บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

MDCM เป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเนื้อไก่สดแช่แข็ง ที่ได้จากส่วนคอ และโครงลำตัวที่แยกชิ้นส่วนอก, ปีก และ ขา ออกไปแล้ว MDCM มีลักษณะเป็นเนื้อบดละเอียด มีสีเข้ม เนื่องจากมีส่วนของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของไขกระดูกอยู่ด้วย องค์ประกอบหลักของ MDCM เป็นโปรตีน 9.5-13.2 % ความชื้น 62.7-73.4 % ไขมัน 13.2-25.2 % และเถ้า 0.74-0.94 % (Ang และ Hamm, 1982) โดยปริมาณของแต่ละองค์ประกอบแปรตามอายุของสัตว์, สัดส่วนของกระดูกต่อเนื้อ, วิธีการตัดแต่ง, ปริมาณหนัง และ ชนิดเครื่องมือที่ใช้ในการแยกกระดูก (Froning, 1976)

<u>องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM</u>

MDCM มีโปรตีนต่ำกว่า HDCM แต่มีไขมัน, แคลเซียม, โปตัสเซียม, เหล็ก และโคเลสเตอรอลสูงกว่า (hand deboned chicken meat, HDCM) (Froning, 1976) MacNeil, Mast และ Leach (1978) ศึกษาองค์ประกอบของเนื้อไก่กระทงแยกกระดูกด้วยเครื่อง (mechanically deboned broiler meat, MDBM) พบว่าเนื้อจากส่วนคอไม่รวมหนังมีโปรตีน 15.3 %, ไขมัน 7.9 %, ความชื้น 76.7 % จากส่วนหลังที่มีหนังติดอยู่มีโปรตีน 11.9 %, ไขมัน 24.0 %, ความชื้น 63.1 % และจากส่วนคอและหลังไม่รวมหนังมีโปรตีน 13.7 %, ไขมัน 17.0 %, ความชื้น 69 % ผู้วิจัยสรุปว่าเนื้อที่มีส่วนหนังรวมอยู่ด้วยจะมีไขมันเพิ่มขึ้น และโปรตีนลดลง Essary (1979) ศึกษาองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ปีกแยกกระดูกด้วยเครื่อง (mechanically deboned poultry meat, MDPM) จากไก่กระทง และไก่งวง พบว่า MDPM จากไก่งวงมีความชื้น 68.5 %, ไขมัน 15.7 %, โปรตีน 15.2 % และมีปริมาณแร่ธาตุเรียงจากน้อยไปหามากดังนี้ คือ โพแทสเซียม, แคลเซียม, โซเดียม, คลอรีน, แมกนีเซียม, เหล็ก, คอปเปอร์, รูบิเดียม และ อลูมิเนียม ส่วน MDPM จากไก่กระทงมีความชื้น 72.2 %, ไขมัน 14.4 %, โปรตีน 13.4 % และมีปริมาณแร่ธาตุเรียงจากน้อยไปหามาก ดังนี้ คือ โพแทสเซียม, โซเดียม, คลอรีน, แมกนีเซียม, เหล็ก, สังกะสี, คอปเปอร์, รูบิเดียม, อลูมิเนียม และ โบรมีน Ang และ Hamm (1982) ศึกษาองค์ประกอบของ MDBM เปรียบเทียบกับเนื้อไก่กระทงแยกกระดูกด้วยมือ

(hand deboned broiler meat, HDBM) ที่ผลิตจากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDBM มีความชื้น 62.70-71.70 %, ไขมัน 15.20-25.20 %, โปรตีน 10.30-11.50 %, เถ้า 0.80-0.89 % และ เหล็ก 1.45-1.86 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม HDBM มีความชื้น 59.81-73.29 %, ไขมัน 11.57-29.77 %, โปรตีน 9.96-13.87 %, เถ้า 0.44-0.57 % และ เหล็ก 0.86-1.12 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม โดยในชิ้นส่วนเดียวกัน MDBM มีความชื้น, ไขมัน เถ้า และ เหล็กสูงกว่า HDBM ขณะที่โปรตีนต่ำกว่าหรือไม่ต่างกัน Isaksson, Fiskaadal และ Mielnik (1989) ได้วิเคราะห์ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM ของแม่ไก่พันธุ์ White Italian (น้ำหนัก 1.0-1.4 กิโลกรัม) ซึ่งผลิตโดยใช้เครื่องแยกกระดูก Protacon รุ่น RSTC ได้ผลผลิต MDCM จากซากทั้งตัว, ซากที่ไม่มีส่วนอก และ ซากที่ไม่มีส่วนอกและขา เป็น 78 %, 59 % และ 34 % โดยน้ำหนักซาก ปริมาณโปรตีน 19.4 %, 18.2 % และ 16.5 % ปริมาณไขมัน 17.6 %, 19.6 % และ 24.4 % ตามลำดับ Padda (1983) ศึกษาองค์ประกอบของ MDPM เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แยกกระดูกด้วยมือ (hand deboned poultry meat, HDPM) จากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDPM มีไขมันสูงกว่าและโปรตีนต่ำกว่า HDPM อีกด้วย นอกจากนั้น MDPM ยังมีปริมาณของเหล็ก, แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูงกว่า HDPM

Jantawat และ Dawson (1980) ศึกษาองค์ประกอบของ MDCM จากส่วนโครงอก (light MDCM) ส่วนคอและหนัง (dark MDCM) เปรียบเทียบกับ HDCM จากส่วนอก (light HDCM) ขา (dark HDCM) กระดูก และหนัง พบว่าองค์ประกอบกรดไขมันของไขมันที่เป็นกลาง (neutral lipids) จากเนื้อแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ขณะที่องค์ประกอบกรดไขมันของฟอสโฟลิปิดส์ (phospholipids) จาก light MDCM และ dark MDCM เหมือนกรดไขมันของส่วนกระดูกของ light HDCM กับ dark HDCM มากกว่าส่วนหนัง ปริมาณโคเลสเตอรอลของ light MDCM และ dark MDCM ใกล้เคียงกับที่ตรวจพบในหนังมากกว่าในส่วนกล้ามเนื้อ Simon และ Gandemer (1986) สกัดไขมันจาก MDCM และ เนื้อหมูแยกกระดูกด้วยเครื่อง (pork mechanically-deboned meat) ด้วยสารละลายคลอโรฟอร์ม - เอธทานอล ในอัตราส่วน 2 : 1 และ วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน พบว่า MDCM และเนื้อหมูแยกกระดูกด้วยเครื่องมีไขมันทั้งหมด 24.2 และ 25.0 กรัม/100กรัมของตัวอย่าง, ไขมันที่เป็นกลาง 23.4 และ 24.4 กรัม/100 กรัมของตัวอย่าง, ไขมันที่มีขั้ว (polar lipid) 0.8 และ 0.6 กรัม/100 กรัมของตัวอย่าง Dawson และ คณะ (1990) รายงานว่าองค์ประกอบของ MDCM จากส่วนโครงอกมีความชื้น 70.1 %, โปรตีน, 15.7 %, ไขมัน 12.8 %, ไขมันที่เป็นกลาง

มี 94 % ของกรดไขมันทั้งหมด และ 50 % เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งสูงกว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของฟอสโฟลิปิด ประมาณ 20 เท่า

Kumar และ Pederson (1983) ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นใน MDCM จากส่วนขาทั้งหมดของแม่ไก่เปรียบเทียบกับ HDCM ที่ผลิตจากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDCM มีกรดอะมิโนจำเป็นอยู่ในช่วง 38.17-42.50 % ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งใกล้เคียงกับ HDCM คือ 42.49 % ของปริมาณทั้งหมด กรดอะมิโนจำเป็นที่พบใน MDCM ได้แก่ ไลซีน (lysine), ทรีโอนีน (threonine), วาลีน (valine), เมทไธโอนีน (methionine), ไอโซลิวซีน (isoleusine), ลิวซีน (leusine) และ เฟนนิลอะลานีน (phenylalanine) ซึ่งมีอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับ HDCM Nuckles, Smith และ Merkel (1990) ศึกษาองค์ประกอบของ MDCM ที่เตรียมจากส่วนคอ, หลัง และโครงลำตัวไก่ พบว่ามีความชื้น 65.6 %, ไขมัน 14.2 %, โปรตีน 17.4 % และ คอลลาเจน 3.9 % ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ซึ่งมีค่าสูงกว่าคอลลาเจนที่พบในเนื้อไก่ (ไก่อายุน้อย, แม่ไก่, ไก่งวง, ไก่กระทง) ส่วนอก แต่ต่ำกว่าปริมาณที่พบในกล้ามเนื้อส่วนขา นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนของ MDCM ประกอบด้วย โปรตีนที่สกัดได้ด้วยน้ำหรือ สารละลายเกลือที่มีความแรงไอออนต่ำ (low ionic strength soluble protein, LIS) อยู่ 28.60 % มีโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้สารละลายเกลือที่มีความแรงไอออนสูง (high ionic strength soluble protein, HIS) 40.40 % และ โปรตีนที่ไม่ละลายในสารละลายใด ๆ (insoluble protein) 31.00 % Murakami และ Uchida, 1985 รายงานว่า HIS ประกอบด้วยไมโอซิน (myosin), 50.30 %, แอคติน (actin) 22.3 % และ สัดส่วนระหว่างไมโอซิน กับ แอคติน 1 : 5 ในขณะที่กล้ามเนื้อโครงสร้าง (skeletal muscle) ของเนื้อไก่มีสัดส่วนระหว่างไมโอซินกับแอคติน 1 : 6

<u>การล้าง MDCM</u>

มีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวาง ถึงการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM โดยการล้างเพื่อให้เนื้อชนิดนี้มีสมบัติด้านหน้าที่ และอายุการเก็บดีขึ้น Dawson, Sheldon และ Ball (1988) ศึกษากระบวนการสกัดไขมันและรงควัตถุออกจาก MDCM โดยใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 %, อะซิเตทบัฟเฟอร์ (acetate buffer) 0.1 % และ น้ำประปา โดยผสมสารละลายแต่ละชนิดกับ MDCM ในอัตราส่วน 4 : 1 เป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองผ่านตะแกรง ได้ส่วนเนื้อที่ค้างอยู่บนตะแกรง เรียกว่า captured meat (CM) และ สารละลายกับเนื้อที่ผ่านตะแกรงเรียกว่า non-captured meat (NC) พบว่าสารละลายที่ใช้สกัดทุกชนิดมีผลใน

การลดไขมันอย่างมีนัยสำคัญ และ NC มีไขมันน้อยกว่า CM ไม่ว่าจะใช้สารสกัดชนิดใด สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต เพิ่มความสว่าง และลดสีแดงของ CM ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า pH 8.5 ซึ่งเป็น pH ที่มีประสิทธิภาพในการดึงฮีโมโกลบินออกจากเนื้อ Dawson, Sheldon และ Ball (1989) ศึกษากระบวนการล้างไขมัน และ รงควัตถุออกจาก MDCM ในระดับนำร่อง (pilot scale) ด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.75 % (pH 8.0) ตามด้วยการล้างด้วยน้ำ pH ของ MDCM หลังจากล้างด้วยน้ำ เท่ากับ 6.8 พบว่ากระบวนการล้างจะเพิ่มค่าความสว่าง และ ลดสีแดงของทั้ง MDCM ที่สุก และดิบ ปริมาณไขมันใน MDCM-ดิบ ลดลงจาก 12.8 % เป็น 1.5 % MDCM-สุก ลดลงจาก 13.0 % เป็น 2.5 % สรุปได้ว่า การล้างโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต เป็นวิธีที่มีผลในการลดปริมาณไขมัน และสีของ MDCM

Lin และ Chen (1989) ศึกษาภาวะการล้างและสกัด MDCM ด้วยสารสกัด 4 ชนิด คือ โซเดียมคลอไรด์ 0.5 %, โซเดียมอะซิเตท 0.5 %, Kena 0.5 % และ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 8.0) 0.038 M ใช้อัตราส่วนเนื้อต่อสารสกัด 1 : 3 พบว่า Kena และ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์มีประสิทธิภาพในการลดสีแดง, ไขมัน และ เพิ่มความสว่างของ MDCM Yang และ Froning (1992a) รายงานว่าการล้าง MDCM ด้วยน้ำประปา, โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 %, โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (ความแรงของไอออน 0.1) หรือ โซเดียมคลอไรด์ 0.1 M มีผลในการลดปริมาณไขมัน และสกัดรงควัตถุฮีม แต่สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % มีความสามารถในการเพิ่มความสว่าง และลดสีแดงของ MDCM ได้ดีกว่าสารละลายชนิดอื่น Yang และ Froning (1992b) ศึกษาผลของ pH (5.0, 6.0, 7.0 และ 8.0) ของสารละลาย และเวลาในการผสมสารละลายกับ MDCM (10, 20 และ 30 นาที) ต่อปริมาณโปรตีนใน MDCM-ล้าง พบว่า pH และ เวลาในการผสมที่สูงขึ้น มีผลในการสกัดรงควัตถุฮีม และโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ ออกจากส่วนเนื้อได้มากขึ้น และ MDCM ที่ล้างด้วยสารละลาย pH 7.0 และ 8.0 เมื่อใช้เวลานานกว่า 20 นาที มีโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือ (salt soluble protein) สูงกว่า Yang และ Froning (1992c) ศึกษาการล้าง MDCM ด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % หลังกรองผ่านตะแกรง (0.85 mm mesh) พบว่า เนื้อที่ติดอยู่บนตะแกรงมีปริมาณผลผลิต (yield) 18.7 % (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย ไมโอไฟบริลลาโปรตีน และ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากกว่าที่ตรวจพบใน MDCM ไม่ล้าง 2.8 และ 3.0 เท่า ตามลำดับ ส่วนเนื้อที่ผ่านตะแกรงมีผลผลิต 20.7 % (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย ไมโอไฟบริลลาโปรตีน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากกว่าที่ตรวจพบใน MDCM-ไม่ล้าง 9.2 และ 3.0 เท่า ตามลำดับ

Shahidi, Synowiecki และ Onodenalore (1992) ปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ด้วยการล้างโดยใช้น้ำ, โซเดียมคลอไรด์ 0.5 % หรือ โซเดียมไบคาร์บอเนต 0.5 % พบว่าโซเดียมไบคาร์บอเนต สกัดรงควัตถุฮีมออกได้สูงสุด คือ 75.5 % และ สกัดไขมันได้ 18.7 % ของไขมันทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้โปรตีนสูงเป็น 56.5 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยน้ำ และ 43.4 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต Lee และ คณะ (1994) ศึกษาผลการล้าง MDCM ด้วยน้ำกลั่น, โซเดียมฟอสเฟต pH 7.4, 0.04 M และ โซเดียมไบคาร์บอเนต pH 8.0, 0.5 % และ ผลของโอลิโอเรซิน (oleoresin) จากเสจ (sage) หรือ โรสแมรี่ (rosemary) ต่อการชลอการเกิดกลิ่นหืน (oxidative rancidity) ระหว่างการเก็บรักษา MDCM-ล้าง ที่ 3 °C พบว่าสารทุกชนิดมีผลในการลดไขมัน, โปรตีน และเพิ่มความชื้นของ MDCM โซเดียมฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนต สกัดไขมันได้ 47.4 และ 47.1 % (น้ำหนักแห้ง) ของไขมันทั้งหมดตามลำดับ และโปรตีนสูงขึ้นเป็น 68.1 และ 73.3 % ของโปรตีนทั้งหมด ผลจากการแยกโปรตีนด้วยเจลอีเล็กโตรฟอเรซีส (gel electrophoresis) บ่งชี้ว่าส่วนของซาร์โคพลาสมิค (sarcoplasmic) ปริมาณมากถูกกำจัดไปด้วยการล้าง และโอลิโอเรซินชลอการเกิดกลิ่นหืนใน MDCM ที่ล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตได้

<u>การสกัดโปรตีนจาก MDCM</u>

การสกัดโปรตีนออกจาก MDCM ทำเพื่อลดปริมาณไขมัน และขจัดปัญหาเรื่องการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน Young (1975) รายงานว่าการสกัดโปรตีนจาก MDPM ของไก่กระทงให้ได้ผลผลิตสูงสุด ควรใช้สารละลายที่มี pH มากกว่า 6.5 และมีความแรงไอออน (ionic strength) มากกว่า 0.48 ใช้อุณหภูมิในการสกัด 4 °C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง และ ตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็คตริกที่ pH 4.5, ความแรงของไอออน 0.5 อุณหภูมิ 4 °C Young (1976) สกัดโปรตีนจากส่วนกระดูก (bone residue) ที่แยกออกจาก MDCM ส่วนคอและหลังไก่ด้วยสารละลายโพลีฟอสเฟตร่วมกับโซเดียมคลอไรด์โดยปรับ pH และความแรงไอออนไปพร้อมๆกัน ซึ่งผู้วิจัยอธิบายว่าจะมีผลในการปรับปรุงความจุของอีมัลชัน (emulsion capacity) ดีกว่าการปรับ pH ของสารละลายโพลีฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างที่สกัดได้มีโปรตีน 60-65 %, ไขมัน 23-25 %, เถ้า 5-10 %, และ ความชื้น 4-6 %

Jackson, Consolacion และ Jelen (1982) ศึกษาผลของการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มี pH 10.5 สกัดโปรตีนจากส่วนกระดูกของเนื้อสัตว์ปีกแยกกระดูกด้วยเครื่อง รายงานว่าจำนวนจุลินทรีย์ลดลงจาก 1.5×10^3 โคโลนี/กรัม เป็น 2.0×10^2 โคโลนี/กรัม และจำนวนโคลิฟอร์ม

แบคทีเรียลดลงจาก $4.9x10^1$ เป็น 0 การสกัดโปรตีนที่ pH 10 อุณหภูมิ 23 °C ทำลายโครงสร้างของซัลโมเนลลา (*Salmonella*) ได้ คณะผู้วิจัยจึงแนะนำให้ใช้สภาวะนี้ในการสกัดโปรตีนเพราะช่วยให้ปราศจากจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพด้วย Lawrence และ Jelen (1982) สกัดโปรตีนจากส่วนกระดูกของ MDCM ที่ผลิตจากส่วนหลัง,คอ และ ขา ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่ pH 9.2, 10.0, 10.7 และ 11.5 แล้วนำสารละลายโปรตีนที่สกัดได้ไปเก็บไว้ที่ 22°, 35° และ 50 °C เป็นเวลา 1, 4 และ 16 ชั่วโมง จากนั้นทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) และสกัดไขมันออกก่อนนำไปวิเคราะห์หากรดอะมิโนไลซีนที่เป็นพิษโดยมีโครงสร้างเปลี่ยนไปเมื่ออยู่ในสารละลายด่างที่มีความเข้มข้นสูง คือ lysino-alanine (LAL) จากผลการวิเคราะห์ไม่พบ LAL ในโปรตีนสกัดที่เก็บไว้ 1 ชั่วโมง แต่พบในตัวอย่างที่เก็บไว้ 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยสรุปว่า การสกัดโปรตีนโดยใช้ด่างจะไม่ทำให้เกิด LAL ในโปรตีนสกัดถ้าเลือกใช้ภาวะในการสกัดที่เหมาะสม

Ozimek และคณะ (1986) ศึกษาถึงสมบัติด้านหน้าที่ และ คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนที่สกัดได้จากเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง (PP) ในสภาพสด, แช่แข็ง และละลายน้ำแข็ง เปรียบเทียบกับโปรตีนที่สกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (pH 10.5) 20 % และ ตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริก 3 M ที่ pH 5.4 (EP) ในสภาพสด, แช่แข็ง และละลายน้ำแข็ง พบว่า PP สด และ แช่แข็ง จะมีค่าดัชนีการละลายของไนโตรเจน (nitrogen solubility index, NSI) ค่าความจุอิมัลชัน (EC) และ ค่าความแข็งแรงของเจลเมื่อผ่านความร้อน (heat gel strength, HGS) สูงกว่า EP แต่ EP ในสภาพสด และแช่แข็งมีความคงตัวของอิมัลชันสูงกว่า PP ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของความชื้นและไขมันในวัตถุดิบทั้งสองชนิด สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของ EP และ PP เมื่อเทียบกับเคซีน (casein) ที่น้ำหนักเท่ากัน พบว่ามีค่า net protein utilization สูงกว่า, protein efficiency ratio เท่ากัน และ true digestibility ดีกว่า McCurdy และ คณะ (1986) ศึกษาการสกัดโปรตีนจากส่วนกระดูกของ MDCM จากส่วนหลัง และคอด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 % ที่ pH 10.5 แล้วตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริค 3 M ที่ pH 5.3 และ ศึกษาผลการแปรขนาดอนุภาควัตถุดิบ, อุณหภูมิ และ แรงหมุนเหวี่ยง (g-force) ที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนสกัด พบว่าการบดส่วนกระดูกทำให้โปรตีนสกัดมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิในการสกัดที่สูงทำให้ปริมาณไขมันในโปรตีนสกัดลดลงและการเพิ่มแรงหมุนเหวี่ยงให้โปรตีนสกัดที่มีเถ้าน้อย ผลผลิตของโปรตีนสกัดสูงสุดเมื่อใช้อุณหภูมิสกัดมากกว่า 27-29 °C และ การใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบบาสเก็ต (basket centrifuge) ให้โปรตีนสกัดที่มีไขมันต่ำกว่าเมื่อใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงในแนวนอนแบบดีแคนเตอร์ (horizental decanter centrifuge)

Fonkwe และ Singh (1996) สกัดโปรตีนจากส่วนกระดูกเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่องโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (pH 10.6-10.7) 3 M จากนั้นตกตะกอนโปรตีนด้วยกรดไฮโดรคลอริค (pH 5.3) 3 M ตัวอย่างโปรตีนที่ตกตะกอนแล้วทำแห้ง เรียกว่า "IEP" ส่วนโปรตีนที่ตกตะกอนแล้วทำให้เข้มข้นด้วยกระบวนการอุลตราฟิวเตชัน (ultrafiltration) แล้วทำแห้ง เรียกว่า "PH8" พบว่าโปรตีนสกัดทั้งสองชนิดมีระดับของโปตัสเซียม, ฟอสฟอรัส, แมกนีเซียม และ แคลเซียมสูง แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และความสามารถในการจับไขมัน (fat binding capacity) ต่ำ สำหรับปริมาณโปรตีน และไขมันใน "IEP" สูงกว่า "PH8" แต่ "PH8" มีเถ้าสูงกว่า "IEP" "PH8" ละลายในน้ำ และ โซเดียมคลอไรด์ (pH 4 และ 10) 2 % ดีกว่า "IEP" ส่วนปริมาณน้ำที่มีใน "PH8" และ "IEP" เท่ากับ 3.84 และ 4.46 % โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความจุอิมัลชันของ "PH8" ที่ pH 4, 7 และ 10 สูงกว่า "IEP" และ ที่ pH 7 ตัวอย่างทั้งสองจะมีความจุของอิมัลชันต่ำสุด

<u>การย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์</u>

การย่อยสลายโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรติเอส (protease) ตัดพันธะเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนมีข้อดี เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจงต่อสับสเตรท (substrate) สูง จึงใช้เอนไซม์ได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยและการย่อยสลายทำได้ในสภาวะไม่รุนแรง ไม่เกิดปัญหาเรื่องการกัดกร่อนอุปกรณ์เครื่องมือ นอกจากนั้นยังให้อัตราการย่อยสลายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการใช้กรดหรือด่าง และที่สำคัญ คือ เอนไซม์โปรติเอสไม่มีผลทำให้กรดอะมิโนถูกทำลาย อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อยู่ที่การเกิดสารประกอบรสขมเนื่องจากการแตกตัวของหมู่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) ในโมเลกุลโปรตีน (Metoba และ Hata, 1972) แต่เมื่อย่อยสลายถึงระดับหนึ่งแล้วสารให้รสขมจะไม่เกิดเพราะกรดอะมิโนอิสระมีรสขมน้อยที่สุด และสายเปปไทด์ที่มีหมู่ไม่ชอบน้ำอยู่ที่ปลายคาร์บอน หรือ ปลายไนโตรเจน มีรสขมน้อยมาก ดังนั้นจึงควบคุมกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ด้วยการควบคุมอัตราการย่อยสลาย

Ishida, Kaji และ Yamamoto (1979) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกระดูกไก่ เพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส โดยย่อยสลายด้วยเอนไซม์ พบว่าส่วนของโปรตีนจากส่วนกระดูกไก่ที่เป็นซาร์โคพลาสมิคโปรตีน (26 % ของโปรตีนทั้งหมด) ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในกลุ่มเอนโดเปปติเดส (endopeptidase) ได้ง่าย และไฮโดรไลเซทที่ได้ไม่มีรสขม และมีกลิ่นรสดี ขณะที่ไฮโดรไลเซทที่ได้จากส่วนไมโอไฟบริลลาโปรตีน (10 % ของโปรตีนทั้งหมด) มีรสขมมาก

และ ส่วนของสโตรมาโปรตีน (stroma protein) ย่อยสลายได้ไม่ดี ทำให้ไฮโดรไลเซทที่ได้มีกลิ่นรสอ่อน

Stanley (1981) ศึกษาการย่อยสลายโปรตีนจากเนื้อไก่ถอดกระดูกที่กำจัดไขมันออกแล้ว (มีโปรตีน 78 % โดยน้ำหนักแห้ง) ด้วยเอนไซม์แพนครีเอทิน (pancreatin) เข้มข้น 4.3 % ที่อุณหภูมิ 60 °C และ pH 8.55 และนำไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยสลายที่เวลา 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบสามารถรับรสขมได้ตั้งแต่ที่เวลาในการย่อยสลาย 90 นาทีขึ้นไป โดยมีระดับความขมเท่ากับควินิน (quinine) 0.003 % แต่เมื่อเติมเจลาติน (gelatin) ลงในเนื้อไก่ในอัตราส่วน 1 : 1 ก่อนย่อยสลายที่ภาวะเดิม พบว่ากรดอะมิโนไกลซีนที่มีในเจลาตินทำให้ไฮโดรไลเซทที่ได้ไม่มีรสขม Burica และ Vitez (1981) ศึกษาการเตรียมโปรตีนไฮโดรไลเซทผงจากเนื้อไก่ที่กำจัดไขมันออกแล้ว โดยผสมกับน้ำในอัตราส่วนเนื้อไก่ : น้ำ 1 : 2 ปั่นให้เข้ากัน ปรับ pH เป็น 6.0-6.5 ย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน 0.5-1.5 % ที่อุณหภูมิ 40-50 °C 5 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 85 °C นำไฮโดรไลเซทที่ได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทผงละลายน้ำได้ มีรสชาติและกลิ่นที่ดีมีสีอ่อน และ มีไนโตรเจน 14.0-14.8 % Webster, Ledward และ Lawrie (1982) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากปอด, กระเพาะ, และ เนื้อเยื่อที่ปราศจากไขมันของวัว โดยใช้เอนไซม์ 4 ชนิด คือ เปปซิน ที่ pH 3.0, ปาเปน ที่ pH 5.5, นิวเทรส (neutrase) ที่ pH 7.0 และ อัลคาเลส (alcalase) ที่ pH 8.5 ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่าเอนไซม์ปาเปนย่อยสลายสับสเตรททุกชนิดได้ดีที่สุด และเอนไซม์นิวเทรสย่อยสลายสับสเตรททุกชนิดได้น้อยที่สุดโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีโปรตีนที่ละลายได้ 45-85 % และไม่มีการสูญเสียกรดอะมิโนตลอดระยะเวลาในการย่อยสลาย Fik และ Surowka (1986) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นจากหัวของไก่กระทงโดยใช้เอนไซม์ปาเปน 2 กรัมต่อหัวไก่กระทง 2 กิโลกรัม ย่อยสลาย ที่ 60 °C pH ประมาณ 7.0 พบว่าได้ผลผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท 7 % และ ส่วนที่ไม่ละลายน้ำเป็นผลิตผลพลอยได้ 19.2 % ซึ่งนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ โปรตีนไฮโดรไลเซทเข้มข้นมีโปรตีน 85 % มีสมบัติทางประสาทสัมผัส และเคมีฟิสิกส์ดี Fik และ Surowka (1992) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากส่วนหัวของไก่กระทงบดโดยใช้เอนไซม์นิวเทรส (neutrase) จาก *Bacillus subtilis* โดยเติมน้ำลงในหัวไก่บดละเอียด 75 % โดยน้ำหนัก ปรับ pH เป็น 7 เติมเอนไซม์ 0.2 % โดยน้ำหนัก ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ใช้หัวไก่บด 1 กิโลกรัม ได้โปรตีนไฮโดรเซทผง 75 กรัม ซึ่งมีโปรตีน 78.1 % มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ดี มีสีน้ำตาล ไม่มีรสขม ละลายน้ำได้ดี แต่มีสมบัติด้านการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ต่ำ Fik และ Surowka (1994) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจาก

ส่วนหัวของไก่กระทงบดโดยใช้เอนไซม์เปปซินจากหมู (porcine pepsin) ใช้น้ำ 750 กรัม ต่อหัวไก่กระทงบด 1 กิโลกรัม ย่อยสลายด้วยเปปซิน 3 กรัม ที่อุณหภูมิ 55 °C pH 1.5 เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทผงที่ไม่ได้ ผ่านการทำให้เป็นกลาง 144 กรัม มีไนโตรเจนทั้งหมด 15.7 กรัม คิดเป็นไนโตรเจนที่ได้กลับมา (nitrogen recovery) 67.8 % ส่วนไฮโดรไลเซทผงที่ผ่านการทำให้เป็นกลางมีไนโตรเจนที่ได้กลับมาน้อยลง และดัชนีการละลายของไนโตรเจนลดลงมากกว่า 30 % ไฮโดรไลเซทผงที่ได้มีสีครีมชีด ไม่มีรสขม มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดี และมีปริมาณแร่ธาตุสูง มีสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ต่ำ

Yu และ Fazidah (1994) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากปลาคาร์พ (big head carp, *Aristichthys nobilis*) โดยใช้เอนไซม์โปรติเอส พี 'อะมาโน' (protease P 'Amano') ปลาชนิดนี้ในประเทศจีนใช้เฉพาะส่วนหัว ส่วนตัวจะทิ้ง จึงต้องการเพิ่มมูลค่าโดยนำมาผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อสับสเตรท 2 % ย่อยสลายเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีอัตราการย่อยสลาย (degree of hydrolysis) 15 % มีไนโตรเจนที่นำกลับมาได้ 60 % มีความชื้น 3 %, โปรตีน 87 %, ไขมัน 0.85 % และ เถ้า 8.65 % มีปริมาณกรดอะมิโนสูงขึ้นและตรวจพบรสขมเมื่อใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่า 3 ชั่วโมง

กลิ่นรสของกรดอะมิโน เปปไทด์ และโปรตีน

กลิ่นรส (flavor) เป็นการรวมความรู้สึก 2 อย่าง คือ ความรู้สึกต่อรส (taste) และความรู้สึกต่อกลิ่น (odor) ของสาร มีต่อมรับรส (taste buds) ที่ลิ้นเป็นจำนวนมากสามารถรับรส-หวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสขม ส่วนในจมูกก็มีปลายประสาทรับกลิ่น (olfactory nerve endings) ซึ่งสามารถรับกลิ่นต่าง ๆ ได้ อาหารไม่ว่าจะลื่นหรือ หนืด นุ่มหรือแข็ง เมื่อสัมผัสกับลิ้นและเพดานปากและผ่านเข้าสู่ลำคอจะทำให้อวัยวะทั้งหมดที่กล่าวมาเกิดความรู้สึกต่อรสชาติของอาหารนั้นได้ นอกจากนั้นความรู้สึกหลังลิ้มรส (after taste)จะยังคงมีอยู่หลังจากกลืนอาหารแล้ว เพราะอาหารบางส่วนที่เหนียวและมันยังคงติดที่ปาก และฟันอยู่ (Fennema, 1996)

รสชาติ (taste) คือความรู้สึกเมื่อต่อมรับรสบนลิ้นได้สัมผัสกับสารละลายอาหารที่ผ่านเข้าในปาก การที่จะรู้รสอาหารได้นั้น อาหารจะต้องอยู่ในรูปสารละลายหรือสามารถละลายได้ในน้ำลาย ภายในปากที่มีต่อมรับรสอยู่ที่ลิ้น, เพดานปาก (soft palate), คอหอย, ฝาปิดกล่องเสียง (epiglottis) และหนึ่งในสามส่วนแรกของหลอดอาหาร (esophagus) (Fennema, 1996)

สารประกอบที่ให้รสหวานประกอบด้วยตัวให้โปรตอนและตัวรับโปรตอนอยู่ในโมเลกุล ระยะห่างระหว่างตัวให้โปรตอนและตัวรับโปรตอนประมาณ 2.5-4.0 อังสตรอม หน่วยรับความ

รู้สึกของรสหวานประกอบด้วยตัวให้โปรตอนและตัวรับโปรตอนเช่นกัน การสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างตัวให้โปรตอนและตัวรับโปรตอนของสารประกอบที่ให้รสหวานกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวาน กระตุ้นให้เกิดรู้สึกว่ามีรสหวาน (Nishimura และ Kato, 1988) สารประกอบที่ให้รสหวาน ได้แก่ น้ำตาลซูโครส, แลคโตส, กลูโคส, หญ้าหวาน (stevioside), ซัคคารีน (saccharin) และกรดอะมิโนบางชนิด กรดอะมิโนไกลซีน และ อะลานีน มีสายโซ่ข้าง (side chain) สั้น จึงสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหน่วยรับความรู้สึกของรสหวานและให้รสหวานได้ แต่กรดอะมิโนลิวซีนมีสายโซ่ข้าง คือ หมู่ไอโซบิวทิล (isobutyl) ซึ่งนับว่ายาว จึงเป็นอุปสรรค (steric hindrance) ในการสร้างพันธะไฮโดรเจน จากการทดลอง พบว่าดี-ลิวซีน (D-leucine) เท่านั้นที่จะให้รสหวาน ส่วนแอล-ลิวซีน (L-leucine) ไม่ให้รสหวาน เนื่องจากสายโซ่ข้างอยู่ในตำแหน่งที่จะไปบดบังการสร้างพันธะไฮโดรเจน (Shallenberger, Aeree และ Lee, 1969)

กรดอะมิโนที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ แอล-เฟนนิลอะลานีน (L-phynylalanine), แอล-ไทโรซีน (L-tyrosine), แอล-ทริปโตเฟน (L-tryptophan), แอล-วาลีน (L-valine), แอล-ลิวซีน , แอล-ไอโซลิวซีน (L-isoleucine), และเปปไทด์ส่วนมากที่มีกรดอะมิโนเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่จะให้รสขม รสขมของเปปไทด์เกิดขึ้นเนื่องจากสายโซ่ข้างของกรดอะมิโนไม่ละลายน้ำ การย่อยสลายโปรตีนเหล่านี้ด้วยเอนไซม์จะก่อให้เกิดรสขมขึ้น ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสขม ได้แก่ Gly-Leu, Leu-Phe, Leu-Lys และ Arg-Leu (Yamashita, Arai และ Fujimaki, 1969) นอกจากนั้นการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนในเปปไทด์ที่ให้รสขมมีความสัมพันธ์กับความเข้มของรสขม เช่น Phe-Pro มีรสขมมากกว่า Phe-Pro-Gly (Kirimura และคณะ, 1969)

เปปไทด์ที่มีกรดกลูตามิค และ/หรือ กรดแอสพาร์ติค จะให้รสเปรี้ยวเนื่องจากการเชื่อมต่อของโปรตอนจากการละลายของกรดอะมิโนในเปปไทด์ กับเยื่อหุ้มเซลล์ของตุ่มรับรสเปรี้ยวบนลิ้น ตัวอย่างของเปปไทด์ที่ให้รสเปรี้ยว ได้แก่ Gly-L-Asp, Gly-L-Glu, และ L-Ser-L-Asp (Nishimura และ Kato, 1988)

รสเค็มได้จากเกลือหลายชนิด กรดอะมิโนอิสระไม่ให้รสเค็ม เปปไทด์ที่ให้รสเค็มจะสร้างพันธะกับสารประกอบบางชนิด เช่น ทอรีนโมโนไฮโดรคลอไรด์ (taurine monohydrochloride) และ ออนิทิลโมโนไฮโดรคลอไรด์ (ornithyl monohydrochloride) เป็นต้น ในไดเปปไทด์ที่ให้รสเค็ม เช่น แอล-ออนิทิล-2-อะมิโนอีเธน-ซัลโฟนิคแอซิดไฮโดรคลอไรด์ (L-ornithyl-2-aminoethane-sulfonic acid hydrochloride) ให้รสเค็มเหมือนโซเดียมคลอไรด์ (Tada, Shinoda และ Okai, 1984) เปปไทด์ที่ให้รสเค็มไม่มีโซเดียมอิออนอยู่ จึงใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสสำหรับคนเป็นโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงได้ (Nishimura และ Kato, 1988)

น้ำต้มกระดูก (soup stock) จะให้รสที่แตกต่างจากรสหวาน, ขม, เปรี้ยว หรือ เค็ม รสนี้เรียกว่า อูมามิ ซึ่งถือว่าเป็นรสพื้นฐานรสหนึ่ง โมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) เป็นสารให้รสอูมามิที่สำคัญ เปปไทด์ส่วนใหญ่ที่มีแอล-กลูตามิคแอซิดอยู่ที่ปลายไนโตรเจนให้รสอูมามิ (Nishimura และ Kato, 1988)

กลิ่น (Odor) หมายถึง ความรู้สึกที่รับได้โดยตรงทางจมูก กลิ่นทางอาหารมักหมายถึงสารระเหยได้ที่ทำให้เกิดความรู้สึกต่ออวัยวะรับกลิ่น (Zapsalis และ Beck, 1985)

กลิ่นรสของไก่ทั้งไก่ดิบและไก่ที่ผ่านการหุงต้มสุกแล้วประกอบด้วยสารประกอบ 778 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกที่ระเหยได้ สารให้กลิ่นของเนื้อไก่เป็นพวกสารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl) เกิดจากการหุงต้ม 2 ลักษณะ คือ การหุงต้มปกติเป็นการหุงต้มเนื้อไก่ให้สุกในลักษณะธรรมดาไม่มีการผ่านไอน้ำเข้าไป และ การหุงต้มที่มีออกซิเจนมาเกี่ยวข้องซึ่งเป็นการหุงต้มเนื้อไก่โดยใช้ไฟอ่อนแล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรง (Pippen และคณะ, 1958) Pippen และ Nonaka (1960) รายงานว่าการหุงต้มเนื้อไก่โดยใช้ไฟอ่อน แล้วผ่านไอน้ำเข้าไปโดยตรงจะได้สาร 2,4-ไดไนโตรเฟนนิลไฮโดรโซน (2,4-dinitrophynyl hydrozones, 2,4-DNPH's) จากสารประกอบคาร์บอนิลในอัตราเร็วกว่าการหุงต้มปกติ 4 เท่า และเนื้อไก่ที่ผ่านการหุงต้มจากทั้งการหุงต้มปกติ และการหุงต้มที่มีออกซิเจนมาเกี่ยวข้องให้สารประกอบคาร์บอนิลที่คล้ายคลึงกัน คือ อะเซทตัล- ดีไฮด์ (acetaldehyde), เฮกซะนาล (hexanal), เดกคะไดอีนาล (decadienal), อะซิโตอิน (acetoin) และ ไดอะเซทิล (diacetyl)

Pippen และ Nonaka (1960) พบว่าสารประกอบไนโตรเจนในกล้ามเนื้อไก่แตกตัวให้แอมโมเนียออกมา และสารหลายชนิดในฟอสโฟลิปิดเป็นสารตั้งต้นของเมทธิลลามีน (methylamine) และ เอทธาโนลามีน (ethanolamine) ส่วนไขมันเป็นสารตั้งต้นของสารพวกอัลกอฮอล์ และ เมทธิลฟอร์เมต (methyl formate)

Shrimpton และ Grey (1965) ใช้เครื่องกาซโครมาโตกราฟ (GC) สกัดแยกกลิ่นรสของเนื้อไก่ดิบเฉพาะส่วนกล้ามเนื้อ รายงานว่ามีสารประกอบที่ระเหยง่าย 23 ชนิด ซึ่ง 15 ชนิดเป็นสารซัลไฟด์ (sulfides), อัลดีไฮด์ (aldehydes), ไธออล (thioles) และคีโตน (ketones) นอกจากนี้ยังวิเคราะห์สารประกอบระเหยง่ายจากกล้ามเนื้อส่วนอก และขาของไก่ที่หุงต้มแล้วด้วยเครื่อง mass spectrometer พบว่าเป็นสารอัลเคน (alkanes), 2,4-เพนเทนไดโอน (2,4-pentanedione), เมทธิลฟอร์เมต(methyl formate), เอมีน (amine), อัลกอฮอล์ , เมทธิลคีโตนส์ (methyl-ketones), ฟิวรานส์ (furans), อนุพันธ์ของเบนซีน (benzene derivatives), เอสเทอร์ส (esters) และสารประกอบที่มีซัลเฟอร์

Wilson และ Katz (1972) รายงานว่ากรดอะมิโนเมทไธโอนีน, ซิสตีน, ซิสเตอีน, ทอรีน , กลูตาไธโอน (glutathione), ไบโอติน (biotin), ทอร์มีน (thuamine) และ โคเอนไซม์ เอ ในส่วนกล้ามเนื้อไก่ที่สุกแล้วเป็นสารตั้งต้นซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลเฟอร์ (ยกเว้น ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ได้โดยเมทไธโอนีนเกิดปฏิกิริยา Strecker degradation ได้ มีเธน (methane), ไธออล และ เมทธิลไดซัลไฟด์ (methyl disulfide) เพิ่มขึ้น และผู้วิจัยสันนิษฐานว่าการแยกตัวของกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ทำให้เกิดสารไธออล และสารซัลไฟด์ที่มีกลุ่มอัลคิล (alkyl), เอทธิล (ethyl), เอน-โพรพิล (n-propyl), ไอโซโพรพิล (isopropyl) และ เอน-เฮกซิล (n-hexyl) ซิสตีน และ ซิสเตอีนเป็นสารตั้งต้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในโปรตีนกล้ามเนื้อ สารไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิด อาจรวมตัวกับสารประกอบคาร์บอนิลเกิดเป็นสารให้กลิ่นรส กรดอะมิโนซนิดแอลฟา (∝-amino) เกิดปฏิกิริยา Strecker degradation ได้สารพวกไดอะเซทธิล, กลูโคส และ สารประกอบอื่น ๆ และยังพบว่าปฏิกิริยา Strecker degradation เป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนกรดอะมิโนในเนื้อไก่ที่สุกให้เป็นสารอัลดีไฮด์ โดยเนื้อไก่ที่ทำให้สุกและมีออกซิเจนอยู่ด้วยกรดอะมิโนอะลานีน, แอสพาราจีน และ กรดแอสพาร์ติคจะแตกตัวเกิดสารอะเซทหัลดีไฮด์

<u>เอนไซม์ที่ใช้ย่อยสลายโปรตีน</u>

เอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนจัดอยู่ในกลุ่มเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งมีการจัดแบ่งกลุ่มของโปรติเอสไว้หลายวิธี เช่น จัดตามแหล่งกำเนิด คือ จากสัตว์ พืช และจุลินทรีย์ หรือ จัดตามลักษณะการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ คือ การย่อยพันธะเปปไทด์จากปลายสาย หรือ เอกโซเปปติเดส (exopeptidase) และย่อยสลายพันธะเปปไทด์อย่างอิสระภายในสายโพลีเปปไทด์ หรือ เอนโดเปปติเดส (endopeptidase) หรือจัดแบ่งตามลักษณะบริเวณเร่ง (active site) ของเอนไซม์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ได้แก่ ซีรีนโปรติเอส (serine protease), ซัลไฟดริลโปรติเอส (sulfhydryl protease), โปรติเอสที่มีหมู่โลหะ (metal-containing protease) และ โปรติเอสที่เป็นกรด (acid protease) (Whitaker, 1972)

ซีรีนโปรติเอส มีอนุมูลเซริลอยู่ที่บริเวณเร่งของเอนไซม์ เอนไซม์ทั้งหมดเป็นพวกเอนโดเปปติเดส มีแอคติวิตีสูงสุดที่ pH7-11 จัดเป็นโปรติเอสที่เป็นด่าง (alkaline protease) ได้แก่ ไคโมทริปซิน (chymotrypsin) และ ทริปซิน (trypsin)

ซัลไฟดริลโปรติเอส มีอนุมูลซัลไฟดริลที่บริเวณเร่ง ถูกยับยั้งโดยสารที่เรียกว่าซัลไฟดริลรีเอเจนต์ เป็นพวกเอนโดเปปติเดส มีแอคติวิตีสูงที่ pH 6-7.5 จัดเป็นโปรติเอสที่เป็นกลาง (neutral protease) ได้แก่ ปาเปน (papain), ฟิซิน (ficin) และ โบรมิเลน (bromelain)

โปรติเอสที่มีหมู่โลหะ เป็นโปรติเอสที่มีอิออนของโลหะรวมในโมเลกุลเอนไซม์ในลักษณะของโคแฟคเตอร์ (cofactor) ถูกยับยั้งด้วยสารจับอิออนของโลหะ (metal-chelating agents) เป็นเอกโซเปปติเดสเกือบทั้งหมด เป็นเอนไซม์ที่มีแอคติวิตีสูงในช่วง pH 6.5-7.5 จัดเป็นโปรติเอสที่เป็นกลาง ได้แก่ คาร์บอกซีเปปติเดสเอ (carboxypeptidase A), โปรลิเดส (prolidase) และอิมิโนไดเปปติเดส (iminodipeptidase)

โปรติเอสที่เป็นกรด เป็นโปรติเอสที่มีแอคติวิตีสูงสุดที่ pH 2-4 และไม่แสดงอนุมูลของกรดอะมิโนที่มีบทบาทในบริเวณเร่งขัดเจน แต่พบว่ามีหมู่คาร์บอกซิลมากกว่า 1 หมู่อยู่บริเวณเร่ง ได้แก่ เรนนิน (rennin) และ เปปซิน (pepsin)

<u>เอนไซม์โบรมิเลน (bromelain)</u>

เอนไซม์โบรมิเลน มีชื่อรหัส E.C.3.4.4.24 เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่มีบริเวณเร่งประกอบด้วย กลุ่มซัลไฟดริล หรือ กลุ่มไฮออล พบในเซลของสับปะรด (*Ananas comosus (L.) Merr.)* ในตระกูล Bromeliaceae โดยเอนไซม์จะมีความเข้มข้นมากที่สุดในส่วนล่างของลำต้นที่แก่จัด ในแกนกลางของลำต้นมีเอนไซม์มากกว่าส่วนนอก (cortex) และเนื้อเยื่อที่ยังอ่อน (succulent) มีเอนไซม์เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย (Heinicke และ Gortner, 1957) โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ย่อยสลายโมเลกุลของสารประเภทโปรตีนแบบเอนโดเปปติเดส ซึ่งจะย่อยสลายพันธะเปปไทด์อย่างสุ่ม (randomly) ภายในสายโปรตีนแต่ต้องมีความจำเพาะต่อชนิดของกรดอะมิโนในพันธะเปปไทด์ เช่น โบรมิเลนจะย่อยพันธะเชื่อมระหว่างกรดอะมิโน อาร์จีนีน-อะลานีน (Arg-Ala) และ อะลานีน-กลูตามิค (Ala-Glu) แต่ไม่สามารถย่อยพันธะที่เชื่อมระหว่างอาร์จีนีน-อาร์จีนีน (Arg-Arg) และ ไลซีน-ไทโรซีน (Lys-Tys) ได้ (Murachi และ Neurath, 1960) โบรมิเลนยังมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายเอไมด์ (amide) และ เอสเทอร์ (ester) ของกรดอะมิโนและเปปไทด์, เคซีน และฮีโมโกลบินได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย (Murachi and Neurath, 1960)

โบรมิเลนจากลำต้นสับปะรดมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 33,000 ดาลตัน และเป็นไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ที่มีแมนโนส 3 โมล, กลูโคส 1 โมล, ไซโลส 1 โมล และเอน-อะเซทติลกลูโคซามีน (N-acetyl glucosamine) 2 โมล เป็นองค์ประกอบ (Murachi และ Neurath, 1960) น้ำตาลเหล่านี้เชื่อมกับเปปไทด์ด้วยโควาเลนท์บอนด์ ในโบรมิเลน 1 โมเลกุล ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวน 285 ชนิด และ เฮกโซซามีน 4 ชนิด มีกรดอะมิโนที่เป็นด่างมากกว่าเป็นกรด (Murachi และ Neurath, 1964) มีไกลซีน (glycine) อยู่ที่ปลายคาร์บอน และ

วาลีน (valine) อยู่ที่ปลายไนโตรเจนมีซัลไฟดริล 1 กลุ่ม ที่จำเป็นสำหรับการเร่งปฏิกิริยา และมีพันธะไดซัลไฟด์ 5 พันธะต่อโมเลกุล (Murachi, 1964)

Inagami และ Murachi (1963) และ Whitaker (1972) รายงานว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีความคงตัวที่ pH 3.0-3.5 pH ตั้งแต่ 2.5 ลงมาจะไม่เสถียร ย่อยสลายเคซีนได้ดีที่ pH 7.0 และย่อยสลายเจลาตินได้ดีที่ pH 5.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำงานประมาณ 63-65 °C ถูกทำลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 °C เป็นเอนไซม์ที่ละลายน้ำได้ ไม่ละลายในอัลกอฮอล์และอะซีโตน มีจุดไอโซอิเล็คตริก 9.55

โบรมิเลนเป็นซัลไฟดริลโปรติเอสที่ต้องการตัวเร่งปฏิกิริยาจากไซยาไนด์, EDTA และซิสเตอีน เพื่อให้ได้ปฏิกิริยาการทำงานโดยซีสเตอีนจะรีดิวซ์ (reduce) กลุ่มซัลไฟดริลที่บริเวณเร่งเกิดเป็นกลุ่มไธออลอิสระทำให้เอนไซม์ทำงานได้ดีขึ้น ส่วนไซยาไนด์และ EDTA จะจับกับไอออนของโลหะที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ดีขึ้น (Murachi และ Neurath, 1960)

<u>การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซท</u>

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซทโดยทั่วไปมี 3 รูปแบบ คือ ใช้เพิ่มคุณภาพทางโภชนาการในอาหาร ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวในอาหารหรือสารเชื่อม (binder) และ ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร (food flavoring agent)

โปรตีนไฮโดรไลเซทใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารคน และอาหารสัตว์ได้ Yu และ Tan (1988) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทผงจากเนื้อปลา *Orechromis mossambicus* โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเนื้อปลาบดต่อน้ำเป็น 1 : 1 ปรับ pH เป็น 8.0 ใช้เอนไซม์ 2 % ย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50°C แล้วทำแห้งโปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเครื่องทำแห้งแบบฟ่นฝอย (spray-dryer) ผลิตแครกเกอร์โดยใช้ไฮโดรไลเซทผงเป็นส่วนผสมในปริมาณ 10 % พบว่าแครกเกอร์ที่ได้มีค่าการขยายแนวเส้นตรงสูงสุด มีโปรตีนสูง และได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ, ความกรอบ และสีสูงกว่าแครกเกอร์ที่มีเนื้อปลา *O. mosambicus* และ *Sciana* spp. เป็นส่วนผสม

Miller และ Groninger (1975) ลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากปลาที่ปรับปรุงคุณภาพไมโอไฟบริลลาโปรตีนด้วยปฏิกิริยาซัคซินิเลชัน (succinylation) ของซัคซินิคแอนไฮไดรด์ (succinic anhydride) ใช้อัตราส่วน ไมโอไฟบริลลาโปรตีน : ซัคซินิคแอนไฮไดรด์ 1 : 5 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 0 °C pH 7.5-9.0 เวลา 1-2 ชั่วโมง จากนั้นย่อยสลายด้วยโบรมิเลน

ใช้อัตราส่วนเอนไซม์ : สับสเตรท 1 : 5 สกัดไขมันแล้วทำแห้งโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากปลาที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยปฏิกิริยาซัคซินิเลชัน มีสมบัติทางด้านความคงตัวของฟอง (foam stability) ดี และยังใช้เป็นสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying agents) ได้โดยไม่มีผลทางลบต่อกลิ่นรสของอาหารเลย

การใช้ไฮโดรไลเซทเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารใช้ได้ใน 2 ลักษณะ คือ สารให้กลิ่นรส (flavor donor) และ สารเสริมกลิ่นรส (flavor enhancer) การใช้เป็นสารให้กลิ่นรสนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีกลิ่นรสเหมือนกับสารให้กลิ่นรส ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่ ขนมขบเคี้ยว, ซุปผง, ซุปบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้จากผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อ, น้ำแกง, น้ำต้มกระดูก และซอสพริก ส่วนการใช้เป็นสารเสริมกลิ่นรสใช้เพื่อเพิ่มกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีกลิ่นรสอยู่แล้วให้สูงขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่ ครีมซุป ผลิตภัณฑ์จากปลา เช่น สเต็กปลา ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักในน้ำเกลือ และ ไส้กรอก การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ต้องคำนึงถึงปริมาณที่เหมาะสมซึ่งขึ้นกับชนิดของอาหารและโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.20-1.30 % (May, 1974 ; Prendergast, 1974) Leiske และ Konlad (1988) เตรียมสารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่โดยการบดเนื้อไก่ให้ละเอียด จากนั้นนำมาละลายน้ำให้มีโปรตีนในสารละลาย 3-10 % โดยน้ำหนัก ย่อยสลายด้วยเซรีนโปรติเอส ที่ pH 8 อุณหภูมิ 40-70 °C จนมีค่า DH 25-35 % พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้ไม่มีรสขม มีความสามารถในการละลายสูง ให้กลิ่นรสดี ใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในซุป, ซอส และขนมขบเคี้ยวได้ Pranisa และ Nongnuch (1992) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหอยนางรม โดยย่อยสลายเนื้อหอยนางรมบดด้วยเอนไซม์ปาเปนและโบรมิเลน ปริมาณ 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 % พบว่าเมื่อใช้ปาเปน 0.7% หรือ โบรมิเลน 0.3% ไฮโดรไลเซทที่ได้มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด เมื่อนำไฮโดรไลเซทที่ได้มาผลิตซอสหอยนางรมและใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ผัดผักบุ้ง พบว่าผัดผักบุ้งกับซอสหอยนางรมที่ผลิตได้มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างที่ผัดกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ซอสชนิดข้น

ซอสชนิดข้น เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารที่มีลักษณะข้นหนืด มีโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้จากการย่อยสลายเนื้อสัตว์ด้วยกรด หรือเอนไซม์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกันเป็นส่วนประกอบสำคัญ และมีส่วนประกอบอื่นรวมทั้งเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสผสมอยู่ด้วย จัดอยู่ในประเภท

วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารชนิดปรุงรส (food seasoning) ซึ่งมีเพียงชนิดเดียว คือซอสหอยนางรม (กรมวิทยาศาสตร์, 2519)

วัตถุปรุงแต่งอาหารชนิดปรุงรส หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วย โมโนโซเดียม-แอล-กลูตาเมต (monosodium-L-glutamate) หรือกัวนิเลต (guanylate) หรือ ไอโนซิเนต (Inosinate) ผสมกับเนื้อสัตว์หรือสารอื่นที่ให้โปรตีน, เกลือ และอาจมีส่วนประกอบอื่นๆ รวมอยู่ด้วย เช่น ไขมัน น้ำตาล พริกไทย (มอก.932-2533)

องค์ประกอบของซอสหอยนางรม ได้แก่ เนื้อหอยนางรมหรือไฮโดรไลเซทจากหอยนางรม เกลือบริโภค, น้ำตาลทราย, แป้ง เช่น แป้งข้าวโพด, แป้งมันสำปะหลัง และ แป้งดัดแปร เป็นต้น ส่วนประกอบอื่นที่อาจมี ได้แก่ โปรตีนสกัดจากพืช, เครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรส เช่น น้ำปลา, น้ำซีอิ๊ว, โมโนโซเดียมแอล-กลูตาเมตโมโนไฮเดรต (monosodium L-glutamate monohydrate) ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต (disodium-5′-inosinate), แคลเซียม-5′-ไอโนซิเนต (calcium-5′-inosinate), ไดโซเดียม-5′-กัวนิเลต (disodium-5′-guanylate), แคลเซียม-5′-กัวนิเลต (calcium-5′-guanylate) ถ้าจะใส่สีต้องไม่เป็นสีสังเคราะห์และห้ามใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลทรายทุกชนิด (ม.อ.ก.1317-2538)

<u>เนื้อหอยนางรม หรือ ไฮโดรไลเซทจากหอยนางรม</u> มีสมบัติเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสให้กับซอสในลักษณะเป็นสารให้กลิ่นรส ทำให้ซอสมีกลิ่นรสของเนื้อหอยนางรมหรือไฮโดรไลเซทจากหอยนางรมชนิดนั้น ๆ นอกจากนั้นยังเพิ่มปริมาณโปรตีนให้ผลิตภัณฑ์ด้วย Sheng และ คณะ (1988) ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากหอยนางรมโดยใช้เอนไซม์ปาเปน 0.1 % และ โบรมิเลน 0.1 % ย่อยสลายที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ได้ผลผลิตของไฮโดรไลเซท 30 % และมีกลิ่นหอยนางรม แต่ถ้าย่อยสลายที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 6 ชั่งโมง ไฮโดรไลเซทที่ได้มีกลิ่นคล้ายปลา (fishy) นำไฮโดรไลเซททั้ง 2 ชนิดไปผลิตซอสหอยนางรม แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ามีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากซอสหอยนางรมทางการค้า

<u>โปรตีนไฮโดรไลเซทจากพืช</u> ในทางการค้ามีผู้ผลิตบางรายนำกลิ่นรสที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนจากพืช (hydrolyzed vetgetable protein, HVP) มาใช้เป็นสารให้กลิ่นรสทดแทนไฮโดรไลเซทจากหอยนางรมบางส่วนเพื่อลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากมีราคาถูกกว่าและมีกลิ่นรสของเนื้อสัตว์ (meaty flavor) ซึ่งช่วยเน้นกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้น่าบริโภคมากขึ้น (Strong, 1968) และมีสมบัติที่ดี เช่น ทนต่อความร้อนสูงโดยที่กลิ่นรสไม่เปลี่ยนแปลงและมีโปรตีนสูง (Prendergast, 1974)

ซีอิ๊ว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองกับแป้ง โดยการทำงานร่วมกันของเชื้อรา แบคทีเรีย และ ยีสต์ ทำให้มีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซีอิ๊วหมักในแถบเอเชีย มี 2 แบบ คือ ซีอิ๊วแบบจีน และซีอิ๊วแบบญี่ปุ่น ซีอิ๊วแบบจีนทำจากถั่วเหลืองล้วนหรือถ้ามีแป้งก็มีปริมาณแป้งน้อยกว่าถั่ว ส่วนซีอิ๊วแบบญี่ปุ่นทำจากถั่วเหลืองและแป้งในปริมาณที่เท่ากัน ซีอิ๊วจีนจะมีความถ่วงจำเพาะสูงหนืดมาก ไนโตรเจนมาก สีคล้ำ ส่วนซีอิ๊วญี่ปุ่นมักจะเหลวกว่า มีไนโตรเจนน้อยกว่า สีจะเป็นสีแดงอ่อนและมีกลิ่นอัลกอฮอล์มากกว่า ปัจจุบันซีอิ๊วที่เห็นวางขายอยู่ในท้องตลาดผลิตโดยใช้กรรมวิธีต่าง ๆ กัน แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ซีอิ๊วหมัก, ซีอิ๊วเคมี และ ซีอิ๊วกึ่งเคมี ซีอิ๊วหมักได้จากการหมักถั่วเหลืองกับข้าวสาลีหรือข้าวเจ้าโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของเชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ของไทยใช้วิธีนี้ ซีอิ๊วเคมีได้จากการย่อยสลายวัตถุดิบสำหรับทำซีอิ๊วด้วยกรดอินทรีย์เข้มข้นที่อุณหภูมิพอเหมาะ ทำให้เป็นกลางโดยใช้ด่างแล้วนำไปกรอง ซีอิ๊วที่ได้จากวิธีนี้จะใช้เวลาในการผลิตสั้นแต่กรดอะมิโนบางตัวในซีอิ๊วจะถูกทำลาย กลิ่นรสไม่ดีเท่าแบบแรก มีผลิตกันมากในยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ส่วนในประเทศไทยในปัจจุบันนี้มีโรงงานที่ผลิตซีอิ๊วชนิดนี้อยู่ไม่กี่แห่ง ซีอิ๊วกึ่งเคมีได้จากการดัดแปลงโดยนำวิธีผลิตซีอิ๊วหมักกับซีอิ๊วเคมีมารวมกัน เพื่อให้ได้ซีอิ๊วที่มีคุณภาพ กลิ่นรสดี และใช้เวลาในการหมักสั้น ซีอิ๊วชนิดนี้มีทำกันในญี่ปุ่นสำหรับในเมืองไทยยังไม่มี รสชาติในซีอิ๊วเกิดจากสารเคมีหลายประเภท อาทิ อัลกอฮอล์ (alcohol), คาร์โบนีล (carbonyl), เอสเทอร์ (ester), แลคโตน (lactones), ฟิวแรน (furans), ฟิวราโนน (furanones), ไพโรน(pyrones), ฟีนอล (phenols) และ กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะกรดกลูตามิค ซึ่งจะมีรสชาติที่แตกต่างจากรสชาติพื้นฐาน เรียกว่า อูมามิ (Umami) (Yong และ Wood, 1974)

น้ำตาลทรายขาว เป็นผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูง มีลักษณะเป็นเกล็ดใส สีขาวถึงเหลืองอ่อน มีความชื้นเล็กน้อยประมาณ 0.05-0.10 % เกล็ดน้ำตาลไม่ติดกัน มีกากน้ำตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อย มีสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.56-2516 น้ำตาลทรายที่ขาวสะอาด มีซูโครสประมาณ 99.5 % มีเกลือแร่และวิตามินต่าง ๆ น้อยมาก จึงเป็นแหล่งพลังงานที่ดี ละลายน้ำได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง น้ำ 1 กรัม ละลายน้ำตาลซูโครสได้ 2 กรัม และเมื่ออุณหภูมิยิ่งสูง น้ำตาลก็ยิ่งละลายได้ดีขึ้น ถ้าน้ำตาลถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะเสียอนุมูลน้ำไปจากโมเลกุลเรื่อย ๆ ทำให้น้ำตาลมีสูตรเคมีเปลี่ยนไปเป็น $C_{12}H_{20}O_{10}$ หรือ $C_{24}H_{36}O_{18}$ หรือ $C_{36}H_{50}O_{25}$ และทำให้เกิดเป็นสารสีน้ำตาลไหม้ เรียกปฏิกิริยานี้ว่า "Caramelization" ทำให้ขอลชนิดขันมีกลิ่นรสของคาราเมล และมีสีน้ำตาล (Mathur, 1975)

เกลือ เป็นวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารที่ให้รสเค็ม ซึ่งสารเคมีที่ให้รสเค็มมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่น โซเดียมซัลเฟต, โปแตสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น แต่ชนิดที่ให้รสเค็มเพียงรสเดียวมีเพียงชนิดเดียว คือ เกลือโซเดียมคลอไรด์ จึงนิยมใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารให้รสเค็มในซอสหรือที่รู้จักกันในชื่อ เกลือแกง จัดเป็นเกลือธรรมดา (granulated or common salt) ได้จากการระเหยน้ำเกลือที่อาจได้จากน้ำทะเลหรือเกลือสินเธาว์ ผลึกจะมีรูปเหลี่ยม แข็ง และละลายได้ปานกลาง (Merory, 1968)

แป้ง (starch) เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้เพื่อช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของซอสให้ข้นหนืด ซึ่งแป้งที่นิยมใช้ ได้แก่ แป้งข้าวโพด, แป้งมันสำปะหลัง และ โมดิไฟด์สตาร์ช นอกจากนี้ยังใช้กัม (gum) ชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่เป็นกัมจากธรรมชาติและกัมสังเคราะห์ (Whistler, Bemiller และ Paschall, 1984)

แป้งข้าวโพด (corn starch) จัดเป็นแป้งที่ใช้มากที่สุดในบรรดาแป้งทั้งหมด เมื่อนำไปให้ความร้อนความหนืดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และเกิดเป็นเจล (gel) ในที่สุด แป้งข้าวโพดมีช่วงอุณหภูมิเกิดเจล (gelatinization temperature) 75-80 °C (Van Beynum และ Roels, 1985)

แป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ให้ความข้นหนืดในซอส เนื่องจากให้ความหนืดดี ราคาถูกแต่เกิดเจลน้อยกว่า มีช่วงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล 65-70 °C (Van Beynum และ Roels, 1985)

แป้งดัดแปร (modified starch) เป็นแป้งที่ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดมากที่สุด มีหลายชนิดทั้งชนิดที่มีการดัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ และเคมี แป้งดัดแปรที่มีการใช้กันมากทำจากแป้งข้าวโพด และข้าวเหนียวนิยมใช้ในซอสชนิดข้น เนื่องจากให้ความหนืดดี คงตัว และการให้ความร้อนเป็นเวลานานไม่มีผลต่อความหนืด และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานานไม่เปลี่ยนแปลงความหนืด จึงเหมาะที่จะใช้กับซอสที่ข้นมาก ๆ เพราะไม่ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากเจล (syneresis) (Hullinger, 1967)

ซอสชนิดข้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่วนใหญ่จะเก็บไว้นานเพื่อรอการจำหน่าย ปัญหาที่มักจะพบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งเป็นสารให้ความข้นหนืด คือ การแยกชั้นของผลิตภัณฑ์อันเนื่องมาจากการคืนตัวของเม็ดแป้ง ทำให้น้ำแยกตัวจากผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าแป้งเกิดเจลได้ดีปัญหาเหล่านี้ก็จะหมดไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติในการเกิดเจลของแป้ง ได้แก่ ชนิดและปริมาณของแป้ง, อุณหภูมิ, การกวน, การเติมน้ำตาล, ส่วนผสมอื่น ๆ เช่น ไขมัน และ โปรตีน, ความเป็นกรด, น้ำและวิธีการผสมแป้งลงในอาหารและการเก็บ (Whistler และ คณะ, 1984)

ชนิดและปริมาณของแป้ง ปริมาณของแป้งที่ต้องใช้เพื่อให้แป้งแต่ละชนิดเกิดเจลที่มีเสถียรภาพดีแตกต่างไปตามชนิดและแหล่งของแป้ง โดยปกติเมื่อแป้งมีความข้นหนืดสูงสุดแล้วยังให้ความร้อนต่อไปอีก 5 นาที เจลที่ได้จะคงตัวเพิ่มขึ้น แต่แป้งบางชนิดถ้าต้มนานเกินไปอาจทำให้ความคงตัวของเจลต่ำลงได้ เช่น สตาร์ชมันสำปะหลัง และหัวสาคู เป็นต้น (Whistler และคณะ, 1984)

อุณหภูมิ แป้งสตาร์ชซึ่งใช้ในความเข้มข้นปกติส่วนมากจะต้องต้มจนถึงระดับอุณหภูมิอย่างน้อย 90 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เริ่มเกิดเจลมาก เมื่อใช้แป้งที่มีความเข้มข้นสูงจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า เช่น ใช้สารแขวนลอยแป้งเข้มข้น 5% จะเกิดเจลที่อยู่ตัวได้เมื่อต้มถึงอุณหภูมิ 95°C ถ้าเข้มข้น 10 % ใช้อุณหภูมิ 80°C ถ้าเข้มข้น 50% ใช้อุณหภูมิ 53-55°C แต่ถ้าแป้งเข้มข้นสูงมากถึง 50% แป้งจะไม่สุก เนื่องจากเม็ดแป้งจำนวนมากจะพองตัวได้น้อยเพราะแย่งกันดูดกลืนน้ำที่มีอยู่ สำหรับการใช้แป้งในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น หลังจากที่ส่วนผสมแป้งข้นแล้วจะต้องให้ความร้อนต่อไปนานพอที่แน่ใจได้ว่าแป้งสุกทั่วจึงจะได้แป้งที่มีรสชาติดี อุณหภูมิในระหว่างการให้ความร้อนแป้งจะต้องสูงพอและควรให้ความร้อนส่วนผสมอื่นจนถึง 85-90 °C ก่อนใส่แป้งลงไปเพื่อช่วยเร่งให้แป้งเกิดเจลได้เร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะข้นและเป็นเงาใสและเมื่อเย็นลงเจลจะมีเสถียรภาพดีกว่า แต่ในกรณีที่อุณหภูมิสูงมากเกินไปจะทำให้เม็ดแป้งแตกและความหนืดลดลงได้ (Whistler และ คณะ, 1984)

การกวน จะช่วยเร่งให้แป้งสุกเร็ว แต่ถ้ากวนแรงและนานเกินไปก็จะทำให้เม็ดแป้งแตกและความข้นก็จะลดลง (Whistler และ คณะ, 1984)

การเติมน้ำตาล ถ้าใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเจลที่ได้จะใสและไม่เสถียรเนื่องจากน้ำตาลไปขัดขวางการดูดกลืนน้ำของเม็ดแป้งโดยจะแย่งจับน้ำ จึงเป็นเหตุให้แป้งที่ได้มีความหนืดลดลง นอกจากนี้จะเกิดการแยกตัวของน้ำออกจากเจลเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เติม (Whistler และคณะ, 1984)

ส่วนผสมอื่น ๆ เช่น เกลือ ไขมัน และโปรตีน จะขัดขวางต่อการเกิดเจลของแป้งทำให้อุณหภูมิในการพองตัวสูงขึ้น และใช้ระยะเวลานานขึ้นด้วย (Whistler และ คณะ, 1984)

ความเป็นกรด เมื่อเติมกรดซิตริกในปริมาณต่าง ๆ กันลงในแป้งข้าวโพดหรือข้าวสาลีที่ผสมกับน้ำแล้วนำไปต้ม แป้งเปียกที่ได้จะข้นหนืดน้อยกว่า และเจลที่ได้จะไม่เสถียรเนื่องจากกรดไปลดขนาดของเม็ดแป้ง เม็ดแป้งที่เล็กกว่าสามารถจะสร้างโครงสร้างสำหรับจะเป็นเจลได้ไม่ดีเท่ากับเม็ดแป้งเดิมซึ่งใหญ่กว่า ยิ่งถ้ากรดมีความเข้มข้นสูงจะย่อยสลายเม็ดแป้งไปเป็นน้ำตาล (hydrolysis) มากยิ่งขึ้น (Whistler และ คณะ, 1984)

น้ำและวิธีการผสมแป้งลงในอาหาร น้ำที่ใช้ผสมแป้งน้อยเกินไปหรือเอาแป้งเทใส่ลงในของเหลวร้อน ๆ โดยตรง แป้งจะจับตัวเป็นก้อน ๆ เม็ดแป้งด้านนอกจะดูดซึมน้ำและพองตัวแต่เม็ดแป้งด้านในก้อนจะแห้งหรืออาจพองตัวน้อยมาก ถ้าตัดแป้งที่เป็นก้อนนั้นมาดูพบว่าแป้งข้างในยังดิบอยู่ทำให้ไม่ได้ความข้นหนืดที่ต้องการ จึงต้องแยกเม็ดแป้งออกจากกันโดยผสมกับส่วนผสมที่เป็นของเหลวก่อนใส่ลงในผลิตภัณฑ์ (Whistler และ คณะ, 1984)

การเก็บ เจลที่เก็บไว้นานจะมีเสถียรภาพลดลง การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า การคืนตัวของเม็ดแป้ง (retrogradation) เพราะว่าเม็ดแป้งจะกลับสู่สภาพที่ไม่ละลายในน้ำเย็นเหมือนเดิม มีลักษณะขุ่น และข้นหนืดน้อยลงกว่าเมื่อแรกทำใหม่ ๆ การคืนตัวนี้จะเกิดได้ง่ายระหว่างโมเลกุลอะไมโลสด้วยกันและจะเกิดน้อยกว่าในโมเลกุลอะไมโลเปคติน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเจลที่มีเสถียรภาพดีควรใช้แป้งที่มีสัดส่วนของอะไมโลเพคตินมากกว่าอะไมโลส

<u>โมโนโซเดียมกลูตาเมต</u> เป็นสารเสริมกลิ่นรสที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสชนิดข้น มีสูตรโครงสร้าง $NaOOCCH_2CH_2CH(NH)_2COOH$ เป็นผลึกผงสีขาว ละลายน้ำได้ดีมาก ผลิตจากแป้งเปียกข้าวสาลี (wheat gluten) และเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลบีท (beet sugar) และจากเคซีน (casein) โมโนโซเดียมกลูตาเมตไม่มีกลิ่น, มีรสเค็ม, ช่วยเพิ่มกลิ่นรสของซอสให้ดียิ่งขึ้น และกลบกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ (Heath และ Reineccius, 1986)

<u>ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต</u> เป็นสารเสริมกลิ่นรสชนิดหนึ่ง พบในธรรมชาติ โดยพบมากในปลา สัตว์ปีก และวัว มีสูตรเคมี $C_{10}H_{11}N_4Na_2O_8P.xH_2O$ เป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสเฉพาะตัว ปริมาณการละลายในน้ำขึ้นกับอุณหภูมิ การใช้ร่วมกับโมโนโซเดียมกลูตาเมตจะช่วยลดรสชาติเปรี้ยวแหลมให้รสชาติกลมกล่อมขึ้น ช่วยเสริมกลิ่นรสเนื้อ สามารถลดการใช้เกลือและน้ำตาลลงได้ 30 % โดยรสเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ร่วมกัน คือ ใช้ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต 6 ส่วน และ โมโนโซเดียมกลูตาเมต 94 ส่วน จะให้การเสริมรสเท่ากับ 4.3 เท่าเมื่อใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมตอย่างเดียว และประหยัดมากขึ้นด้วย ส่วนการใช้ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนตอย่างเดียวเสริมกลิ่นรสอาหารได้ต่ำกว่าโมโนโซเดียมกลูตาเมตมาก (Heath และ Reineccius, 1986)

<u>ไดโซเดียม-5′-กัวนิเลต</u> มีสูตรเคมี $C_{10}H_{12}N_5Na_2O_2P.xH_2O$ ละลายได้ในน้ำ แต่ปริมาณการละลายขึ้นกับอุณหภูมิ ไม่มีการเสริมกลิ่นรสระหว่าง ไดโซเดียม-5′-กัวนิเลต กับ ไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต แต่ให้ความหวานมากกว่าไดโซเดียม-5′-ไอโนซิเนต 3 เท่า (Heath และ Reineccius, 1986)

คาราเมล (caramel) เป็นสีธรรมชาติที่นิยมใช้ในซอสชนิดข้น เป็นของเหลวหรือของแข็งที่มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีกลิ่นน้ำตาลไหม้และมีรสขม ละลายได้ดีในน้ำแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อัลกอฮอล์ อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ตามกฎหมายอาหารระหว่างประเทศ คือ สีคาราเมลหมายเลข 1-4 (IFT, 1986)

การเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทซอส

ซอสจัดเป็นอาหารประเภทเน่าเสียเร็วปานกลาง เพราะมีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก และมีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.8) การเสื่อมเสียของซอสเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ สาเหตุทางกายภาพ เกิดการแยกชั้นของซอส เนื่องมาจากการคืนตัวของเม็ดแป้งที่ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดในซอส และสาเหตุทางจุลินทรีย์ มีสาเหตุจากยีสต์ และรามากกว่าแบคทีเรีย เนื่องจากซอสส่วนใหญ่มี pH ต่ำ และมี Aw ปานกลาง ยีสต์และราเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรียซึ่งเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH เป็นกลาง และมี Aw สูง และซอสมีส่วนผสมของน้ำตาลอยู่ด้วยทำให้ ยีสต์พวกซัคคาโรมัยซิส (*Saccharomyces*) เจริญได้ดี (Frazier และ Westhoff, 1979)

สารกันเสีย (preservative) ที่ใช้ในซอสชนิดข้น

ซอสเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ความร้อนไม่สูงในช่วงการฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเก็บไว้เป็นเวลานานเพื่อรอการจำหน่าย เปิดใช้แล้วมักจะบริโภคไม่หมดในคราวเดียว และไม่ได้เก็บในอุณหภูมิที่เย็นพอจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องใช้สารกันเสียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสารกันเสียที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์นี้ คือ กรดเบนโซอิกกับเกลือโซเดียมเบนโซเอต และ กรดซอร์บิกกับเกลือซอร์เบต กรดเบนโซอิกกับเกลือโซเดียมเบนโซเอตมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้สูงเมื่ออาหารมีสภาวะกรด คือ มี pH 2.5-4.0 และสามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 % หรือต่ำกว่านี้ โดยส่วนของกรดที่ไม่แตกตัวจะซึมเข้าผนังเซล และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับออกซิเดทีฟฟอสโฟริเลชัน (oxidative phosphorylation) และระบบเอนไซม์ในซิเตรทไซเคิล (citrate cycle) ส่วนกรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบตเมื่อได้รับความร้อนจะระเหิดได้การใช้จึงต้องระวัง ควรใช้กับอาหารที่ลดความร้อนลงแล้ว กรดนี้ให้กลิ่นได้บ้างเมื่อใช้ในปริมาณเข้มข้นถึง 3 % โดยน้ำหนักอาหาร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราแต่มีประสิทธิภาพต่ำในแบคทีเรีย มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่ออาหารมี pH 6.5 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสหอยนางรม (มอก.1317-2538)

ได้ในปริมาณไม่เกิน 1000 ppm ในผลิตภัณฑ์ขอสชนิดข้นนิยมใช้สารกันเสียในรูปเกลือมากกว่า เนื่องจากละลายน้ำได้ดีกว่า (Dziezak, 1986)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย