชำแหละควรอยู่แยกจากกัน พื้นโรงงานควรทำจากวัสดุที่ล้างทำความสะอาดได้ง่าย มีการฉีดน้ำล้างบริเวณต่างๆตลอดเวลาทั้งก่อนการฆ่า ขณะฆ่าและหลังการฆ่าสัตว์ สัตว์ที่สลบแล้วก่อนฆ่าต้องผ่านการทำความสะอาดทั่วทั้งตัวโดยเน้นที่บริเวณคอ (8) อุปกรณ์เครื่องใช้ทุกชิ้นต้องสะอาดจากการฆ่าเชื้อด้วยวิธี autoclave หรือใช้ ethyl alcohol เข้มข้น 70 % ภาชนะที่ใช้รองรับเลือดควรทำจากโลหะสเตนเลสอย่างดี โดยทั่วไปเมื่อฆ่าสัตว์จะเก็บตัวอย่างเลือดทันที และเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือดมักเติมสาร anticoagulant เช่น sodium citrate เข้มข้น 40%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปริมาณ 10 มิลลิลิตร ต่อเลือด 1 ลิตร อาจมีการเติมสารกันเสีย เช่น urea 1%, ammonia 0.5 % หรือ sodium metabisulphite 1% โดยน้ำหนัก (8) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -3 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า ที่สภาวะดังกล่าวนี้จะสามารถรักษาสภาพของเหลวให้ปราศจากก้อนเลือดและคงคุณภาพของเลือดไว้ได้ประมาณ 8 เดือน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ (5)

2.3 การแยก plasma และ globin จากเลือด

การแยก plasma และ globin จากเลือดทำได้ 3 วิธี (9) วิธีแรก ทำโดยปั่นแยกส่วนเม็ดเลือดกับ plasma ออกจากกันด้วยเครื่องปั่นแยก plasma ที่ได้นำไปอบแห้งแบบพ่นกระจายโดยตรง ส่วนเม็ดเลือดจะผ่านขั้นตอนการกำจัด heme ออกโดยใช้เอนไซม์ alcalase (0.66 unit/g) ในอัตราส่วน ส่วนเม็ดเลือด:เอนไซม์ , 7:1 โดยน้ำหนัก ย่อยสลายผนังเซลเม็ดเลือด ที่ pH 8.5 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยเติม กรด hydrochloric 4 M. จน pH เป็น 4.0 จากนั้นกำจัด heme ออกโดยกวนกับ activated carbon ซึ่งเป็นสารดูดซับสี ที่ pH 4.5-5.0 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง กรองแยกส่วนของ activated carbon ออก อบแห้ง globin ที่ได้โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นกระจาย การแยก plasma และ globin วิธีนี้ไม่มีที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (10)เนื่องจากมีขั้นตอนยุ่งยากและเอนไซม์ alcalase ราคาแพง วิธีที่สอง หลังจากปั่นแยกส่วนเม็ดเลือดกับ plasma ออกจากกัน ส่วนเม็ดเลือดนำมากำจัด heme ออกโดยปั่นรวมกับ acidified acetone ( acetone:hydrochloric acid, 100:1โดยปริมาตร ) ในอัตราส่วน ส่วนเม็ดเลือด:acidified acetone, 1:4 โดยปริมาตร ที่ความเร็ว 5000 rpm กรองแยก globin และ heme ออกจากกัน globin ที่ได้ทำแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความดัน 30 mmHg วิธีนี้สะดวกรวดเร็วแต่ acetone ราคาแพงและกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ทำได้ยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง(7) วิธีที่สาม ปั่นแยกส่วนเม็ดเลือดกับ plasma ส่วนเม็ดเลือดนำมากำจัด heme ออกโดยใช้เทคนิคทาง ion exchange chromatography เนื่องจากพันธะระหว่าง heme กับ globin สามารถแยกออกเมื่ออยู่ในสารละลายกรด hydrochloric 0.01 M. แล้วใช้ carboxymethyl cellulose ที่มีสมบัติเป็น acidic ion exchanger ดูดซับ heme ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก(11)วิธีนี้สะดวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวดเร็ว ราคาถูก และไม่ต้องใช้ acetone ซึ่งเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ การแยก plasma และ globin วิธีนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างปลอดภัย (10)

## 2.4 การทำแห้ง plasma

วิธีทำแห้ง plasma ที่สามารถรักษาคุณภาพโปรตีนไว้ได้ดีคือ การอบแห้งแบบพ่นกระจาย โดยทั่วไปนิยมใช้อุณหภูมิลมร้อน 154 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของหัวฉีด ( atomizer ) ประมาณ 35,000 rpm ซึ่งเป็นภาวะที่โปรตีนสัมผัสอุณหภูมิสูงในเวลาสั้น (4) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงทำให้สะดวกในการใช้และยังคงสมบัติด้านการใช้งานไว้ได้ดี แต่การทำแห้ง plasma โดยตรงต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากส่วนของ plasma มีน้ำถึง 90 % (6) จึงเพิ่มขั้นตอนการทำให้เข้มข้นก่อน โดยใช้วิธีระเหยที่ภาวะสุญญากาศด้วยเครื่อง vacuum evaporator ที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส กรองแบบ ultrafiltrationโดยใช้แผ่นเยื่อที่สามารถกรองสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 50,000 daltonsไว้ได้ เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร กรองภายใต้ความดัน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วในการกวน 840 รอบต่อนาที ซึ่งทั้ง 2 วิธีใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย (12) อย่างไรก็ตามวิธี ultrafiltration มีข้อได้เปรียบกว่าการระเหยที่ภาวะสุญญากาศ คือไม่มีปัญหาเรื่องการสะสมของเกลือ ทำให้โครงสร้างของโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลงและไม่เกิดการตกตะกอนโปรตีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.5 การย่อยสลายโปรตีน (Protein Hydrolysation)

การย่อยสลายโปรตีนที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ การย่อยสลายด้วยกรด การย่อยสลายด้วยด่าง และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (13)

การย่อยสลายด้วยกรด ใช้กรด sulfuric หรือกรด hydrochloric Olcott และ Fraenkel(13) ใช้กรด sulfuric เข้มข้น 6-7 M. ย่อยสลายโปรตีนที่อุณหภูมิ100-125 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง พบว่าที่ภาวะดังกล่าว tryptophan ถูกทำลายน้อยมากและเนื่องจากกรด sulfuric สามารถแตกตัวให้ประจุลบ จึงจับกับประจุบวกของ calcium oxide หรือ barium hydroxide ทำให้แยกออกจากสารละลายได้ โดยทั่วไปนิยมใช้กรด hydrochloric

มากกว่ากรด sulfuric เพราะมีประสิทธิภาพในการแตกพันธะดีกว่า (13) Hill (12) รายงานภาวะเหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรด hydrochloric โดยใช้กรด 6 M. ย่อยสลายที่ 110 องศาเซลเซียส 12-96 ชั่วโมง แยกกรด hydrochloricออกภายหลังการย่อยสลายโดยระเหยภายใต้ความดัน การย่อยสลายด้วยกรดมีค่าใช้จ่ายต่ำ แต่มีข้อเสียจากการสลายของ tryptophan ในบางภาวะ cystine , serine และ threonine อาจถูกทำลายด้วย (13)

Vickery (14) ศึกษาการย่อยสลายโปรตีนด้วย 1.0 M. NaOH,0.2 M. $Ba(OH)_2$ และ 0.2 M. NaOH ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง พบว่า 1.0 M. NaOH ให้อัตราการย่อยสลายโปรตีนเร็วกว่าและดีกว่า 0.2 M. $Ba(OH)_2$ กับ 0.2 M. NaOH ตามลำดับ ในการย่อยสลายด้วยด่างแม้ tryptophan สลายตัวน้อยแต่มีโอกาสที่กรดอะมิโนบางชนิดเกิด racemization ซึ่งเป็นการเปลี่ยนจาก L-form เป็น D-form ที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ (13)

ในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เอนไซม์จะย่อยสลายโปรตีนตัดพันธะ peptide ในโมเลกุล ภาวะที่ใช้ในการย่อยสลายขึ้นกับชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ เอนไซม์ให้อัตราการย่อยสลายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกรดและด่าง เนื่องจากมีความจำเพาะเจาะจงในการตัดพันธะ peptide สูง Nissen (15) ศึกษาการย่อยสลายโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์ alcalase ( 0.6 unit / litre ) ในอัตราส่วน โปรตีน : เอนไซม์ , 1 ลิตร : 1.6 กรัม ที่ pH 8.0 อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการย่อยสลายสูงสุดเกิดที่ 60 องศาเซลเซียส รองมาได้แก่ 50, 40 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ Murray และ Baker (16) ศึกษาการย่อยสลายโปรตีน lactalbumin,casein,egg albumin,gelatin และ gluten ด้วยเอนไซม์ protease ในอัตราส่วน โปรตีน:เอนไซม์, 100 มิลลิลิตร: 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ทำแห้งด้วยวิธี freeze drying แล้วทดลอบทางประสาทสัมผัส พบว่า lactalbumin และ casein มีรสขมไม่เป็นที่ยอมรับ egg albumin และ gelatin มีรสนุ่มนวลไม่ขม ส่วน gluten มีรสเฉพาะตัวของ glutamic acid สรุปว่าการใช้เอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนอาจทำให้โปรตีนบางชนิดเกิดรสขม

เกณฑ์ในการเลือกวิธีย่อยสลายที่เหมาะสม ขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และต้นทุน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การผลิต เช่น ถ้าต้องการศึกษาปริมาณ tryptophan ควรเลือกการย่อยสลายด้วยด่างหรือเอนไซม์เพราะ tryptophan สลายตัวด้วยกรด hydrochloric Quaglia และ Massacci (17) การย่อยสลายโปรตีนเพื่อใช้เป็นอาหารคน กล่าวว่าควรใช้การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์สูง สาย peptide ของโมเลกุลโปรตีนสั้นลงมาก และมีเถ้าโดยเฉพาะเกลือของ sodium น้อย การย่อยสลายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์หรือสารแต่งกลิ่นรสควรใช้การย่อยสลายด้วยกรดหรือเอนไซม์ เนื่องจากต้นทุนต่ำ ผลิตภัณฑ์ละลายน้ำได้น้อยและมีเปอร์เซนต์ pepsin digestibility สูง (18) ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายทั้ง 3 วิธี ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และความเข้มข้นของสารโปรตีนเริ่มต้น ซึ่งอัตราการย่อยสลายแปรตามอุณหภูมิและความดัน แต่แปรผกผันกับความเข้มข้นของสารโปรตีนเริ่มต้น อย่างไรก็ตามการย่อยสลายด้วยกรดและด่างที่อุณหภูมิสูงนานเกินไปจะเป็นผลให้เกิด racemization และเกิดการสลายตัวของกรดอะมิโนบางตัว (12)

## 2.6 การผลิตและการใช้ไฮโดรไลเซทจากเลือด

Quaglia และ Massacci (17) ย่อยสลายโปรตีนในเลือดสัตว์โดยใช้เอนไซม์ papain (0.6 unit / g) ในอัตราส่วน เลือด:เอนไซม์ , 10:1 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส และ pH 7.3 จากนั้นสกัด heme ออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยสารละลายอะซีโตนทำแห้งภายใต้ความดัน 30 mmHg อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 10,000 สรุปว่า เอนไซม์ papain มีความสามารถในการย่อยสลายโปรตีนสูง

Chvapil และ Ulreich(18) ย่อยสลายโปรตีนในเลือดสัตว์โดยใช้เอนไซม์ protease ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส และ pH 9-11 เป็นเวลา 15-30 นาที แล้วนำไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์ที่ได้มาทดแทน casein บางส่วนเพื่อใช้เลี้ยงเชื้อ *Tetrahymena pyriformis* พบว่า casein : blood hydrolysate , 80:20 และ 60:40 ให้อัตราการเจริญสูงสุดแต่ระดับ 60:40 จะประหยัดต้นทุนในการเลี้ยงมากกว่า เนื่องจากไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์ราคาต่ำกว่า

Albanese และ Higgons (19) ศึกษาการใช้ไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารเลี้ยงเด็กทารก ( อายุ 1.5-9 เดือน ) โดยเปรียบเทียบอาหารที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกอบด้วย ไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์ : ไขมัน : คาร์โบไฮเดรต : brewers'yeast : น้ำ , 3.5 : 4.0 : 11.6 : 1.0 : 88 โดยน้ำหนัก กับอาหารที่ใช้ นมระเหย : น้ำเชื่อม ข้าวโพด : น้ำ , 50 : 10 : 40 โดยปริมาตร ให้อาหารแก่เด็กวันละ 5 ครั้ง แต่ละครั้งให้มีอัตราส่วนของ nitrogen 0.56 กรัม / น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และรวมให้มีพลังงาน 100 แคลอรี่ ในแต่ละวันให้ วิตามินซี 50 mg และ oleum percomorpheum 15 หยด เป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน พบว่า ทารกที่รับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้รับ น้ำหนักร่างกายที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวัน ปริมาณไนโตรเจนที่คงอยู่ สูงกว่า ทารกที่รับประทานอาหารที่มี นมระเหยเป็นแหล่งโปรตีน จึงสรุปว่าไฮโดรไลเซทจากเลือดสัตว์สามารถใช้เป็นสารโปรตีนสำหรับเลี้ยงทารกได้ดีพอๆ กับนมระเหย

Divakaran (21) ย่อยสลายโปรตีนในเลือดสัตว์ด้วยกรด sulfuric เข้มข้น 50 % ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสำเร็จรูปสำหรับลูกหมู 6% พบว่าลูกหมูมีอัตราการเจริญเติบโตปกติ

โปรตีนไฮโดรไลเซท ในปัจจุบันใช้เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในสัตว์ที่มีภาวะการย่อยหรือการดูดซึมผิดปกติ ใช้เลี้ยงลูกสัตว์เพื่อทดแทนนมแม่บางส่วน และใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ (7) เนื่องจากย่อยและดูดซึมในร่างกายได้เร็ว

## 2.7 การทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเลือด

การทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทมีหลายวิธี ได้แก่ การอบแห้งด้วยตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน การอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ และการอบแห้งแบบพ่นกระจาย ( spray drying ) การเลือกใช้วิธีทำแห้งต้องพิจารณาหลายปัจจัยได้แก่ ลักษณะและสมบัติของอาหารที่จะทำแห้ง คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ความพร้อมของเครื่องมือ ต้นทุนการผลิต เป็นต้น

Divakaran (21) ศึกษาการทำแห้งโปรตีนจากเลือดสัตว์ที่ถูกย่อยสลายด้วยกรด sulfuric เข้มข้น 50 % ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยใช้การทำแห้ง 2 วิธี คือการผึ่งแดดที่อุณหภูมิเฉลี่ย 60 องศาเซลเซียส 4-5 ชั่วโมง กับการใช้ตู้อบแบบมีลมเป่าผ่าน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 4-5 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งด้วยการผึ่งแดด มีเปอร์เซ็นต์ pepsin digestibility และ available lysine value สูงกว่าพวกที่อบแห้งด้วยตู้อบ แสดง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ว่าการย่อยสลายด้วยกรดแล้วทำแห้งด้วยการผึ่งแดดซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ เป็นผลให้โปรตีนไฮโดรไลเซท ที่ได้ย่อยง่ายขึ้น จึงเหมาะที่จะใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์

Quaglia และMassacci(17) ย่อยสลายโปรตีนในเลือดสัตว์โดยใช้เอนไซม์ papain ( 0.6 unit / g ) ในอัตราส่วน เลือด : เอนไซม์ , 10 : 1 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส และ pH 7.3 จากนั้นสกัด heme ออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยสารละลาย acetone ทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ภายใต้ความดัน 30 mmHg อุณหภูมิ 20 องศา-เซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นผงสีขาว ข้อดีของการอบแห้งแบบสุญญากาศคือใช้อุณหภูมิต่ำและวัสดุอบแห้งอยู่ในภาวะสุญญากาศ ทำให้เวลาในอบแห้งสั้น ลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ลดการสูญเสียสารอาหารและสารระเหยง่าย สำหรับข้อเสียของเครื่องอบแห้งชนิดนี้คืออุปกรณ์มีราคาแพง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง

Petchey และ Owen (22) ศึกษาการทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมร้อน 180 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้ใช้แทนที่ skim milk protein (SMP) ในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงลูกวัว อายุ 8 วัน เป็นเวลา 84 วัน พบว่าสามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเซททดแทน SMP ได้ 33 % ที่ระดับนี้ ลูกวัวจะมี อัตราการเพิ่มของน้ำหนัก และอัตราแลกเนื้อ ไม่แตกต่างจากพวกที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้ SMP 100 % หรือโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ไม่ผ่านการทำแห้ง ผู้วิจัยสรุปว่า การทำแห้งแบบพ่นกระจายรักษาคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนไฮโดรไลเซทได้ดี และใช้ไฮโดรไลเซททั้งที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายและไม่ผ่านการทำแห้ง เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงลูกวัวแทนที่ SMP ได้ 33 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.8 อายุการเก็บและวิธีการเก็บรักษา

เลือดและโปรตีนไฮโดรไลเซทแห้ง บรรจุกระป๋องโลหะภายใต้ภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานมากกว่า 9 เดือนโดยปริมาณ glucose และกรดอะมิโนอิสระไม่เปลี่ยนแปลง แต่ผลิตภัณฑ์ไม่มีกลิ่นหอมคล้ายคาวปลา (23,24)

## 2.9 การใช้ไฮโดรไลเซทจากเลือดในอาหารกุ้ง

แหล่งโปรตีนในอาหารกุ้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช และโปรตีนจากจุลินทรีย์

โปรตีนจากสัตว์จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีที่สุดสำหรับกุ้ง แบ่งได้เป็น โปรตีนจากสัตว์น้ำ และโปรตีนจากสัตว์บก แหล่งโปรตีนจากสัตว์น้ำที่ดีที่สุดได้แก่ ปลาหมึกปน เนื่องจากมีรูปแบบการกระจายตัวของกรดอะมิโนใกล้เคียงกับเนื้อกุ้ง มีสารช่วยเร่งอัตราการเจริญเติบโต และมีสารดึงดูดให้กุ้งเข้ากินอาหาร อีกทั้งยังมี cholesterol ซึ่งกุ้งใช้ในการสังเคราะห์ออร์โมนที่เร่งการลอกคราบจึงทำให้กุ้งโตเร็ว (25) แหล่งโปรตีนที่ดีรองลงมาจากปลาหมึกปนได้แก่ ปลาปน ซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 50-65 % โปรตีนจากสัตว์บกที่สำคัญได้แก่ เนื้อปนและกระดูกปน ซึ่งมีโปรตีน 50% โปรตีนชนิดนี้ไม่ควรใช้ในสูตรอาหารเกิน 15 % เพราะจะทำให้อาหารที่ได้มีปริมาณเกลือแร่สูงเกินไป (26) เลือดปนมีโปรตีนสูงถึง 85-90 % แต่โปรตีนมีคุณภาพต่ำเนื่องจาก haemoglobin ในเลือดทนต่อ proteolytic enzyme (27) ทำให้สัตว์ไม่สามารถย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้เท่าที่ควร

Dominy และ Ako (28) ได้ศึกษาการใช้เลือดสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารกุ้ง *Penaeus vannamei* โดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์จากเลือดสัตว์ 4 ชนิด คือ ring-dried blood meal (RD), acidulated sun-dried blood meal (AS), acidulated sun-dried blood meal with crystalline methionine added(ASAM) และ acidulated sun-dried blood meal with covalently linked methionine (ASCM) AS ผลิตโดยผสมเลือดกับสารละลายกรด sulfuric เข้มข้น 50% ในอัตราส่วน เลือด : กรด, 100:3 โดยน้ำหนัก ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 72 ชั่วโมง แล้วทำแห้งโดยการตากแดด ASAM เตรียมโดยเติม methionine ใน AS ในอัตราส่วน AS : methionine, 10 : 0.9 โดยน้ำหนัก ASCM เตรียมโดยนำ AS มาทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์กับ methionine ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส pH 10.2 (29) แล้วทำแห้งโดยการตากแดด ส่วน RD เป็น blood meal ที่ผลิตในเชิงการค้าผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ใช้ทดแทน marine protein mix (ปลาหมึกปน:ปลาปน:กุ้งปน ในอัตราส่วน 1:1:1) ในสูตรมาตรฐานอาหารกุ้ง ในปริมาณ 10% ของน้ำหนักอาหารแห้ง ผลจากการทดลองเลี้ยงกุ้งขนาด 3-4 กรัม เป็นเวลา 42 วัน พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การอยู่รอด และอัตราแลกเนื้อ ของกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างจากพวกที่เลี้ยงด้วยอาหารมาตรฐาน จึงสรุปว่า สามารถใช้ blood meal ทั้ง 4 ชนิด ทดแทนโปรตีนผสมจากสัตว์น้ำเค็มในสูตรอาหารกุ้งได้ในปริมาณ 10%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย