บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลูกชิ้น

ลูกชิ้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์ เครื่องเทศ เครื่องปรุงรส และวัตถุเจือปนอื่น นำมาบดผสมกันอย่างละเอียดจนรวมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ ลวกหรือต้มให้สุก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1009, 2533) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อชนิดบดละเอียดเป็นอิมัลชันชนิดหนึ่ง ได้จากการสับผสม จนไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างเดิมของเนื้อได้ โครงสร้างของเนื้อจะถูกทำลายถึงระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดลักษณะเป็นมวลเหนียวหรืออิมัลชัน ขณะสับผสมจะต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกิน 15 องศาเซลเซียสเพื่อรักษา ความคงทนของอิมัลชันไว้ ในการแปลงรูปร่างของลูกชิ้นอาจใช้วิธีปั้นด้วยมือหรือใช้เครื่องปั้นลูกชิ้นใส่ลงไปในหม้อต้ม ซึ่งมีน้ำอุ่นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วตักใส่ลงในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นตักใส่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วทิ้งให้เย็น ลูกชิ้นเป็นอาหารยอดนิยมของคนไทย นิยมบริโภคเป็นอาหารหลัก และเป็นอาหารรองท้องก่อนรอเวลาอาหารมื้อใหญ่ ลูกชิ้นที่ขายในตลาดได้แก่ ลูกชิ้นเนื้อหมู ลูกชิ้นเนื้อวัว ลูกชิ้นเนื้อไก่ ลูกชิ้นเนื้อปลาแบบต่างๆ และลูกชิ้นเนื้อกุ้ง ซึ่งกระบวนการผลิตลูกชิ้นแต่ละประเภทจะมีขั้นตอน และกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีรายละเอียดบางอย่างแตกต่างกันบ้าง ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

2.2 อิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง การผสมและอยู่รวมกันของของเหลว 2 ชนิด (ที่ปกติไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน) ให้อยู่รวมกัน โดยของเหลวชนิดหนึ่ง กระจายอยู่โดยทั่วไปในส่วนผสม และอยู่ในรูปของหยดเล็กละเอียด (droplets) ของเหลวชนิดนี้ เรียกว่า dispersed phase ส่วนของเหลวอีกส่วนหนึ่งที่ dispered phase กระจายอยู่เรียกว่า continuous phase

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อิมัลชันจะคงตัวอยู่ได้ไม่นานถ้าขาด emulsifying หรือ stabilizing agent เนื่องจากเมื่อหยดไขมันสัมผัสกับระบบน้ำจะมีแรงตึงผิวสูงมาก (interfacial tension) จึงต้องการ emulsifying agent มาลดแรงนี้ลง สำหรับระบบอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อนั้น โปรตีนไมโอซินที่ถูกสกัดออกมานั้น จะไปทำหน้าที่เป็น emulsifying agent ซึ่งเป็นรูปแบบของอิมัลชันที่คงทนได้นาน ส่วนโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้น ไม่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้ จึงลอยตัวอยู่ได้โดยอิสระและไม่มีผลใด ๆ ต่อความเป็นอิมัลชัน เมื่อโปรตีนถูกสกัดและละลายออกมามากพอแล้ว ก็จะทำให้อิมัลชันมีความคงทนมากขึ้น ซึ่งปริมาณไมโอซินและแอกตินในเนื้อจะมีสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 ดังนั้นการผสมเกลือเข้าไปในส่วนผสมในขั้นตอนแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะบดหยาบ จึงเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมทำในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่ดี (สัญชัย, 2543)

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชันเป็นสมบัติที่สำคัญ เพราะถ้าความคงตัวของอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ดี จะมีผลทำให้คุณสมบัติด้านอื่นของผลิตภัณฑ์ดีด้วย เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื้อสัมผัส สี และการยอมรับโดยรวม เป็นต้น (สัญชัย, 2543) ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน แบ่งได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก คือ

2.2.1.1 องค์ประกอบในลูกชิ้น

- **เนื้อสัตว์** เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญมาก เป็นกล้ามเนื้อที่ห่อหุ้มโครงกระดูกของสัตว์ ประกอบไปด้วยกลุ่มของกล้ามเนื้อโครงร่างหลายกลุ่มรวมกัน โดยมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งกระจายอยู่ทุกส่วนของกล้ามเนื้อสัตว์ ทำหน้าที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อ (muscle fiber bundle) และเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) มีโปรตีนที่สกัดโดยใช้น้ำเกลือเจือจาง คือโปรตีนซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic protein) ซึ่งจะเป็นตัวประสาน (emulsifier) กับไขมัน แต่อิมัลชันมักไม่คงทนเท่ากับโปรตีนไมโอโฟบริลา (myofibrilla protein หรือ contractile protein) ที่ละลายได้ดีในเกลือเข้มข้น ซึ่งอิมัลชันที่ได้จะคงอยู่เมื่อโปรตีนเนื้อถูกความร้อน ทำให้คงรูปร่างอยู่เป็นเจลได้นาน โปรตีนกลุ่มนี้คือ แอกทิน (actin) ไมโอซิน (myosin) โทรโพนิน (troponin) และโทรโพไมโอซิน (tropomyosin)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **ไขมัน** เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญที่อยู่ในของกล้ามเนื้อ หน้าที่ของไขมันในร่างกายมีหลายประการ ได้แก่ เป็นแหล่งสะสมของพลังงาน ประเภทไขมันที่สำคัญ เช่น กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื้อเยื่อไขมันยังเป็นแหล่งของ สารอาหารที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินที่ละลายในไขมัน เป็นต้น มักพบเนื้อเยื่อไขมันในลักษณะ ที่เป็นไขมันใต้ผิวหนัง ไขมันแทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ และไขมันในมัดกล้ามเนื้อซึ่งอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

- ไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) หรือในบางครั้งอาจพบอยู่เหนือชั้นของอิพิไมเซียมที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อ ไขมันในชั้นใต้ผิวหนังทำหน้าที่ช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายสัตว์ ได้แก่ ส่วนมันแข็งของสุกร (back fat หรือ subcutaneous fat)

- ไขมันแทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ (intermuscular fat or seam fat) หรือไขมันที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อเป็นชั้นไขมันที่อยู่ในชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพอริไมเซียม สามารถมองเห็นไขมันชั้นนี้ได้ชัดและสามารถแยกออกได้ง่าย เช่น ไขมันในช่องท้องและไขมันรอบๆ อวัยวะภายใน เป็นต้น

- ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) พบอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมเซียมซึ่งห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มองเห็นชั้นของไขมันนี้แทรกกระจายอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ จึงอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไขมันแทรก (marbling fat) เมื่อมองหน้าตัดของกล้ามเนื้อจะพบไขมันแทรกเป็นจุดขนาดเท่าไส้ดินสอขนาดเล็กกระจายตัวทั่วหน้าตัดของเนื้อ ปัจจุบันผู้บริโภคมักนิยมบริโภคไขมันแทรกปริมาณปานกลางจนถึงต่ำ

ในระบบอิมัลชันไขมันมีหน้าที่ที่สำคัญต่อระบบอิมัลชัน เป็นโครงสร้างของระบบอิมัลชันในลูกชิ้น ทำให้เกิดความเหนียวในลูกชิ้น โดยจะเลือกใช้ไขมันที่ได้จากสันหลังของหมู เพราะจะเป็นไขมันที่มีคุณภาพ มีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่ามันเปลว ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากกว่า ในผลิตภัณฑ์ มีผลทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความนุ่มเนื้อ ความชุ่มน้ำ ความยืดหยุ่น และให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในสูตรของลูกชิ้น อาจเป็นสาเหตุให้มีผลกระทบต่อความคงตัวของอิมัลชันได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **เกลือ** เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ เป็นสารประกอบที่อยู่ในรูปของผลึก ซึ่งร่างกายจำเป็นต้องได้รับ เนื่องจากร่างกายเราไม่สามารถสร้างเองได้ นอกจากนี้ในชีวิตประจำวันเรายังนำเกลือมาใช้ปรุงแต่งรสอาหารให้ได้รสเค็ม และใช้ถนอมอาหาร โดยการทำหน้าที่ลดค่า วอเตอร์แอคทิวิตีหรือ a_w (water activity) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในภาวะดังกล่าว จึงช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ ทำให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นานขึ้น ในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ ยังใช้เกลือในการสกัดโปรตีนไมโอซินจากเนื้อสัตว์ เพื่อทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ ช่วยปรับปรุงการอุ้มน้ำโดยเฉพาะในระบบอิมัลชัน ซึ่งโปรตีนไมโอซิน และแอกทินในเนื้อมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 (สุภเวทและพัชรีย์, 2550) ในระหว่างกระบวนการหมักของเกลือ สามารถแบ่งขั้นตอนการซึมผ่านของเกลือได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกน้ำจะถูกสกัดออกจากเนื้อเยื่อ ซึ่งจะทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลง ระยะที่ 2 เกลือจะไปทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพจากธรรมชาติ และเกิดการจับเป็นก้อน และในระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะที่ทั้งระบบอยู่ในภาวะคงที่ บางส่วนของเกลือจะไปจับกับเนื้อเยื่อ และน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Borgstrom, 1971)

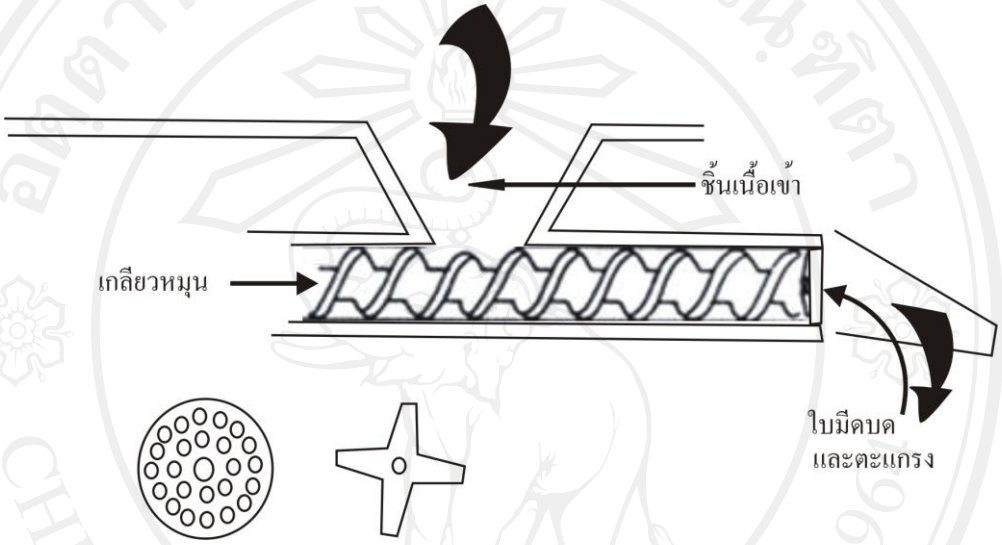
- **ฟอสเฟต** เป็นสารที่ช่วยให้อิมัลชันคงทนได้นาน ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียส่วนของของเหลวในเนื้อเยื่อมากเกินไป ที่ใช้ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายชนิดได้ได้แก่ STPP (sodium tripolyphosphate), TSPP (tetrasodium pyrophosphate) และ TKPP (tetrapotassium pyrophosphate) ซึ่งในผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ นิยมใช้ STPP กันมาก เนื่องจาก STPP เป็น alkaline phosphate salt เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์จะทำให้ pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยทำปฏิกิริยากับแอกโทไมโอซิน ทำให้ แตกตัวเป็นแอกทินและไมโอซิน ช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อ ตามพระราชบัญญัติอาหารกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 0.3 โดยคำนวณในรูปของ P_2O_5

2.2.1.2 กระบวนการผลิตลูกชิ้นหมูกับระบบอิมัลชัน

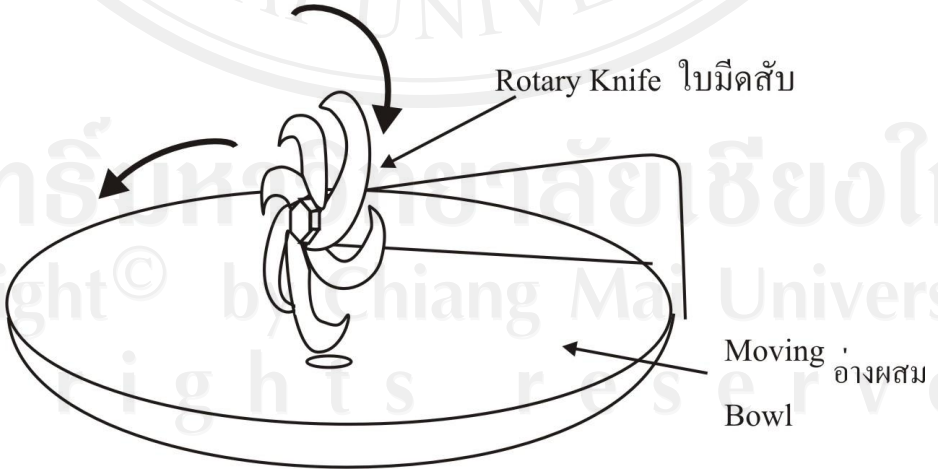
กระบวนการผลิตลูกชิ้นทำให้เกิดความร้อน การเปลี่ยนแปลงของอิมัลชันในการผลิตภัณฑ์ขึ้นได้หลายขั้นตอน เช่นการลดขนาด เป็นการทำให้ชิ้นส่วนย่อยของเนื้อมีขนาดเล็กลงเพื่อจะสามารถรวมตัวกันเป็นรูปแบบอื่นตามต้องการได้ การลดขนาดสามารถลดลงเพียงแค่ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หยาบหรือจนละเอียด ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์บางชนิดต้องลดขนาด ลงเพียงระดับหยาบแต่บางชนิดต้องลดขนาดจนละเอียดเพื่อให้สร้างอิมัลชันได้ เครื่องมือที่ใช้ในการลดขนาดของชิ้นส่วน ย่อย ได้แก่ เครื่องบด (grinder) และเครื่องสับละเอียด (chopper) (ดังภาพที่ 2.1 และ 2.2) การลดขนาดชิ้นส่วนเนื้อมีข้อดีคือ ช่วยทำให้ส่วนประกอบต่างๆกระจายไปได้อย่างทั่วถึงและมีความสม่ำเสมอและ ยังทำให้เนื้อสัมผัสของลูกชิ้นมีความนุ่มมากขึ้นทั้งนี้เพราะถูกลดขนาดโครงสร้างกล้ามเนื้อลง



ภาพที่ 2.1 เครื่องบดเนื้อ
ที่มา: ชัยณรงค์ (2529)

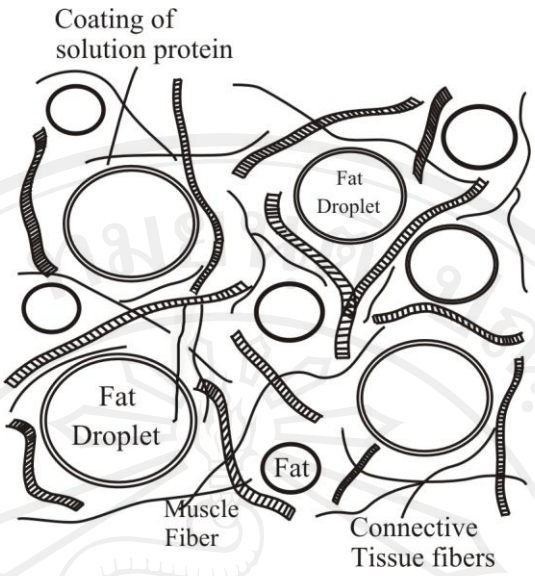


ภาพที่ 2.2 เครื่องสับละเอียด
ที่มา: ชัยณรงค์ (2529)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งคือ การสับละเอียดหรือการสร้างอิมัลชัน การสับเนื้อให้ละเอียดเพื่อให้โครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้ไมโอซินถูกสกัดละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อเพื่อช่วยให้เกิดการรวมตัวของส่วนผสม เป็นสารที่ช่วยในการรวมตัว หรือสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) โปรตีนไมโอซินที่ถูกสกัด จะละลายออกมาในผลิตภัณฑ์เนื้อจากการสับละเอียด ทำให้ได้เป็นส่วนผสมที่มีลักษณะเหนียว ในขณะที่ส่วนของไขมันจะถูกสับให้เป็นหยดเล็กละเอียดที่หุ้มด้วยโปรตีนที่สามารถละลายได้ในน้ำเกลือ (salt soluble protein) กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นสภาพการเป็นอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อ (ดังภาพที่ 2.3) การสับละเอียดเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้พลังงานมากและเกิดการเสียดสีกันระหว่างส่วนผสม และเครื่องมือทำให้อิมัลชันเกิดการแตกตัวง่ายขึ้น ในช่วงการสับผสมและการสร้างอิมัลชันมีการเสียดสีระหว่างใบมีดกับเนื้อผสมในอัตราความเร็วสูงอยู่ตลอดเวลา อุณหภูมิจึงร้อนขึ้นกว่าเดิม ช่วยทำให้โปรตีนของเนื้อถูกปลดปล่อยออกมานอกเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ความร้อนยังช่วยเร่งปฏิกิริยาการสร้างสี และช่วยให้ลักษณะของเนื้อผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่มีข้อระวังคือ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้โปรตีนเกิดการแปรสภาพ (denature) หดตัว และหมดความสามารถในการเชื่อมติดกันระหว่างระบบไขมันกับน้ำ ประกอบกับอุณหภูมิสูงทำให้ไขมันหยดเล็กละเอียดจำนวนมากละลายไหลเข้ามารวมกันเป็นหยดไขมันขนาดใหญ่แยกตัวออกจากระบบเดิมของอิมัลชัน (ชัยณรงค์, 2529) ถ้าระยะเวลาในการสับนานเกินไป ทำให้เม็ดไขมันถูกแบ่งออกเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ที่ผิวหน้าของไขมันเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งผิวของไขมันมีความมันใสมาก สารละลายโปรตีนจะไม่สามารถหุ้มไว้ได้หมด เม็ดไขมันส่วนที่ไม่ถูกหุ้มจึงไหลออกมา ทำให้อิมัลชันไม่เกาะตัวกัน เมื่อลูกชิ้นสุกจะเห็นไขมันเกาะเป็นจุด ๆ ไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเกิดอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อ
ที่มา: วัฒนี (2542)

2.3 การลดปริมาณไขมัน

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่จะกล่าวอ้างว่าลดปริมาณไขมัน ต้องลดไขมันลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยลดลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และปริมาณไขมันทั้งหมดที่ลดลงจะต้องไม่น้อยกว่า 3 กรัม ต่อ 1 หน่วยบริโภค

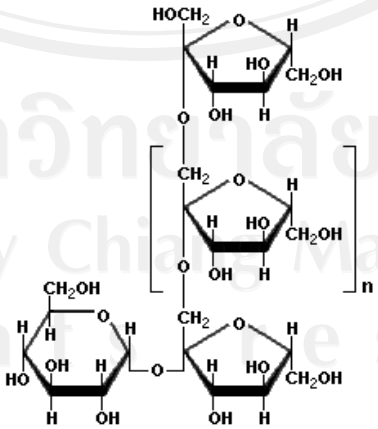
2.3.1 อินูลิน

อินูลิน เป็นสารประเภทฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ มีลักษณะโมเลกุลของคล้ายๆ กับเซลลูโลส ดังภาพที่ 2.4 เป็นสารผสมอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีรสชาติที่หวาน คล้ายน้ำตาล เป็นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารจึงไม่ให้พลังงาน ถูกย่อยได้ง่ายโดยแบคทีเรีย และกลายเป็นอาหารที่ดีต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ของคนเรา (Niness, 1999) ดังนั้นอินูลินจึงจัดเป็นพรีไบโอติก (prebiotics) หรือส่วนของอาหารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร ซึ่งมีผลทำให้กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียบางชนิดในลำไส้ใหญ่ แบคทีเรียบางชนิดที่ว่าก็จะหมายถึง probiotic นั่นเอง โดยทั่วไปจะเป็นกลุ่ม Bifidobacteria และ Lactobacilli นอกจากนั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พลังงานที่ได้จาก อินูลินมีเพียง 1 กิโลแคลอรี/กรัมเท่านั้น ขณะที่ไขมันทั่วไปให้พลังงานถึง 9 กิโลแคลอรี/กรัม สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมัน คือสารอาหารหรือสารทดแทนไขมันที่มีคุณสมบัติบางประการคล้ายไขมัน อาจนำมาใช้ทดแทนไขมันบางส่วนในการผลิตอาหารสำเร็จรูป เช่นไส้กรอก โยเกิร์ต ไอศกรีม ขนมเค้ก เป็นต้น เนื่องจากโครงสร้างของอินูลินจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลฟรุกโตสต่อกันยาว 3-60 โมเลกุลและกลูโคสอยู่ตรงปลาย ส่วนใหญ่แล้วอินูลินจะมีสายพอลิเมอร์ที่มีน้ำตาลอยู่มากกว่า 10 โมเลกุล สามารถละลายน้ำได้มีลักษณะคล้ายเจล ทำหน้าที่ในการลดปริมาณไขมันในอาหาร โดยนำอินูลินไปใส่ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นประเภทนม เช่นโยเกิร์ต ไอศกรีม หรือในผลิตภัณฑ์ประเภทเบเกอรี เช่น ขนมเค้ก นอกจากนี้ยังมีการใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้กับอาหารทอดได้ (Roberfroid, 2005)

มีงานศึกษาวิจัย พบว่าการใช้อินูลินประมาณร้อยละ 10 (w/w) สามารถทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแบบแห้งลดไขมันที่มีไขมันร้อยละ 40 – 50 จากปริมาณไขมันทั้งหมด และช่วยลดปริมาณแคลอรีทั้งหมดร้อยละ 30 จากไส้กรอกหมักแบบแห้งทั่วไป และเมื่อวัดคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มและความนุ่มเนื้อ (softer texture and a tenderness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และความเหนียว (adhesiveness) พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับไส้กรอกหมักแบบแห้งลดไขมันที่ไม่ได้แทนที่ไขมันด้วยอินูลิน แต่อย่างไรก็ตามการแทนที่ไขมันด้วยอินูลินในไส้กรอกหมักแบบแห้งลดไขมันจะมีเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มมากกว่าไส้กรอกทั่วไป (Mendoza *et al*., 2001)



ภาพที่ 2.4 สูตรโมเลกุลของอินูลิน

ที่มา: Zamora (2011)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การลดปริมาณโซเดียม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 ระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่จะกล่าวอ้างว่าลดปริมาณโซเดียม ต้องลดโซเดียมลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นที่เป็นอาหารชนิดเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยลดลงตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และปริมาณโซเดียมที่ลดลงจะต้องไม่น้อยกว่า 120 มิลลิกรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

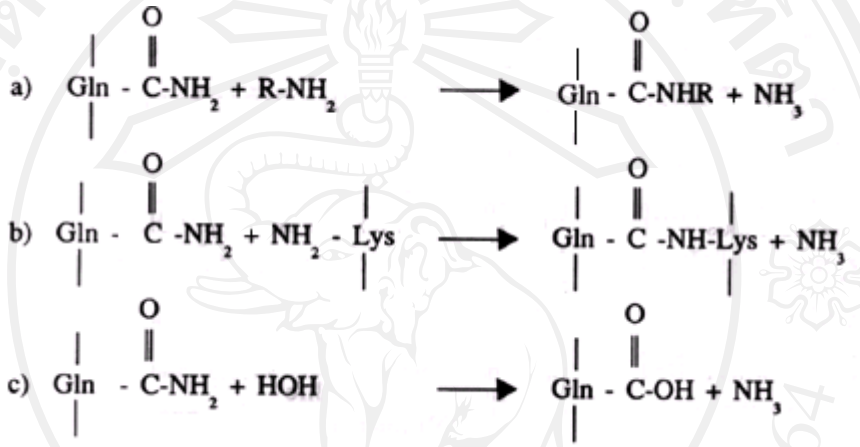
จากการทดลองของ Munasinghe and Sakai (2004) พบว่าการใช้ NaCl, KCl และเกลือลิเทียมคลอไรด์ ($LiCl_2$) สามารถสกัดโปรตีนได้สูงสุดที่ pH 7.0 ที่ความเข้มข้น 1.2, 1.1 และ 1.1 M โดยสกัดได้โปรตีน 139.06 124.78 และ116.27 mg/g tissue ตามลำดับ และพบว่า KCl สามารถสกัดโปรตีนได้ใกล้เคียงกับการใช้ NaCl อีกทั้งเกลือทั้งสองชนิดยังมีคุณลักษณะทางด้านเคมีใกล้เคียงกันคือ ไม่มีสี ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขุ่น และมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงพบว่ามีผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ที่ลดโซเดียมมากมายที่เลือกใช้ KCl มาแทนที่ NaCl บางส่วน เช่น จากงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม พบว่าสามารถทดแทนการใช้ NaCl ด้วย KCl ได้ที่ระดับร้อยละ 25 โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความเข้มในด้านรสเค็ม และรสขมไม่ต่างจากไส้กรอกที่ใช้ NaCl ร้อยละ100 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม หากมีการใช้ไกลซีน (glycine) ร่วมด้วยในสูตร พบว่าสามารถใช้ KCl ได้ถึงร้อยละ 35.0 – 55.9 โดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานที่ใช้เกลือ NaCl ($P \geq 0.05$) (ชาติชาย, 2553) นอกจากนี้ Ruusunen and Puolanne (2005) ได้มีการศึกษาในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสุก พบว่าการทดแทน NaCl (ร้อยละ 2.8 ในสูตร) ด้วย KCl สามารถทดแทนได้ร้อยละ 35 และในผลิตภัณฑ์แฮม พบว่าการใช้ KCl สามารถทดแทน NaCl (ร้อยละ 2 ในสูตร) ได้ร้อยละ 50 โดยยังคงได้รับการยอมรับในการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส

2.5 ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase, TGase)

TGase เป็นเอนไซม์ที่พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อและของเหลวในร่างกายของสัตว์ชั้นสูง โดยทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับระบบต่างๆในร่างกาย เช่น การแข็งตัวของเลือด กระบวนการสร้างเซลล์ผิวหนังและเยื่อหุ้มเซล การเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนเซลล์ นอกจากนี้ยังพบ TGase ในพืชบางชนิด ในปลาและจุลินทรีย์ เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย้ายหมู่เอซิล (acyl transfer) ระหว่างหมู่แกมมาคาร์บอกซีเอไมด์ (γ-carboxyamide group) ของอนุมูลกรด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อะมิโนกลูตามีน (glutamine residus) ในสายเปปไทด์หรือโปรตีน และสารประกอบเอมีนในหมู่แอบซิลอนอะมิโน (ε-amino group) ในสายแปปไทด์ TGase จะเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมพันธะใหม่ที่เรียกว่า พันธะ ε-(γ-glutamyl) lysine หรือที่เรียกสั้นๆว่าพันธะ G-L สำหรับในสภาวะที่ไม่มีสารประกอบเอมีน TGase จะเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ของหมู่แกมมาคาร์บอกซีเอไมด์ของอนุมูลของกรดกลูตามิค (glutamic residue) และแอมโมเนีย ซึ่งเรียกปฏิกิริยาชนิดนี้ว่า ดีแอมมิแดชั่น (deamidation) การเร่งปฏิกิริยาทั้ง 3 ชนิดของ TGase สรุปได้ดังภาพที่ 2.5 (Zhu *et al*., 1995)



ภาพที่ 2.5 การเร่งปฏิกิริยาโดยทรานส์กลูตามิเนส

a) acyl – transfer reaction

b) crosslinking reaction

c) deamidation

ที่มา: Zhu *et al*. (1995)

จากสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวข้างต้น ทำให้เห็นว่าการนำ TGase มาประยุกต์ใช้กับกระบวนการแปรรูปอาหารประเภทโปรตีน เพื่อปรับปรุงสมบัติทางหน้าที่ (functional property) ของโปรตีน จะส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนทั้งในด้านของเนื้อสัมผัส กลิ่นรสและลักษณะปรากฏดีขึ้น มีการประยุกต์ใช้ TGase ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่นในผลิตภัณฑ์แฮมเบอร์เกอร์ ลูกชิ้น และเกี๊ยว เป็นต้น TGase ช่วยปรับปรุงความยืดหยุ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรส (Zhu *et al*., 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.1 ผลของการเชื่อมพันธะ G-L ต่อสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีน

การเชื่อมพันธะ G-L ทั้งภายในและระหว่างสายโพลิเปปไทด์ โดย TGase จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีประโยชน์อย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ (Kuraishi *et al*., 1996)

- **ความสามารถในการเกิดเจล**

โปรตีนที่ไม่สามารถเกิดเจลตามธรรมชาติ เมื่อผ่านการทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนส จะมีความสามารถในการเกิดเจลได้ ตัวอย่าง เช่น สารละลายเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนจากนม จะเกิดเจลได้หลังจากการเชื่อมพันธะ G-L นอกจากนี้ถ้าเป็นโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้ โดยการให้ความร้อน เช่น โปรตีนถั่วเหลือง และไมโอซิน ซึ่งเป็นโปรตีนจากเนื้อสัตว์เป็นต้น การเชื่อมพันธะ G-L โดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนส จะมีผลทำให้โปรตีนดังกล่าวเกิดเจลได้ โดยไม่ต้องใช้ความร้อน ความแข็งแรงของเจลโปรตีนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณพันธะ G-L ในโปรตีนมากเกินไป ก็มีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงได้เช่นเดียวกัน

- **ความหนืด**

โปรตีนที่ผ่านการเชื่อมพันธะ G-L โดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น มีผลทำให้สารละลายของโปรตีนดังกล่าวมีความหนืดสูงขึ้น ความหนืดของสารละลายโปรตีนจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณของพันธะ G-L ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยควบคุมสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ระยะเวลาของปฏิกิริยา อุณหภูมิ และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้ เป็นต้น

- **ความเสถียรต่อความร้อน**

เนื่องจากพันธะ G-L ในโปรตีนที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานซ์ กลูตามิเนส เป็นพันธะโคเวเลนต์ เจลของโปรตีนดังกล่าว จึงมีความเสถียรต่อความร้อนสูง โดยปกติเจลของเจลาติน (gelatin) จะเป็นเจลประเภทผันกลับได้โดยความร้อน (thermo reversible) เนื่องจากพันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจล ดังกล่าวเป็นเพียงพันธะไฮโดรโฟบิค (hydrophobic interaction) แต่การเชื่อมพันธะ G-L ในเจลาติน จะทำให้ได้เจลที่ทนต่อความร้อนสูงได้ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดการหลอมเหลวกลับคืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **ความสามารถในการอุ้มน้ำ**

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลจากโปรตีนเป็นสมบัติที่ต้องการในการผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เจลของโปรตีนที่ผ่านการเชื่อมพันธะ G-Lโดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี สามารถใช้ลดปัญหาการแยกตัวของน้ำ (syneresis) ในการผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภทได้เป็นอย่างดี ตัวอย่าง เช่น โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมที่ผ่านการทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้นและสามารถป้องกันการแยกตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้ เป็นต้น

จากการที่ทรานซ์กลูตามิเนสเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมพันธะ G-L ในโมเลกุลของโปรตีน มีผลทำให้โปรตีนที่ไม่เกิดเจลโดยการให้ความร้อนสามารถเกิดเจลได้ และเจลที่ได้มีความแข็งแรง เสถียรต่อความร้อน นอกจากนี้โปรตีนในสภาพของอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) ก็สามารถเกิดเจลได้ดีแม้ว่าจะมีน้ำตาลและ/หรือเกลือในส่วนผสม โดยที่เจลดังกล่าวจะไม่ถูกทำลายโดยสารที่สมบัติทำให้โปรตีนสูญเสียสภาพธรรมชาติ ด้วยสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวทำให้ทรานซ์กลูตามิเนสมีศักยภาพสูงในการนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการแปรรูปอาหารประเภทต่าง ๆ ดังนี้

2.5.2 คุณสมบัติทางเคมี

ทรานส์กลูทามิเนส (Transglutaminase, TGase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกลุ่มทรานส์เฟอเรส ซึ่งมีลักษณะปฏิกิริยาเป็นการสร้างพอลิเมอร์ของสารตัวรับกลุ่มสาร (acyl acceptor) จากกลูทามีน (acyl donor) (ปราณี, 2547) จากการศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของ TGase ที่พบจากแหล่งต่าง ๆ ของเปรมวดีและคณะ, 2548 พบว่า พบว่า TGase ทำงานได้ดีในช่วง pH ประมาณ 5-8 อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และสูญเสีย แอคติวิตี้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง

2.5.3 การประยุกต์ใช้ TGase ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เนื่องจากทรานซ์กลูตามิเนส มีคุณสมบัติในการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีน จึงสามารถใช้เอนไซม์ดังกล่าวในการเชื่อมเศษเนื้อชิ้นเล็ก ๆ ที่เป็นผลพลอยได้จากการตัดแต่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื้อสัตว์หรือเศษเนื้อที่ได้จากเนื้อติดกระดูกเพื่อการผลิตเนื้อขึ้นรูป (restructured meat) ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเนื้อสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบราคาถูก

วิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการผลิตเนื้อขึ้นรูปดังกล่าวได้แก่ การใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับการให้ความร้อน หรือการแช่แข็งในการทำให้เกิดการเชื่อมกันระหว่างชิ้นเนื้อเล็ก ๆ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น (Huffman *et al*., 1981; Coon *et al*., 1983) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะจำหน่ายในรูปของเนื้อปรุงสุกหรือเนื้อแช่แข็ง อย่างไรก็ตามผู้ผลิตและผู้บริโภคในปัจจุบันได้เล็งเห็นปัญหาสุขภาพมากขึ้น โดยให้ความสนใจในการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ำ ดังนั้นการผลิตเนื้อขึ้นรูปโดยใช้ทรานซ์กลูตามิเนสจึงมีข้อได้เปรียบ กล่าวคือเอนไซม์ดังกล่าวสามารถเชื่อมชิ้นเนื้อเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยเกลือโซเดียมคลอไรด์ และไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนหรือการแช่แข็ง (Kuraishi *et al*., 1997) อย่างไรก็ตามเอนไซม์ดังกล่าวก็สามารถทำงานได้ดีในสภาวะที่มีเกลือด้วยเช่นเดียวกัน (Motoki and Seguro, 1998) ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถจำหน่ายในรูปของเนื้อสัตว์แช่เย็นเช่นเดียวกับเนื้อสดทั่วไป นอกจากนี้ได้มีรายงานการใช้เอนไซม์ทรานซ์กลูตามิเนสจากเลือดหมูในการผลิตลูกชิ้นไก่ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่ำโดยได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสดี (Tseng *et al*., 2000)

2.6 เครื่องเทศที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมู

เครื่องเทศที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นมีหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิด ก็ใช้เพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกัน ซึ่งเครื่องเทศที่นิยมใช้ได้แก่

2.6.1 กระเทียม

กระเทียม เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภท เนื้อ ปลา และสลัดต่างๆ โดยใช้ทั้งในรูปกระเทียมสดและกระเทียมแห้งป่น เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Amarillidaceae* มีความหลากหลายด้านชนิด (species) และสายต้น (clone) มากมาย และแตกต่างกันในแต่ละประเทศ แต่อาจจำแนกกว้างๆได้เป็น 3 กลุ่มตามลักษณะของการเพาะปลูก (Siemonsma and Piluek, 1994) ได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กระเทียมป่า (*Allium longicuspis Regel*) เป็นต้นตระกูลของกระเทียมในปัจจุบันไม่มีการนำมาปลูกเชิงการค้า ยกเว้นกรณีของการนำมาปลูกสำหรับการผสมพันธุ์เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลุ่มที่ 2 กระเทียมที่เพาะปลูกกันทั่วไป ได้แก่ *Allium ampeloprasum* (กระเทียมโทนหัวใหญ่) (เต็ม, 2523) และกระเทียม (*Allium sativum* L.var.sativum และ *var. typicam Regel* หรือ *Allium pekinense Prokhanov*)

กลุ่มที่ 3 กระเทียมผสม – *Allium sativum var ophioscorodon* (link) Doll และ *Allium sativum var controversum* (Schrader) Moore

การศึกษาในปัจจุบัน พบว่า ในเชิงของการเป็นยา กระเทียมมีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ลด triglyceride และ cholesterol ในเลือด (วิทย์ ,2536 ; วีรสิงห์ , 2546 ; อ้อมบุญ , 2546) ซึ่งส่งผลโดยอ้อมในการลดความดันโลหิตได้ด้วย ยังมีรายงานว่า น้ำสกัดจากกระเทียมมีฤทธิ์ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางยาของกระเทียม พบว่า น้ำคั้นจากหัวกระเทียมถึงแม้ว่าจะเจือจางลงถึง 1:80,000 – 120,000 ยังคงฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคที่เป็นต้นเหตุของโรคท้องร่วงและโรคไทฟอยด์ได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็น anti – bacteria ได้ดีเป็น 20 เท่าของ Penicillin (วิทย์, 2536; สำนักงานคณะกรรมการสาธารณะสุขมูลฐาน,2542)

นอกเหนือจากใช้ประโยชน์ในรูปของยาแล้ว อีกรูปแบบหนึ่งของการใช้ประโยชน์ที่ทำให้กระเทียมมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก คือ การใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงแต่งกลิ่นและรสชาติอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภท เนื้อ ปลา และสลัดต่างๆ โดยใช้ทั้งในรูปกระเทียมสดและกระเทียมแห้งป่น ในประเทศไทยกระเทียมเป็นองค์ประกอบสำคัญในเครื่องแกงและในอาหารเกือบทุกประเภท รวมทั้งเป็นเครื่องเคียงทั้งในรูปกระเทียมสด และกระเทียมดอง ซึ่งกระเทียมดองมีการผลิตจำหน่ายรูปแบบอุตสาหกรรมด้วย

องค์ประกอบที่สำคัญในกระเทียม คือสารกลุ่ม allicin เช่น methyl allicin , methyl allyl allicin, methyl propyl allicin, allicin, allyl propyl allicin, propyl allicin เป็นต้น ซึ่งสารองค์ประกอบเหล่านี้จะมีปริมาณและสัดส่วนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด (species) ทำให้มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไปด้วย ในกลีบกระเทียมที่ไม่ถูกบีบให้ช้ำหรือทุบให้เซลล์แตกจะมีองค์ประกอบสำคัญเป็นสาร alliin ซึ่งเป็น soluble amino acid ชนิดหนึ่ง เป็นสารพวก unsaturated compound จะถูกย่อยได้ง่ายด้วยเอนไซม์ประเภท aminase สารใหม่ที่ได้จะรวมตัวกันได้เป็นสารประกอบใหม่ คือ allicin โดยปกติสาร alliin และเอมไซม์ aminase จะอยู่แยกจากกันโดยมีผนังเซลล์กั้นอยู่ จึงให้กลีบกระเทียมสดไม่มีกลิ่นกระเทียมรุนแรงมาก ต่อเมื่อเรานำกลีบกระเทียมมาบีบหรือทุบให้ผนังเซลล์ฉีกขาด aminase จึงเข้าย่อย alliin เกิดเป็น allicin จะเป็นตัวให้กลิ่นและรสชาติกระเทียม องค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญในกระเทียม ดังตารางที่ 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบโภชนาการสำคัญในกลีบกระเทียมหนัก 100 กรัม

ชนิด	ปริมาณ
Energy (cal)	84
Moisture content (%)	77
Carbohydrate (%)	28
Protein (%)	2.4
Lipid (%)	0.1
Galactolipid (%)	0.1
Fiber (%)	0.7
Ash content (%)	0.5
Mineral matter :	
Calcium (mg)	18
Natrium (mg)	0
Phosphorus (mg)	67
Iron (mg)	1.7
Vitamin :	
Vit. A effective value (I.U.)	16
Carotene (I.U.)	50
Vit. B1 (mg)	0.22
Vit. B2 (mg)	0.08
Vit. C (mg)	20
Vit. D (mg)	0
Nicotinic acid (gm)	0.4

ที่มา: Siemonsma and Piluek (1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.2 พริกไทย

พริกไทยเป็นเครื่องปรุงอาหารที่แพร่หลาย ใช้ในการปรุงแต่งรสชาติอาหารทั้งในรูปเมล็ด หรือบดให้ละเอียด ในยุโรปและอเมริกามักใช้ในอุตสาหกรรมทำอาหาร นิยมใช้ประโยชน์จากผลพริกไทยแห้ง (พริกไทยดำ) และเมล็ดแห้ง (พริกไทยขาว) เป็นส่วนใหญ่ โดยพริกไทยดำจะ

ใช้มากในอาหารพวกเนื้อ ส่วนพริกไทยขาวมักใช้ในกรณีที่ไม่ต้องการให้เห็นผงสีดำในอาหารนั้นๆ เช่น ในการผลิตซอสสีจาง มายองเนส ครีม และซุปต่างๆ โดยจะใช้เป็นเครื่องเทศ ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร มีรสเผ็ดร้อน ช่วยดับกลิ่นคาว ใช้ถนอมอาหารประเภทเนื้อสัตว์ และเป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแกง มีกลิ่นหอมค่อนข้างฉุน เนื่องจากมีน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) มีสรรพคุณทางยาขับเหงื่อ ขับลม แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ท้องผูก ปวดฟัน ช่วยเจริญอาหาร เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Piperaceae ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Piper nigrum L.* องค์ประกอบของพริกไทยแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของพริกไทยในน้ำหนักผลหรือเมล็ดแห้งหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบสำคัญ	พริกไทยดำ(กรัม)	พริกไทยขาว(กรัม)
น้ำ	9.5 – 12.0	9.5 – 13.7
เส้นใย	9.7 – 17.2	3.5 – 4.5
โปรตีน	10.9 – 12.7	10.7 – 12.4
แป้ง	25.8 – 44.8	53.9 – 60.4
เถ้า	3.4 – 6.0	1.2 – 2.8
น้ำมันหอมระเหย	1.0 – 1.8	0.5 – 0.9

ที่มา: de Guzman and Siemonsma (1999)

พริกไทยดำและพริกไทยขาวมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่ค่อนข้างมากเช่นกัน จึงให้พลังงานได้ด้วย มีรายงานระบุว่าผลพริกไทยแห้งสามารถให้พลังงานได้ 1,300 kJ/100 กรัม พริกไทยดำจะมีน้ำมันหอมระเหยมากกว่าพริกไทยขาว เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจะสะสมอยู่ในส่วนของเนื้อผลมากกว่าในเมล็ด การทำพริกไทยขาวจะลอกเนื้อผลทั้งหมดเหลือแต่เมล็ดจึงทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูญเสียไปประมาณร้อยละ 50 จึงทำให้การบริโภคพริกไทยดำได้กลิ่นและรสชาติดีกว่าพริกไทยขาว และราคายังถูกกว่าด้วย องค์ประกอบสำคัญในพริกไทยทั้ง 2 ชนิดจะเหมือนกันคือ piperine ($C_{17}H_{19}O_3N$) ซึ่งเป็นสารที่ให้รสชาติเผ็ดฉุน มีในผลพริกไทยดำประมาณร้อยละ 4.9 – 7.7 และในเมล็ดพริกไทยขาวประมาณร้อยละ 5.5 – 5.9 กลิ่นของพริกไทยจะเกิดจากน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปตามแหล่งปลูกและสภาพอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 สารองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยจากผลพริกไทย

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำมันหอมระเหยจากผลพริกไทย (ร้อยละ)
Limonene	24.0
Sabinene	17.9
β – pinene	15.7
α – terpinene	9.9
α – pinene	7.8
β – caryophyllene	5.3
nerolidol (unknown isomer)	3.0
α – thujene	2.1
§ - 3 – carnen	2.0
Bisabolene (unknown)	1.2
α – copaene	1.2
α - amorphene	1.0

ที่มา: de Guzman and Siemonsma (1999)

2.7 บทบาทของแร่ธาตุโซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ต่อร่างกาย

2.7.1 โซเดียม (Sodium)

โซเดียมเป็นเกลือแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง มีความจำเป็นเกี่ยวกับของเหลวในร่างกาย นอกเหนือไปจาก คลอไรด์ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (เปรมจิตต์ และสุทิน, 2542)

ในจำนวณเกลือแร่ทั้งหมดที่มีในร่างกาย ประกอบด้วยโซเดียมร้อยละ 2 โพแทสเซียมร้อยละ 5 และคลอไรด์ร้อยละ 3 โดยโซเดียม และคลอไรด์จะอยู่ในของเหลวที่หุ้มรอบนอกผนังเซลล์ ส่วนในผนังเซลล์ จะประกอบด้วยโซเดียม และโพแทสเซียมเป็นส่วนใหญ่ ของเหลวรอบนอกผนังเซลล์จะทำหน้าที่ควบคุมความสมดุลยภาพ และปริมาตรของๆ เหลวด้วยแรงซึมผ่านผนังเซลล์ (osmotic pressure) ส่วนไตทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของโซเดียมในเลือด โดยการควบคุมฮอร์โมนจากต่อมอะดรีนัล ซึ่งเรียกว่า อัลโดสเตอรอน (adosterone) อีกทีหนึ่ง โดยโซเดียมที่มีเกิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความต้องการ ไตจะขับออกทางปัสสาวะ และจะออกทางเหงื่อ ซึ่งถ้าพบปริมาณโซเดียมในปัสสาวะมีปริมาณสูงแสดงว่าในร่างกายมีระดับโซเดียมสูง ความต้องการโซเดียมของร่างกายต่อวัน แสดงดังตารางที่ 2.4

หน้าที่สำคัญของโซเดียม

- ควบคุมสมดุลของ electrolyte คือระดับของเหลวในร่างกายรวมทั้งความสมดุลระหว่างเซลล์ เมื่อโซเดียมได้ทำงานร่วมกับโพแทสเซียมให้ปกติ
- ควบคุมความสมดุลระหว่างแคลเซียฟยม และโพแทสเซียม เพื่อควบคุมหัวใจให้ทำหน้าที่ปกติและสม่ำเสมอ
- จำเป็นสำหรับการผลิตกรดไฮโดรคลอริค ในกระเพาะอาหารและช่วยระบบการย่อย
- ควบคุมความสมดุลของกรด และด่างในร่างกายให้ปกติ
- กระตุ้นประสาทให้ทำงาน และเป็นตัวเก็บเกลือแร่อื่นๆ ให้อยู่ในร่างกาย
- โซเดียมและโพแทสเซียมมีความสำพันธ์กับการหดการคลายของกล้ามเนื้อ และในการรับความรู้สึกของประสาท
- ทำงานร่วมกับคลอรีน ช่วยชำระล้างคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบส่งเสริมคุณภาพของเลือด น้ำเหลือง ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์

ตารางที่ 2.4 ความต้องการโซเดียมของร่างกายต่อวัน

วัย			ปริมาณโซเดียมที่ร่างกายต้องการ (มิลลิกรัม)
เด็กทารก	3 – 5	เดือน	115 – 350
เด็กทารก	6 – 11	เดือน	250 – 750
เด็ก	1 – 3	ปี	325 – 975
เด็ก	4 – 6	ปี	450 – 1300
เด็ก	7 – 9	ปี	600 – 1800
เด็ก	10 – 19	ปี	900 – 1700
ผู้ใหญ่			1100 – 3300

ที่มา: เปรมจิตต์ และสุทิน, 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7.2 โพแทสเซียม (Potassium)

โพแทสเซียมเป็นเกลือแร่จำเป็นที่พบในเซลล์และนอกเซลล์ เป็นส่วนน้อยจะพบโพแทสเซียมเพียงร้อยละ 5 ของเกลือแร่ทั้งหมดในร่างกาย มีคุณสมบัติเป็นด่าง ฮอร์โมนอัลดอสเตอรอน (aldosteron) จากต่อมไร้ท่ออะดรีนัลจะกระตุ้นการขับโพแทสเซียมให้เกินความต้องการออกจากร่างกาย ซึ่งตามปกติจะขับออกทางปัสสาวะ เหงื่อ และส่วนน้อยออกทางอุจจาระ ทั้งนี้การรับประทานอาหารโปรตีน แคลเซียม และเหล็กให้เพียงพอร่างกายจะได้โพแทสเซียมด้วย ความต้องการโพแทสเซียมของร่างกายต่อวันแสดงดังตารางที่ 2.5

หน้าที่สำคัญต่อร่างกาย

- ควบคุมสมดุลการดูดซึมและรักษาความพอดีของน้ำในร่างกายตลอดถึงความสมดุลของอิเลคโทรไลท์ภายในเซลล์
- ให้ความเป็นกลางระหว่างกรดและด่างของโลหิต
- ควบคุมระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำงานร่วมกับแคลเซียม
- ควบคุมการหดตัว และคลายออกของกล้ามเนื้อ และกระตุ้นประสาทให้มีความสัมพันธ์กัน
- โพแทสเซียม เป็นตัวสำคัญในการรักษาสุขภาพของผิวหนังให้อาหารแก่กล้ามเนื้ออย่างทั่วถึง และนำออกซิเจนไปเลี้ยงสมอง
- ช่วยให้ความเจริญเติบโตของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ
- ช่วยร่างกายในการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรต คือช่วยในการเปลี่ยนน้ำตาล glucose เป็น glycogen ซึ่งพร้อมที่จะเก็บไว้ที่ตับใช้ในคราวจำเป็น
- ช่วยกระตุ้นให้ไตขับของเสีย หรือสารพิษออกจากร่างกาย
- ช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ โดยการช่วยให้มีการบีบตัวและรัดตัวดีขึ้น
- ทำงานร่วมกับโซเดียมในการควบคุมจังหวะการเต้นของหัวใจให้เป็นไปอย่างปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 ความต้องการโพแทสเซียมของร่างกายต่อวัน

วัย			ปริมาณโพแทสเซียมที่ร่างกายต้องการ (มิลลิกรัม)
เด็กทารก	3 – 5	เดือน	350 – 925
เด็กทารก	6 – 11	เดือน	425 – 1275
เด็ก	1 – 10	ปี	550 – 3000
เด็ก	11 – 18	ปี	1525 – 4575
ผู้ใหญ่			1875 – 5625

ที่มา: เปรมจิตต์ และสุทิน (2542)

2.7.3 คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์ (chloride) มีคุณสมบัติเป็นกรด โดยอยู่รวมกับโซเดียม และโพแทสเซียม จะพบในร่างกายน้อยกว่าร้อยละ 15 ของน้ำหนักร่างกาย โดยจะอยู่ในเซลล์ของทุกเซลล์ แต่ส่วนใหญ่จะพบมากในน้ำหลั่งจากทางเดินอาหาร กระเพาะ ลำไส้ และน้ำไขสันหลัง และถ้าเกินความต้องการจะถูกขับออกทางปัสสาวะ และเหงื่อ ความต้องการคลอไรด์ของร่างกายต่อวัน แสดงดังตารางที่ 2.6

หน้าที่สำคัญของคลอไรด์ต่อร่างกาย

- ช่วยควบคุมความเป็นกรด และความเป็นด่างของโลหิต
- ควบคุมของเหลวในร่างกายให้อยู่ในสภาพปกติ
- กระตุ้นการผลิตกรดไฮโดรคลอริค ซึ่งเป็นน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร สำหรับย่อยอาหารโปรตีน และอาหารที่มีใยอาหารหยาบ
- กระตุ้นให้ตับช่วยกรองของเสีย และขจัดสารพิษออกจากระบบ หรือออกจากร่างกาย
- ช่วยรักษาสุขภาพของข้อต่อ เส้นเอ็น ให้อยู่ในสภาพดี
- มีความสำคัญในการนำฮอร์โมนไปใช้ในร่างกาย
- ควบคุมความสมดุลของอิเล็คโตรไลท์ คือความสมดุลของสารประกอบในสารละลายที่เป็นตัวนำไฟฟ้าในร่างกาย
- ใช้ประโยชน์ในการรักษาอาการอาเจียน และท้องร่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.6 ความต้องการคลอไรด์ของร่างกายต่อวัน

วัย			ปริมาณคลอไรด์ที่ร่างกายต้องการ (มิลลิกรัม)
เด็กทารก	0 – 1	ปี	275 – 1200
เด็ก	1 – 10	ปี	500 – 2775
เด็ก	11 – 18	ปี	1400 – 4200
ผู้ใหญ่			1700 – 5100

ที่มา: เปรมจิตต์ และสุทิน (2542)

2.8 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) มีบทบาทสำคัญในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอุตสาหกรรมเกษตร โดยเฉพาะในด้านอาหาร และทางด้านเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพราะเป็นเครื่องมือที่แสดงออกโดยทางอ้อมได้ชัดเจน เช่นรสชาติ กลิ่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อมีการบริโภคอาหาร ความรู้สึกที่ซับซ้อนที่เกิดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ อาจทำการประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินนั้นๆ โดยจะใช้ทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสแบบง่ายๆ ที่ไม่ซับซ้อน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสมาใช้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

การทดสอบความชอบ หรือการยอมรับ เป็นวิธีการที่วัดความชอบ วัดจากความชอบที่ใกล้เคียงกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่กำลังทดสอบ โดยวัดจากความรู้สึกส่วนตัวของผู้ทดสอบชิมที่ตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่กำลังทดสอบ ซึ่งการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบความชอบ หรือการยอมรับนี้ เป็นการวัดความชอบ จากความรู้สึกส่วนตัวของผู้บริโภคที่ไม่มีการฝึกฝน (untrained panels) หรือว่ากล่าวล่วงหน้า ซึ่งเป็นหรือกำลังจะเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบที่มีประชากรมาก เพื่อให้ได้ค่าที่สรุป และได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเป็นที่น่าพอใจ โดยวัตถุประสงค์ของการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ มีดังนี้

1. เพื่อประเมินความชอบโดยรวมของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์
2. เพื่อประเมินความชอบของผู้ประเมินที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์
3. เพื่ออนุมานการตอบสนองของผู้ประเมินโดยสร้างความสัมพันธ์กับฐานข้อมูลค่าของแผนภาพลักษณะทางประสาทสัมผัส และข้อมูลค่าทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบ ความชอบนี้เป็นการหาความชอบจากตัวแทน กลุ่มของประชากร โดยผลิตภัณฑ์จะถูกประเมินจากลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่น การสัมผัส และการได้ยิน ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) คือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัด วิเคราะห์ และแปลความ ขณะรับความรู้สึกโดยการเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การชิมรส และการสัมผัส คำจำกัดความนี้ได้เป็นที่ยอมรับ และรับรองโดยคณะกรรมการประเมินทางประสาทสัมผัสในองค์กรวิชาชีพต่างๆ เช่น The Institute of Food Technologists (IFT) และ The American Society for Testing and Materials (ASTM) (สุจินดา, 2547) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นระบบ จะมีการทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคเป็นระยะๆ ผู้บริโภคจะมีบทบาทในการเลือกแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (product concept) การเลือกผลิตภัณฑ์จากสูตรตามความชอบของผู้ทดสอบ การประเมินผลผลิตภัณฑ์ขั้นทดลอง (pilot plant) และทดลองผลิตขั้นโรงงาน (process line) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจัดว่ามีความสำคัญ เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นได้รับความสนใจในเชิงพาณิชย์ (ไพโรจน์, 2545a) ซึ่งมีวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. วิธีการประเมินความแตกต่างของผลิตภัณฑ์
2. วิธีการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์
3. วิธีการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

วิธีการประเมินความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ และวิธีการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีการเชิงวิเคราะห์ที่ควรให้ผลการประเมินที่มีความถูกต้อง และสัมพันธ์กับค่าคุณภาพที่วัดโดยเครื่องมือ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมการดำเนินงานอย่างเคร่งครัด ตั้งแต่การใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการคัดเลือก และอบรมอย่างถูกวิธี การควบคุมสภาวะในการทดสอบที่ดี ส่วนวิธีการประเมินการยอมรับนั้น จะต้องให้ความสำคัญในการเลือกผู้ประเมินที่เป็นตัวแทนของผู้บริโภคเป้าหมายของผลิตภัณฑ์จึงจะได้ผลการตอบสนองของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง (เพ็ญขวัญ, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8.1 ประเภทของการทดสอบผู้บริโภค

แบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ (สุจินดา, 2547) ดังนี้

1) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (laboratory tests) วิธีนี้จะเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีข้อดีคือ สะดวกสำหรับนักวิจัย และควบคุมการทดสอบได้ดี แต่มีข้อเสียคือ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการบางครั้งมีข้อจำกัดทางด้านเวลา ไม่เหมือนการทดสอบจริงจำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ประมาณ 50 คน

2) การทดสอบประเภทสถานที่ชุมชน (central location test, CLT) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด การทดสอบอาจทำ 1 ครั้ง หรือมากกว่านั้น และอาจใช้สถานที่ได้หลายๆ ที่ นิยมทำการทดสอบในสถานที่ที่มีผู้บริโภคอยู่รวมกันจำนวนมาก จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ปกติ คือ 100 คน แต่อาจอยู่ในช่วง 50-300 คน ข้อดีของวิธีนี้ คือ ได้ผู้ทดสอบจำนวนมากที่เป็นผู้บริโภคที่แท้จริง สามารถทดสอบหลายๆ ตัวอย่างได้ แต่มีข้อเสีย คือ ข้อจำกัดด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ บางครั้งอาจล่าช้าทำให้ผู้บริโภคไม่รอการทดสอบ มีข้อจำกัดด้านเวลา

3) การทดสอบประเภทห้องปฏิบัติการเคลื่อนที่ (mobile laboratory test) การทดสอบนี้จะรวมเอาข้อดีของการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบประเภทสถานที่ชุมชนมาไว้ด้วยกัน การทดสอบทำโดยใช้รถพ่วงทำเป็นห้องทดสอบ และขับเคลื่อนไปจอดในที่ชุมชนที่มีผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ปกติใช้ผู้ทดสอบประมาณ 40-60 คนต่อผลิตภัณฑ์ แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ค่าใช้จ่ายสูง

4) การทดสอบประเภทใช้ที่บ้าน (home-use tests) วิธีนี้จะดำเนินการทดสอบที่บ้านของผู้ทดสอบแต่ละคน มีการควบคุมจากนักวิจัย ผู้ทดสอบจะทำการทดสอบภายใต้สภาวะการบริโภคจริง วิธีนี้มีข้อดี คือ ผลิตภัณฑ์ถูกทดสอบในบ้าน จึงเป็นสภาวะจริงของการบริโภค สามารถได้ข้อมูลการตลาดเพิ่มเติม ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ใช้เวลาในเตรียม และการดำเนินงานนาน ขาดการควบคุมในการทดสอบ มีต้นทุนในการทดสอบสูง ไม่สามารถทดสอบกับผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียได้ง่าย ผลตอบกลับจากการทดสอบอาจได้รับน้อยกว่าที่ตั้งไว้

2.8.2 วิธีการสุ่มตัวอย่างในการทดสอบผู้บริโภค

ในการทดสอบผู้บริโภค ขั้นตอนการสุ่มเลือกผู้บริโภคในการทดสอบถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นการเลือกตัวแทนมาทำการศึกษา และสรุปผลที่ได้ไปยังผู้บริโภคโดยรวม วิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่สำคัญ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่แต่ละหน่วยในตัวอย่างประชากรมีโอกาสที่จะได้รับเลือก และโอกาสที่แต่ละหน่วยข้อมูลจะได้รับเลือกจะต้องทราบ และไม่ใช่ศูนย์ วิธีการสุ่มประเภทนี้ที่สำคัญ ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling, SRS) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic sampling, SYS) การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling) และการสุ่มตัวอย่างตามพื้นที่ (area sampling)

2) การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (nonprobability sampling) การสุ่มตัวอย่างนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ไม่ได้กำหนดโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่กลุ่มตัวอย่างจะถูกเลือกมาจากประชากรทั้งหมด จึงไม่สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามการสุ่มวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยจริง เนื่องจากเลือกตัวอย่างผู้ทดสอบได้อย่างสะดวก การสุ่มตัวอย่างในลักษณะนี้ที่นิยมใช้ คือ การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณ (judgment sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (quota sampling) และการสุ่มตัวอย่างแบบก้อนหิมะ (snowball sampling) (ศิริวรรณ และคณะ, 2541)

2.8.3 วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการทดสอบผู้บริโภค

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค แบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีการเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม และวิธีการเชิงปริมาณ (สุจินดา, 2547) ในงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูลดไขมันและโซเดียมนี้ ใช้วิธีการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยใช้ hedonic scale method ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการใช้ครั้งแรกเมื่อเกือบ 200 ปีก่อน วิธีนี้ถูกใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ความเร็วของลม เป็นต้น การใช้ได้ขยายวงกว้างขึ้นหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อความจำเป็นในการวัดความต้องการอาหารและลักษณะของอาหารที่ต้องการของกองทัพ ในปีค.ศ. 1947 สเกล แบบ 7-point hedonic scaling ได้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดย สถาบัน Quartermaster Food and Container Institute เพื่อตรวจสอบความชอบของทหารในรายการอาหารที่นำเสนอ ซึ่งประโยชน์ดังกล่าวได้รับความสนใจและในปีค.ศ. 1952 สเกล 7 จุดดังกล่าวถูกกำหนดเป็นเครื่องมือในการสำรวจลักษณะของอาหาร (Gatchalian, 1981) ซึ่งการใช้สเกล 7 จุดมีปัญหาในผู้บริโภคที่พยายามหลีกเลี่ยงค่าเกินความจริง ในสเกล 7 จุด ผู้บริโภคอาจให้คะแนนเฉพาะ 5 ทางเลือกอย่างมีประสิทธิภาพในสเกลของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชอบ/ไม่ชอบ (ไพโรจน์, 2545b) เพื่อแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องดังกล่าว สเกลแบบ 9- point hedonic scaling ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1955 และพบว่ามีความไวมากกว่าสเกลที่สั้น (Cross *et al*., 1978) ซึ่งวิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale เริ่มคิดค้นในช่วงปี ค.ศ.1940 โดย Peryam และ Pilgrim โดยระดับคะแนนที่ใช้วัดจะเป็น 5 7 และ 9 คะแนน (Peryam and Pilgrim, 1957) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระดับคะแนนที่ 9 คะแนน และเป็นการให้คะแนนแบบ 9 คะแนนได้รับการยอมรับที่กว้างขึ้น ซึ่งปัจจุบันการวิจัยมากมายยังคงศึกษาถึงการวัดประสิทธิภาพของวิธีนี้ในการสืบค้นการตอบสนองที่ถูกต้องภายใต้สภาวะที่กำหนดให้ (Pffafman *et al*., 1971; Gatchalian, 1981)

2.9 วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology, RSM)

วิธีการพื้นผิวตอบสนองเป็นเทคนิคหนึ่งที่นับว่ามีประโยชน์อย่างมากต่อการออกแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีการที่สามารถประยุกต์ได้กับการพัฒนาสูตรการผลิต และกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนา โดยสามารถหาจุดที่เหมาะสมจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปแบบการวางแผนการทดลองต่างๆ ทำให้สามารถเลือกจุดที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตต่อไป ซึ่งในปัจจุบันมีความสนใจในการออกแบบเพื่อหาความสอดคล้องกับพื้นที่ของการตอบสนอง และประเมินความเหมาะสมในสภาวะของการทดลอง และการออกแบบการทดลองที่เรียกว่า Response Surface Design (RSD) และการวิเคราะห์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อหาคำตอบของการทดลองที่ประกอบด้วยหลายปัจจัย ซึ่งการทดลองหลายปัจจัยจะนำสู่การค้นพบการตอบสนองที่เหมาะสมที่สุด (ไพโรจน์, 2544)

วิธีการของพื้นที่การตอบสนองประกอบด้วยกลุ่มของเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาจากค่าสังเกตเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอบสนอง (response variable) ที่วัดได้ 1 หรือ 2 ค่า เช่นค่าเค้าโครงทางเนื้อสัมผัส ปริมาณไขมัน และปริมาณโซเดียม เป็นต้น กับตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง (input variables) เช่นปริมาณโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ ไขมัน และอินูลิน เป็นต้น ซึ่งวิธีการพื้นผิวตอบสนอง เป็นตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับเมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (response) ถูกสร้างเป็นฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านั้น เทคนิคทางสถิตินี้ใช้แผนภาพ contour plot ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่สนใจ ผลที่ได้คือ สามารถที่จะหาสูตร หรือสภาวะที่เหมาะสม (optimization) จากความสัมพันธ์เหล่านั้นได้เมื่อพิจารณาปัจจัยที่สนใจเหล่านั้นพร้อมๆ กัน (Gacula and Singh, 1984) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการ RSM สามารถแสดงได้ดังสมการ 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Y = f(X1, X2, \ldots, X_k) + \mathcal{E} \qquad \text{สมการ 2.1}$$

โดยที่ Y คือ ค่าตอบสนองซึ่งเป็นตัวแปรตาม

f คือ ฟังก์ชั่นของการตอบสนองของ X1, X2, …, X_k ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งมักจะรู้จักกันในชื่อ Independent variable

$\mathcal{E}$ คือ เทอมของความคลาดเคลื่อนสุ่ม

รูปแบบความเที่ยงตรงของฟังก์ชั่นการตอบสนองของ f มักจะไม่ทราบเสมอ โดยทั่วไปสามารถประมาณการได้โดยฟังก์ชั่นเชิงเส้นตรง หรือเส้นโค้งของตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งฟังก์ชั่นของตัวแปรเหล่านี้มักใช้สมการลำดับที่ 1 (first-order model or equation) หรือ สมการลำดับที่ 2 (second-order model) หรือ สมการพอลิโนเมียล (polynomial model) เป็นตัวอธิบาย ซึ่งมีขั้นตอนการทำ RSM ดังนี้

1) เลือกแผนการทดลองที่เหมาะสมที่จะให้ข้อมูลเพียงพอในการสร้าง contour plot

2) สร้างแบบจำลองหรือสมการเชิงเส้นที่ดีที่สุด

3) สร้าง contour plot หรือ surface plot จากสมการที่ได้

4) ตรวจสอบหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (optimization)

5) พิสูจน์แบบจำลอง (validation) โดยการทำการทดลองใหม่จากจุดที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตของตัวแปรแต่ละตัว แล้วเปรียบเทียบค่าจากการทดลอง และค่าที่ทำนายได้จากสมการ (อนุวัตร, 2550)

วิธีการ RSM ได้ถูกนำมาประยุกต์ในงานด้านอุตสาหกรรมเกษตรมากมาย เช่น ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิต หรือพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธี RSM ในการพัฒนาสูตร และกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวหลายประเภท (Prinyawiwatkul *et al.,* 1997; Dutcosky *et al.,* 2006; Charunuch *et al.,* 2008; Sriwattana *et al.,* 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved