บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ปลาทูน่า

ในแต่ละปีประเทศไทยต้องนำเข้าปลาทูน่าจากต่างประเทศประมาณร้อยละ 80 ของปลาทูน่าที่ใช้ในการแปรรูปทั้งหมด เนื่องจากปลาทูน่าที่จับได้บริเวณอ่าวไทยหรือจากเรือประมงไทยในน่านน้ำอื่น ไม่เพียงพอต่ออุตสาหกรรมการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋อง จึงมีการนำเข้าในรูปแช่แข็งทั้งตัว ร้อยละ 99.16 ส่วนที่เหลือเป็นประเภทแช่แข็งเฉพาะ fillet (ฝ่ายประมวลวิเคราะห์ข้อมูลและประชาสัมพันธ์ บริษัทยูนิคอร์ด จำกัด, 2533) ชนิดของปลาทูน่าที่นิยมนำเข้ามาแปรรูปในประเทศไทย (นงลักษณ์, 2531) มีดังนี้คือ

ทูน่าครีบยาว (*Thunnus alalunga*) หรือ "albacore" มีความยาวเฉลี่ย 40 - 100 เซนติเมตร ปลายครีบหางเป็นสีขาว เนื้อสีขาว

ทูน่าครีบเหลือง (*Thunnus albacares*) หรือ "yellowfin tuna" มีขนาดใหญ่ ความยาวเฉลี่ย 50-150 เซนติเมตร บริเวณส่วนหัวมีสีน้ำเงินดำ พื้นท้องสีเหลืองและสีเงิน มีจุดประทั่วไป

ทูน่าครีบน้ำเงิน (*Thunnus maccoyii*) หรือ "southern bluefin tuna" มีขนาดใหญ่ ความยาวเฉลี่ย 40-180 เซนติเมตร บริเวณส่วนหัวมีสีน้ำเงินเข้มหรือดำ พบมากในน่านน้ำออสเตรเลีย

ทูน่าตาโต (*Thunnus obesus*) หรือ "bigeye tuna" มีความยาวเฉลี่ย 60-180 เซนติเมตร บริเวณส่วนหลังมีสีน้ำเงินปนดำ ส่วนพื้นท้องสีขาว พบตามน่านน้ำทั่วไป

ทูน่าหางยาว หรือโอดำ (*Thunnus tonggol*) หรือ "longtail tuna" ขนาดเล็ก ความยาวเฉลี่ย 40-70 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลม มีสีน้ำเงินเข้มเกือบดำ ส่วนพื้นท้องด้านข้างสีขาวปนสีเงิน มีจุดรูปไข่ด้านล่างลำตัวเกือบจรดหาง อาจมีสีเขียวที่บริเวณท้องใต้แนวครีบลงมา ครีบหางสีดำ ลักษณะของเนื้อปลาชนิดนี้มีสีค่อนข้างขาว

โอแกลบ หรือโอขาว (*Auxis thazard*) หรือ "frigate mackerel" ขนาดเล็ก ความยาวเฉลี่ย 25-40 เซนติเมตร ส่วนหัวมีสีน้ำเงินหรือเกือบดำ บริเวณครีบหลังมีลายดำ สั้น พาดเฉียงตลอดความยาวครีบ พบมากในน่านน้ำประเทศอินเดีย

โอลาย (*Auxis rochei*) หรือ "bullet mackerel" ขนาดเล็ก ความยาวเฉลี่ย 20-35 เซนติเมตร มีลายดำพาดขวางลำตัว โดยเริ่มจากครีบหลังอันแรก หัวสีคล้ำน้ำเงินหรือเกือบดำ ท้องสีขาว

ทูน่า (*Sarda orientalis*) หรือ "oriental bonito" ขนาดเล็ก ความยาวเฉลี่ย 30-50 เซนติเมตร มีปากกว้างกว่าปลาชนิดอื่น มีแถบยาวด้านบนขนานกับลำตัว มีจุดประขนาดเล็ก กระจายบริเวณหลังและด้านบน หลังและด้านบนมีสีน้ำเงิน พื้นท้องสีเงิน

โอหม้อ (*Euthynnus affinis*) หรือ "eastern little tuna" ความยาวเฉลี่ย 50-60 เซนติเมตร สีน้ำเงิน มีแถบเฉียงด้านบนลำตัว เริ่มจากครีบด้านบน พื้นท้องสีขาว มีจุดสีดำระหว่างครีบอกและครีบท้อง

โอแถบ (*Katsuwonus pelamis*) หรือ "skipjack tuna" ความยาวเฉลี่ย 40-80 เซนติเมตร ลำตัวค่อนข้างกลม มีแถบสีดำปนน้ำเงินและม่วงบริเวณพื้นท้อง โดยเริ่มจากครีบใต้ท้องถึงบริเวณหาง บริเวณลำตัวมีจุดสีดำเล็กกระจายตลอดความยาว

เนื่องจากปลาทูน่าต่างชนิดกันจะมีกลิ่นและรสชาติแตกต่างกันไป จึงส่งผลให้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายแตกต่างกันไป เช่น ชาวยุโรป และอเมริกา นิยมบริโภคเนื้อปลาทูน่าพันธุ์ skipjack เพราะมีกลิ่นคาวน้อยมาก ส่วนชาวเอเชียนิยมบริโภคเนื้อปลาทูน่าพันธุ์ albacore เพราะเนื้อมีสีขาว โดยที่ผลิตภัณฑ์จากปลาทูน่าไม่แตกต่างกันได้แก่ เนื้อปลาทูน่าในน้ำเกลือหรือน้ำมันบรรจุกระป๋อง ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากปลาทูน่าแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับผู้บริโภคเป็นสำคัญ

กระบวนการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋อง

กระบวนการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องเริ่มจากการรับวัตถุดิบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาทูน่าแช่แข็ง นำมาทำให้ละลายโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C เป่า และใช้น้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 40 °C ฉีดเป็นครั้งคราวหรือจุ่มปลาลงในถังน้ำที่อุณหภูมิ 40 °C ซึ่งมีระบบหมุนเวียนของน้ำ เวลาที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งขึ้นกับขนาดของปลาทูน่า Dewberry (1969) รายงานว่าการนำปลาทูน่าแช่แข็งเป็นบล็อคขนาด 4.5 กิโลกรัม แช่ในถังน้ำขนาด 10 ตัน ที่อุณหภูมิ 40 °C ที่ติดตั้งระบบการถ่ายเทน้ำ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เนื้อปลาจะมีอุณหภูมิ -30 °C เป็น -3 °C ซึ่งที่อุณหภูมินี้เนื้อปลาจะมีความคงตัวเหมาะสำหรับการเอาเครื่องในออก จากนั้นตัดหัว ถอดเครื่องในออก ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนึ่งโดยเรียงปลาบนตะแกรง นึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C เวลาที่ใช้แปรตามขนาดของปลา เช่น ปลา albacore ขนาด 4.5-6.5 กิโลกรัมต่อตัว นึ่งที่อุณหภูมิ 100 °C ครั้งละ 50-75 ตัว ใช้เวลาสามชั่วโมงถึงสามชั่วโมงครึ่ง ส่วนปลา skipjack ขนาด 2-5 กิโลกรัมต่อตัว นึ่งที่อุณหภูมิเดียวกัน ครั้งละ 68-170 ตัว ใช้เวลาสองชั่วโมงถึงสองชั่วโมงครึ่ง หลังนึ่งทำให้เย็นโดยใช้ลมเป่าและฉีดน้ำเย็นตามสายพานที่ปลาเคลื่อนที่ไป จากนั้นขูดหนัง และเลือด เพื่อแยกส่วนหนัง หาง หัวที่เหลือ และเหงือกออก แล้วจึงแยกเอาส่วนของเนื้อขาวและเนื้อดำออกจากกระดูก เนื้อปลาที่ได้พร้อมที่จะนำไปบรรจุกระป๋อง การบรรจุกระป๋องใช้เนื้อขาวที่เป็นเนื้อชิ้นใหญ่และเศษจากการตัดแต่งทำให้เป็นก้อน แล้วบรรจุกระป๋องให้ได้ตามปริมาณที่กำหนด แล้วจึงเติมน้ำเกลือและ/หรือน้ำมัน ปิดฝา ล้างกระป๋องภายนอกแล้วฆ่าเชื้อใน retort ที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสม จากนั้นทำให้เย็น

วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องมี 2 ประเภทคือ ส่วนเนื้อเยื่อที่เป็นของแข็ง ได้แก่ หนัง หาง เนื้อดำ หัว เครื่องใน และกระดูก ส่วนนี้โดยทั่วไปผ่านเข้าเครื่องบดและอัดเม็ด บรรจุกระป๋องเป็นอาหารแมว โดยอาจเติมวิตามินอีและน้ำมันเสริมในเม็ดอาหารด้วย วัสดุเหลือใช้ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการ thaw ปลา น้ำล้างปลา และน้ำนึ่งปลาเป็นต้น (Dewberry, 1969) Horie (1987) นำน้ำเหลือทิ้งจากการบีบอัดปลาซาร์ดีนที่ผ่านการต้มแล้ว มาหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Aspergillus sojae* ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เขารายงานว่า ของเหลวที่ได้มีกลิ่นคาวลดน้อยลง และมีสารประกอบหลายชนิดเช่น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

aldehydes, ketonesและกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น จึงมีกลิ่นหอมเกิดขึ้น สามารถใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสประเภทซอสได้ ดังนั้นน่าจะมีการนำน้ำนึ่งปลาทูน่ามาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้ เนื่องจากเป็นน้ำเหลือทิ้งที่มีโปรตีนละลายอยู่สูง ถ้าทิ้งโดยไม่บำบัดจะมีอัตราการเน่าเสียสูง เพราะเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์

กลิ่นรสของกรดอะมิโน เปปไทด์ และโปรตีน

กลิ่นรส (flavor) หมายถึง ความรู้สึกทุกอย่างที่รับได้เมื่อมีวัสดุในปาก ได้แก่ กลิ่น รส และสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด เช่น ความหยาบ ความนิ่ม ความเย็น ความเผ็ดรุนแรง เป็นต้น (Zapsalis และ Beck, 1985)

รส (taste) เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นกับปากและลิ้น ในปัจจุบันเป็นที่ตกลงกันว่ารสมีอยู่ด้วยกัน 5 รส คือ รสหวาน (sweet) รสเปรี้ยว (sour) รสเค็ม (salty) รสขม (bitter) และรส umami อย่างไรก็ตามอาจมีการดัดแปลงนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วบ้าง เช่น อาจใช้คำว่า metallic taste, alkaline taste, fatty taste อธิบายรสของผลิตภัณฑ์บางอย่าง เป็นต้น

สารประกอบที่ให้รสหวาน ประกอบด้วย proton donors และ proton acceptors อยู่ในโมเลกุล ระยะห่างระหว่าง proton donors และ proton acceptors ประมาณ 2.5-4.0 Angstroms หน่วยรับความรู้สึกของรสหวานประกอบด้วย proton donors และ proton acceptors เช่นกัน การสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่าง proton donors และ proton acceptors ของสารประกอบที่ให้รสหวานกับ proton donors และ proton acceptors ของหน่วยรับความรู้สึกของรสหวาน เป็นการกระตุ้นให้รู้สึกว่ามีรสหวาน (Nishimura และ Kato, 1988) สารประกอบที่ให้รสหวานได้แก่ น้ำตาลซูโครส แลคโตส กลูโคส หญ้าหวาน (stevioside) saccharin และกรดอะมิโนบางชนิด เป็นต้น กรดอะมิโน glycine และ alanine มี side chains สั้น จึงสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวานและให้รสหวานได้ แต่กรดอะมิโน leucine มี side chain คือหมู่ isobutyl ซึ่งนับว่ายาว จึงเป็นอุปสรรค (steric hindrance) ในการสร้างพันธะไฮโดรเจน จากการทดลองพบว่า D-leucine เท่านั้นที่จะให้

รสหวาน ส่วน L-leucine ไม่ให้รสหวาน เนื่องจาก side chain อยู่ในตำแหน่งที่จะไปขดบัง การสร้างพันธะไฮโดรเจน (Shallenberger และคณะ, 1969) Ariyoshi (1976) สังเคราะห์เปปไทด์จากกรดอะมิโน แล้ววิเคราะห์ความเข้มของรสหวานเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรสหวานกับโครงสร้างของเปปไทด์ ในโครงสร้างโมเลกุลของไดเปปไทด์พบว่า ถ้า side chain อันหนึ่ง (R_1) เป็น hydrophobic group ที่มีขนาดเล็ก คือ มีความยาวโซ่ 1-4 อะตอม ขณะที่ side chain อีกอันหนึ่ง (R_2) เป็น hydrophobic group ที่มีขนาดใหญ่ คือ มีความยาวโซ่ 4-6 อะตอม และ R_1 อยู่ทางขวาของ carbon atom ไดเปปไทด์นี้จะให้รสหวาน แต่ถ้า R_1 อยู่ทางด้านซ้ายจะไม่ให้รสหวาน

กรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ L-phenylalanine, L-tyrosine, L-tryptophan, L-valine, L-leucine, L-isoleucine และเปปไทด์ส่วนมากที่มีกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่จะให้รสขม รสขมของเปปไทด์เกิดขึ้นเนื่องจาก side chain ของกรดอะมิโนไม่ละลายในน้ำ การย่อยสลายโปรตีนเหล่านี้ด้วยเอนไซม์จะก่อให้เกิดรสขมขึ้น ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสขม ได้แก่ Gly-Leu, Leu-Phe, Leu-Lys, และ Arg-Leu เป็นต้น (Yamashita และคณะ, 1969) นอกจากนั้นการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนในเปปไทด์ที่ให้รสขมมีความสัมพันธ์กับความเข้มของรสขม เช่น Phe-Pro มีรสขมมากกว่า Pro-Phe และ Gly-Phe-Pro มีรสขมมากกว่า Phe-Pro-Gly (Kirimura และคณะ, 1969)

เปปไทด์ที่มีกรดอะมิโน glutamic acid และ/หรือ aspartic acid จะให้รสเปรี้ยว เนื่องจากการเชื่อมต่อของโปรตอนจากการละลายของกรดอะมิโนในเปปไทด์กับเยื่อหุ้มเซลล์ของตุ่มรับรสเปรี้ยวบนลิ้น ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสเปรี้ยว ได้แก่ Gly-L-Asp, Gly-L-Glu และ L-Ser-L-Asp เป็นต้น (Nishimura และ Kato, 1988)

รสเค็มเกิดจากเกลือมากมายหลายชนิด กรดอะมิโนอิสระไม่ให้รสเค็ม เปปไทด์ที่ให้รสเค็มจะสร้างพันธะกับสารประกอบบางชนิด เช่น taurine monohydrochlorideและ ornithyl monohydrochloride เป็นต้น ในไดเปปไทด์ที่ให้รสเค็ม เช่น L-ornithyl-2-aminoethane-sulfonic acid hydrochloride ให้รสเค็มเหมือนเกลือแกง (sodium chloride) (Tada และคณะ, 1984) เปปไทด์ที่ให้รสเค็มไม่มี sodium ion อยู่ จึงใช้เป็นสารปรุงแต่งรสสำหรับคนเป็นโรคเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูงได้ (Nishimura และ Kato, 1988)

น้ำต้มกระดูก (soup stock) หรือเศษเนื้อจากปลา bonito แห้ง (bonito เป็นปลาทะเลที่อยู่ใน family Mackerel โดยเฉพาะที่อยู่ใน genus Sarda) จะให้รสที่แตกต่างจากรสหวาน ขม เปรี้ยว หรือ เค็ม รสนี้เรียกว่า umami ซึ่งถือเป็นรสพื้นฐานรสหนึ่ง monosodium glutamate เป็นสารให้รส umami ที่สำคัญ เปปไทด์ส่วนใหญ่ที่มี L-glutamic acid อยู่ที่ N-terminal จะให้รส umami (Naguchi และคณะ, 1973) Naguchi และคณะ (1975) ย่อยสลายโปรตีนจากปลาโดยเอนไซม์ pronase (proteolytic enzyme ของบริษัท Kaken Kagau, Japan). แล้วสกัด acidic oligopeptides ที่ได้ออกมา จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า เปปไทด์ส่วนใหญ่มีกลิ่นรสคล้าย monosodium glutamate และยังมีเปปไทด์ที่ให้รสขมรวมอยู่ด้วย

<u>กลิ่น</u> (odor) หมายถึง ความรู้สึกที่รับได้โดยตรงทางจมูก กลิ่นทางอาหารมักหมายถึงสารระเหยได้ที่ทำให้เกิดความรู้สึกต่ออวัยวะรับกลิ่น (Zapsalis และ Beck, 1985) กลิ่นปลาเกิดขึ้นได้จากกระบวนการทางชีวภาพ (bioformation) จากผลของความร้อน (heat formation) และจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ (enzymatic formation)

สารระเหยจากกระบวนการทางชีวภาพ เรียก primary aroma โดยทั่วไปเกิดจากปฏิกิริยาทางชีวภาพโดยตรง ประเภทที่ให้กลิ่นปลา ได้แก่ aldehydes และ ketones เกิดจากปฏิกิริยา β-oxidation ซึ่งมีไขมันและกรดไขมันเป็น precursor (เกรียงศักดิ์, 2531)

Maillard reaction และ Strecker degradation เป็นปฏิกิริยาที่เร่งด้วยพลังงานความร้อน ผลของปฏิกิริยาทำให้เกิดสารระเหยได้ที่ให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์หลายชนิด (เกรียงศักดิ์, 2531) Maillard reaction เกิดขึ้นได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยเกิดระหว่าง amino group ของกรดอะมิโน เปปไทด์ หรือโปรตีน กับ free carbonyl group ของน้ำตาล น้ำตาลที่พบในปลาได้แก่ ribose, glucose และ glucose-6-phosphate เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงจะเกิดสาร melanoidins ซึ่งเป็น polymers ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและมีสีน้ำตาล สารนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลิ่นของปลา ระหว่างการเกิด Maillard reaction มีสารระเหยที่ให้กลิ่นปลาเกิดขึ้น ได้แก่ hydrogen sulfide, monosulfide และ thiols (Zapsalis และ Beck, 1985) ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยานี้ได้แก่ ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ pH และ

โลหะบางชนิด เป็นต้น ปฏิกิริยาเกิดได้มากเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณ 30 % การเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10 °C ทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า pH ประมาณ 6 เป็น pH ที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยานี้ เนื่องจากถ้า pH ต่ำมากโปรตอนจะขัดขวางการเกิด glycosylamine จึงเกิดปฏิกิริยาช้าลง แต่ pH สูงจะสูญเสีย amino nitrogen อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้โลหะบางชนิด เช่น ทองแดง เหล็ก ช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยานี้ได้ (DeMan, 1980) Strecker degradation เป็นปฏิกิริยาระหว่าง dicarbonyl compounds ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จาก Maillard reaction กับ α-amino groups ของกรดอะมิโนได้ Schiff's base จากนั้นเกิด enolization ได้สารประกอบประเภท enaminols ซึ่งเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ 2 แบบ คือ เกิด self condensation ได้เป็น polymers สีน้ำตาล หรือเกิดการย่อยสลายได้ aldehydes ของกรดอะมิโนที่มีคาร์บอนลดลงจากเดิม 1 อะตอม และ amines จากนั้นเกิด condensation ของ amines ได้ pyrazines หรือเกิด cyclization ของ amines ได้ pyroles ทั้ง pyrazines และ pyroles เป็นสารระเหยให้กลิ่นหอมซึ่งพบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านความร้อน เช่น กาแฟ มันฝรั่งทอด เนื้อวัวย่าง เป็นต้น (Wong, 1989)

สารระเหยที่ให้กลิ่นอาจเกิดโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อปลา เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยานี้ ได้แก่ lipase และ protease (เกรียงศักดิ์, 2531) lipase ย่อยสลาย triglycerides ได้ กลีเซอรอลและกรดไขมัน ส่วน protease ย่อยสลายโปรตีนได้เปปไทด์และกรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดสารระเหยโดย Maillard reaction และ Strecker degradation ดังกล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นการเก็บรักษาปลาที่จับมาได้ในภาวะไม่เหมาะสม เช่น เก็บที่อุณหภูมิสูงกว่า 0 °C เก็บในภาชนะที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนในปริมาณมาก ทำให้ปลามีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาก เอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยสลายโปรตีนของเนื้อปลาทำให้เกิดสารประกอบที่มีกลิ่นไม่ดีหลายชนิด ได้แก่ trimethylamine, dimethylamine, hydrogen sulfide และแอมโมเนีย ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นคาวจัดและกลิ่นเน่าเสียในปลา (นงลักษณ์, 2531)

<u>การย่อยสลายโปรตีน</u>

การย่อยสลายโปรตีนที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมี 3 วิธี คือการย่อยสลายด้วยด่าง การย่อยสลายด้วยกรด และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ (Hill, 1965)

การย่อยสลายด้วยด่างนิยมใช้ sodium hydroxide, potassium hydroxide และ barium hydroxide ภาวะที่ใช้โดยทั่วไปคือ ใช้ด่างเข้มข้น 4-5 M. ที่ 110 °C 4-8 ชั่วโมง ในการย่อยสลายด้วยด่างแม้ tryptophan ถูกทำลายน้อย แต่กรดอะมิโนบางชนิดอาจเกิด racemization ซึ่งเป็นการเปลี่ยนจาก L-form เป็น D-form ที่ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ และทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีอย่างยิ่ง (Hill, 1965)

การย่อยสลายด้วยกรด นิยมใช้กรดซัลฟูริกหรือกรดเกลือ Olcott และ Fraenkel (1947) ใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 6-7 M. ย่อยสลายโปรตีนที่อุณหภูมิ 100-125 °C 24 ชั่วโมง พบว่าที่ภาวะดังกล่าว tryptophan ถูกทำลายน้อยมาก เนื่องจากกรดซัลฟูริกสามารถแตกตัวให้ประจุลบจึงจับกับประจุบวกของ calcium oxide หรือ barium hydroxide ทำให้แยกออกจากสารละลายได้ โดยทั่วไปนิยมใช้กรดเกลือมากกว่ากรดซัลฟูริก เพราะมีประสิทธิภาพในการสลายพันธะดีกว่า Hill (1965) รายงานภาวะที่เหมาะสมของการย่อยสลายโปรตีนในกลูเตนด้วยกรดเกลือเข้มข้นปริมาณ 20 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่ 110 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แยกกรดเกลือออกภายหลังการย่อยสลายโดยระเหยภายใต้ความดัน ที่ภาวะดังกล่าวให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่า Degree of Hydrolysis (DH) 89.50 % การย่อยสลายด้วยกรดเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่มีข้อเสียเนื่องจากการสลายของ tryptophan ในบางภาวะ cystine, threonine อาจถูกทำลายได้ นอกจากนั้นยังมีกลิ่นกรดตกค้างในโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วย (Olcott และ Fraenkel, 1947)

การย่อยสลายด้วยเอนไซม์โดยใช้ proteolytic enzymes ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนให้อัตราการย่อยสลายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใช้กรดหรือด่าง แต่การย่อยสลายด้วยเอนไซม์มีสารประกอบรสขมเกิดขึ้นเนื่องจาก hydrophobic groups ในโมเลกุลของโปรตีนแตกตัว (Matoba และ Hata, 1972) แต่เมื่อย่อยสลายถึงระดับหนึ่งแล้วรสขมจะไม่เกิดขึ้นเพราะกรดอะมิโนอิสระมีรสขมน้อยที่สุด และ peptide chains ที่มี hydrophobic group อยู่ที่ C- หรือ N-terminal มีรสขมน้อยมาก ดังนั้นจึงควบคุมรสขมได้ด้วยการควบคุมอัตราการย่อยสลาย (Nissen, 1988) Osajima (1989) รายงานเบื้องต้นว่า การย่อยสลายโปรตีนถึงระดับเปปไทด์จะไม่ได้กลิ่นตามธรรมชาติของเนื้อ แต่จะได้รส umami ขณะที่ย่อยสลายโปรตีนถึงระดับกรดอะมิโนได้กลิ่นตามธรรมชาติของเนื้อ แต่ไม่ได้รส umami จึงศึกษาอัตราการย่อยสลายโปรตีนที่ให้ทั้งกลิ่นเนื้อและรส umami มากที่สุดจากเนื้อปลาสดบดละเอียดปรับภาวะให้เหมาะสมต่อ

การทำงานของ autolyzing enzymes ส่วนหนึ่งสกัดไขมันออกวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของเปปไทด์ อีกส่วนหนึ่งย่อยสลายด้วยเอนไซม์ protease สกัดไขมันออกหลังจากย่อยสลายถึงระดับที่ต้องการแล้ว จากการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุล เขารายงานว่า สารละลายส่วนที่ 1 ประกอบด้วยเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 6500 ปริมาณ 80 % สารละลายส่วนที่ 2 ประกอบด้วยเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 6500 อยู่เพียง 17 % เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 1300 ปริมาณ 25 % และเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1300-6500 ปริมาณ 58 % จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ส่วนที่ 2 มีกลิ่นปลาและรส umami ส่วนที่ 1 มีกลิ่นและรสต้อยกว่า จึงสรุปว่า เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 1300-6500 จะให้ทั้งกลิ่นปลาและรส umami

<u>การขจัดกลิ่นด้วยวิธีดูดซับ</u>

การดูดซับ (adsorption) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กำจัดสิ่งเจือปนในสารละลายโดยให้ไปเกาะที่ผิวของตัวดูดซับ การดูดซับเป็นผลจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ สารดูดซับที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น activated carbon, activated alumina และ siliga gel เป็นต้น activated carbon เป็นสารดูดซับที่มีศักยภาพในการดูดซับสูงและมีราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับสารดูดซับตัวอื่น การดูดซับโดย activated carbon เกิดขึ้นจากแรงทางกายภาพ เช่น Van der Waals force, covalent bonding และ hydrogen bonding เป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปผิวหน้าของ activated carbon บริสุทธิ์ มีลักษณะโมเลกุลแบบไม่มีขั้ว (non-polar) จึงดูดซับโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว เช่น กรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสไม่ดีได้ แต่ถ้า activated carbon เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับออกซิเจน (carbon-oxygen complexes) จะทำให้บริเวณผิวมีขั้วเล็กน้อย ความสามารถในการดูดซับอิออนจากสารละลายจึงลดน้อยลง activated carbon นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มเพื่อขจัดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการและอาจใช้ฟอกสี ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปผงโดยเติมในของเหลวและกวนเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วกรองออก ปริมาณที่ใช้ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร 0.1-1.0 % โดยน้ำหนัก ปัจจัยที่มีผลต่อการขจัดกลิ่นรสด้วยวิธีดูดซับได้แก่ ความเข้มข้นของสารดูดซับ การใช้สารดูดซับปริมาณมากทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้นจึงดูดซับสารประกอบที่

ให้กลิ่นรสไม่ดีได้มากด้วย เวลาที่ใช้ในการดูดซับเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการดูดซับสารประกอบที่ให้กลิ่นรสไม่ดีมากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการดูดซับจะเกิดได้น้อยลง เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิเร่งการทำลายพันธะระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ (Garten และ Weiss, 1957; Hassler, 1963, 1974; Bernardin, 1976; บุญเลิศ และกิตติ, 2525)

Prendergast (1974) ทดลองผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดเกลือเข้มข้น 6 M. อุณหภูมิ 110 °C 4 ชั่วโมง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นใช้ activated carbon powder ดูดซับกรดอะมิโนที่ให้รสขม เช่น phenylalanine และสารประกอบที่ให้สี ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสขมน้อยลงและมีสีอ่อนลง อรสา (2531) ทดลองผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยย่อยสลายโปรตีนถั่วเขียวด้วยกรดเกลือเข้มข้น 5 M. ที่อุณหภูมิ 110 °C 3 ชั่วโมง เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นใช้ activated carbon powder ปริมาณ 0.1 % โดยน้ำหนัก ที่ 50 °C เวลา 2 ชั่วโมง ดูดซับสารประกอบที่ให้สีและขจัดกลิ่นเค็มคาวคล้ายน้ำปลา ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีอ่อนลงและมีกลิ่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

<u>การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซท</u>

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยทั่วไปมี 3 รูปแบบ คือ ใช้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือเป็นแหล่งโปรตีน ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในอาหาร และใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร

ปัจจุบันมีการศึกษาหาแหล่งโปรตีนและพลังงานหลายชนิด มาใช้เลี้ยงลูกสัตว์หรือใช้ทดแทนนมแม่บางส่วน Dodsworth และ Owen (1977) ศึกษาการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้น ทดแทนหางนมผงในการเลี้ยงลูกวัว ในอัตราส่วน fish protein hydrolysate: หางนมผง, 0:100 33:67 67:33 และ 100:0 พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของลูกวัวที่ได้รับ fish protein hydrolysate ทดแทน 0 % และ 67 % ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) การใช้ fish protein hydrolysate ทดแทน 100 % ทำให้ลูกวัวมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง 40 % ดังนั้นจึงสามารถใช้ fish protein hydrolysate ทดแทนหางนมที่ใช้เลี้ยงลูกวัวได้ถึง 67 % โดยไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกวัว ซึ่งเป็นการประหยัดค่าอาหารสัตว์ลงได้เพราะ fish protein hydrolysate มีราคาถูกกว่าหางนมผง Ballester และคณะ (1976) ศึกษาการนำ enzymatic

fish protein hydrolysate (EFPH) มาใช้เป็นส่วนเสริมในอาหารสัตว์ที่ผลิตจากธัญพืช เนื่องจากเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี มีโปรตีนอยู่เพียง 9-15 % และยังขาดกรดอะมิโนจำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง lysine ขณะที่เนื้อปลาเป็นแหล่งของโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างครบถ้วน ผู้ทดลองเติม EFPH 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 % เป็นส่วนผสมในข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว แล้วทดลองเลี้ยงหนู พบว่า หนูใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้มากขึ้น ค่า protein efficiency ratio (PER) สูงขึ้น ซึ่งค่า PER จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ EFPH และการเติม EFPH ลงไปในข้าวจะเกิดประโยชน์สูงสุด Nair และ Gopakumar (1982) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตจากปลาราคาถูก และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทะเลของประเทศอินเดีย โดยย่อยสลายด้วย papain จากการทดลองเลี้ยงหนูพบว่า ถ้าให้เฉพาะโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้เพียงอย่างเดียวทำให้หนูท้องเสีย แต่ถ้าใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทร่วมกับ casein ในอัตราส่วน 1:1 อัตราการเจริญเติบโตจะสูงเท่ากับการให้ casein เป็นอาหารเพียงอย่างเดียว สำหรับการใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นสารเพิ่มความคงตัวในอาหารนั้น Miller และ Groninger (1975) ทดลองผลิต enzyme-modified succinylate fish protein จากปฏิกิริยาของ succinic anhydride กับ myofibrills protein จากเนื้อปลา ใช้อัตราส่วน myofibrillar protein:succinic anhydride 1:5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 0 °C pH 7.5-9.0 เวลา 1-2 ชั่วโมง จะเกิด succinilation ของโปรตีน จากนั้นย่อยสลายด้วย bromelain ใช้เอนไซม์:โปรตีน 1:5 โดยน้ำหนัก สกัดไขมันแล้วอบแห้งโดยวิธี freeze drying พบว่า enzyme-modified succinylate fish protein ที่ได้ใช้ในอาหารที่ต้องการสมบัติทางด้าน foam stability ได้ และยังใช้เป็น emulsifying agents ได้โดยไม่มีผลทางลบต่อกลิ่นรสของอาหารเลย Spinelli และ คณะ (1972) ศึกษาการผลิต protein phosphate complex โดยย่อยสลาย myofibrillar protein จากเนื้อปลาด้วยเอนไซม์ Rhozyme P-11 ® ใช้อัตราส่วนเอนไซม์:myofibrillar protein 1:75 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 30 °C pH 6.5-7.5 เวลา 1 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำปฏิกิริยากับ sodium hexametaphosphate 5 % โดยน้ำหนัก แล้วสกัดไขมันออกและทำแห้งโดยใช้เครื่อง freeze dryer ซึ่ง

protein phosphate complex ที่ได้วัดค่า emulsion stability ได้ 90 นาที และ emulsion capacity 231 กรัมไขมัน/กรัมโปรตีน ซึ่งสูงกว่า sodium caseinate ประมาณ 2 เท่า และ4 เท่า ตามลำดับ

โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารมี 2 ประเภทคือ flavor donor และ flavor enhancer flavor donor ใส่ในอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้มีกลิ่นรสตามต้องการ ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ได้แก่ ขนมขบเคี้ยว ซุปผง ซุปบรรจุกระป๋องที่ได้จากผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อ น้ำแกง น้ำต้มกระดูก และซอสพริก ส่วน flavor enhancer ใช้เพิ่มกลิ่นรสของอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารที่มีกลิ่นรสอยู่แล้วให้สูงขึ้น อาหารที่ใช้ได้แก่ ครีมซุป ผลิตภัณฑ์จากปลา เช่น สเต็กปลา ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักในน้ำเกลือ และไส้กรอก การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ต้องคำนึงถึงปริมาณที่เหมาะสมทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของอาหารด้วย โดยทั่วไปใช้ในช่วง 0.20-1.30 % (May,1974; Prendergast, 1974) Leiske และ Konrad (1988) เตรียมสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากไก่โดยการบดไก่ให้ละเอียด จากนั้นนำมาละลายน้ำให้มีโปรตีนในสารละลาย 3-10 % โดยน้ำหนักย่อยสลายด้วย serine protease ที่pH 8 อุณหภูมิ 40-70 °C จนมีค่า DH 25-35 % พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ไม่มีรสขม มีความสามารถในการละลายสูง ให้กลิ่นรสดี ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสใน ซุป ซอส และขนมขบเคี้ยวได้ Chhuy และ Day (1978) ผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่จากเนื้อไก่ที่ย่อยสลายด้วย protease ที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 120 ชั่วโมง ขณะย่อยควบคุม pH เป็น 5 หยุดปฏิกิริยาโดยปรับ pH เป็น 7 ผลิตภัณฑ์ที่ได้เติม cysteine hydrochloride ในอัตราส่วน cysteine hydrochloride :น้ำ : โปรตีนไฮโดรไลเซท :thiamine ; 44 :600 :70 :22 หลัง reflux 4 ชั่วโมง ทำแห้งโดยใช้เครื่อง spray dryer เติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่ที่ได้ใน chicken noodle soup 2 % โดยน้ำหนัก ซุปที่ได้มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่งกลิ่นรส