บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไส้กรอก (Sausage)

ภาพ 2.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Sausage)
ที่มา : Vikram (2009)

ไส้กรอก (sausage) มีรากศัพท์จากภาษาลาตินที่ว่า “Salsus” หมายถึง เนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาด้วยเกลือ ในสมัยก่อนส่วนผสมของไส้กรอกจะถูกบรรจุไว้ในลำไส้ของสัตว์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก (cylindrical shape)ดังภาพ 2.1 ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงมีการผลิตไส้เทียม (synthetic casing) เพื่อนำมาทดแทนการใช้ลำไส้สัตว์ (animal casing) หรือไส้ธรรมชาติ (natural casing) ที่มีความไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นไส้กรอกจึงเป็นผลิตภัณฑ์จากแปรรูปเนื้อสัตว์ที่ทำกันมานานแล้ว

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการผลิตขึ้นมีมากมายหลายร้อยชนิดขึ้นอยู่กับส่วนผสม และแหล่งที่ผลิต ซึ่งแต่ละชนิดก็มีการนิยมบริโภคแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไส้กรอกที่ได้รับความนิยมบริโภคมากที่สุดนั้น ส่วนใหญ่เป็นไส้กรอกที่มีแหล่งกำเนิดจากประเทศแถบยุโรป เช่น ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ โบลองญา เปเปอโรนิ และอื่น ๆ ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคไส้กรอกมากขึ้นด้วยเหตุผล คือ สะดวกในการบริโภค มีมากมายหลายชนิด ประหยัดค่าใช้จ่าย และมีคุณค่าทางอาหาร (เยาวลักษณ์, 2536)

2.1.1 การจำแนกชนิดไส้กรอก

การจำแนกชนิดของไส้กรอกสามารถแบ่งตามลักษณะ ซึ่งแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันไปตามส่วนผสม สารปรุงแต่ง โดยการจำแนกจะสามารถจำแนกได้ดังนี้(เยาวลักษณ์, 2536; กมลวรรณ, 2550)

2.1.1.1 ไส้กรอกสด (Fresh sausage)

เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหมูและเนื้อวัว ไม่ผ่านการหมักด้วยเกลือไนไตรท์ บดและผสมเครื่องปรุงรสและบรรจุในไส้บรรจุมัดเป็นปล้อง ๆ และเก็บไว้ในตู้เย็น เมื่อจะนำมารับประทานจึงนำมาทำให้สุก ดังนั้นคุณภาพของไส้กรอกชนิดนี้จึงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของปริมาณเนื้อต่อไขมัน (lean to fat ratio) ไส้กรอกชนิดนี้เน่าเสียง่าย ถ้าเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างของไส้กรอกสด ได้แก่ ไส้กรอกหมูสด (Fresh pork sausage) ไส้กรอกหมูสดแบบชนบท (Fresh country style sausage) บราทเวอร์สท (Bratwurst) บ๊อกเวอร์สท (Bockwurst)

2.1.1.2 ไส้กรอกรมควัน (Smoked sausage)

เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อที่ผ่านการหมักด้วยเกลือไนไตรท์ไส้กรอกชนิดนี้จะผ่านการรมควันเพื่อให้เกิดกลิ่นรส และสีที่ดีขึ้น ไส้กรอกประเภทนี้ทุกชนิดต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น และยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- ไส้กรอกรมควันไม่สุก

เป็นไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อ ที่มีลักษณะคล้ายกันกับไส้กรอกสดทุกประการแต่ไส้กรอกจะผ่านการรมควัน ไส้กรอกประเภทนี้จะต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ เมทเวอร์สท (Metwurst), คีลบาซา (Kielbasa)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ไส้กรอกรมควันสุก

เป็นไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิด มีส่วนผสมของไขมันนำมาบดละเอียดบรรจุในไส้ ไส้กรอกที่ได้จะผ่านการรมควันก่อนการทำให้สุก หรือหลังจากไส้กรอกสุกแล้ว ไส้กรอกประเภทนี้สามารถรับประทานได้ทันที ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ แฟรงค์เฟอร์เตอร์ (Frankfurter) ไส้กรอกกระเทียม (Knoblauch) หรือแนกเวอร์สท (Knackwurst) โบโลญา (Bologna) เบอร์ลินเนอร์ (Berliner)

2.1.1.3 ไส้กรอกสุก (Cooked sausage)

เป็นไส้กรอกที่ใช้ทั้งเนื้อสดและเนื้อหมักบด ผสมเครื่องปรุงบรรจุในไส้และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องรมควัน แต่ไส้กรอกประเภทนี้บางชนิดจะรมควันภายหลังจากที่ไส้กรอกสุกแล้ว ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ ไส้กรอกตับ (Liver sausage) ไส้กรอกเลือด (Blood sausage หรือ Blutwurst)

2.1.1.4 ไส้กรอกแห้ง (Dry sausage)

เป็นไส้กรอกที่ผ่านการหมักให้เกิดรสเปรี้ยว หรือไม่ผ่านการหมักก็ได้ การหมักให้เกิดรสเปรี้ยวเป็นการถนอมรักษาเนื้อ นอกจากนั้นยังเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่ต้องการ ไส้กรอกประเภทนี้บางชนิดอาจจะนำไปรมควันก่อน และจึงนำไปผึ่งลม (air dry) ภายใต้สถาวะที่ควบคุมให้แห้ง ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ ซัมเมอร์ซอสเซส (Summer sausage) โฮลสไตเนอร์ (Holsteiner) ทูริงเจอร์ (Thuringer) ก๊อกทิงเจอร์ (Gottinger) โกเทบอร์ก (Goteborg)

2.1.1.5 ไส้กรอกหมักแห้ง (Fermented dry sausage)

เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้เกิดรสเปรี้ยวก่อนการทำแห้ง ไส้กรอกประเภทนี้เก็บได้นานในสภาวะที่เย็น อากาศแห้ง และมีความชื้นต่ำ ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ ซาลามิ (Salami) ลีอองส์ (Leyons) มอทาเดลลา (Mortadella) แคปบริโคลา (Cappicola) เปปเปอโรนี (Popperoni) มั่ม (Mum)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.1.6 กุนเชียง (Chinese sausage)

เป็นไส้กรอกแห้งที่มีที่มาจากประเทศจีน ใช้เนื้อหมูหรือเศษเนื้อหมูผสมมันแข็ง หั่นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ปรุงรสด้วยเกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว บรรจุในไส้หมู จากนั้นทำให้แห้งด้วยการตากแดด หรือการผึ่งลม ก่อนนำมารับประทานต้องนำมาทำให้สุกก่อน

2.1.1.7 ไส้กรอกชนิดใหม่ (New condition sausage)

เป็นไส้กรอกประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้งต่างจากไส้กรอกแห้งตรงวิธีการทำและทำให้สุกในตู้รมควัน ทำจากเนื้อหมูบดผสมเครื่องปรุงและหมักไว้ให้เปรี้ยวประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนทำให้สุก ตัวอย่างไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ ซาลามิ -คอตโต (Salamicotto) โคเซอร์ซาลามิ (Kosher salami) เฮดชีส (Head cheese) ซูซิ (Sause) มีท โลฟ (Meat loaves)

2.2 ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ภาพ 2.2 ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์(Frankfurter)
ที่มา : Schiffmacher (2010)

ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (Frankfurter) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ดังภาพ 2.2 โดยจัดอยู่ในประเภทผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เนื้อสัตว์จะถูกบดด้วยเครื่องบด และสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมเปลี่ยนแปลงเป็นมวลเหนียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะมีความแตกต่างกันของส่วนผสมในแต่ละท้องถิ่นไส้กรอกชนิดนี้ทำจากเนื้อสัตว์ชนิดเดียวกัน หรือจากเนื้อสัตว์หลายชนิด โดยมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ประมาณร้อยละ 40 – 45 ไขมันร้อยละ 24 – 28 น้ำแข็งหรือน้ำร้อยละ 22 – 26 และมีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ อีกได้แก่ ฟอสเฟต เกลือ ไนไตรท์ สารให้สี และเครื่องเทศ นอกจากนั้นยังอาจมีการเติมแป้ง หรือธัญพืช เพื่อใช้เป็นตัวผสานของส่วนผสมทั้งหมดให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดจนมีเนื้อเป็นมวลเหนียวส่วนผสมที่ได้จะถูกบรรจุในไส้ธรรมชาติ หรือไส้สังเคราะห์ที่สามารถรับประทานได้ โดยมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้บรรจุระหว่าง 18 – 22 มิลลิเมตร และไส้กรอกจะถูกมัดเป็นปล้องยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ไส้กรอกที่ได้จะผ่านกระบวนการทำให้เกิดสี การรมควัน และการอบแห้ง จากนั้นไส้กรอกจะถูกทำให้สุกด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 74 – 78 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิใจกลางไส้กรอกอยู่ที่ระหว่าง 70 – 72 องศาเซลเซียส จากนั้นไส้กรอกจะถูกทำให้เย็นโดยเร็วและถูกเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์สูญญากาศ (เยาวลักษณ์, 2536; Gerhard, 2006)

2.3 สารประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์จำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีหลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดรสชาติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสดใสและคงตัวซึ่งสะดุดตาและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานพอสมควรโดยไม่เกิดการเหม็นหืนและเน่าเสีย อันมีสาเหตุเนื่องจากการเสื่อมเสียของไขมันและโปรตีน ผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่มและชุ่มน้ำทำให้มองดูน่ารับประทาน และไม่สูญเสียน้ำหนักในระหว่างกรรมวิธีการผลิตและการจำหน่าย (เยาวลักษณ์, 2536; Gerhard, 2006)

2.3.1 ฟอสเฟต (Phosphate)

ฟอสเฟตเป็นสารประกอบที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water binding capacity) ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปในกระบวนการที่ต้องผ่านความร้อน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่มและชุ่มน้ำเพิ่มขึ้น โดยสารประกอบฟอตเฟสที่ใช้ในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์มีหลายประเภทและให้คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ แตกต่างกันออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของสารฟอสเฟตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่

- การเพิ่มความนุ่มในผลิตภัณฑ์ โดยเป็นตัวทำให้ pH ของเนื้อเพิ่มขึ้นและช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัว เนื่องจากสารแอคโตไมโอซินสามารถแยกออกจากกันได้เป็นแอคติน และไมโอซิน สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้เพื่อคุณสมบัติดังกล่าวคือ สารประกอบจำพวกไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate)

- การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยทำให้เส้นใยโปรตีนยืดตัวล้อมรอบโมเลกุลของน้ำพบว่าเกลือของกรดอ่อนให้คุณสมบัติในด้านนี้ได้ดี คือ โซเดียมฟอสเฟต (sodium phosphate)

- การเพิ่มรสชาติ โดยการทำให้โมเลกุลของเนื้อประสานเป็นโครงร่างตาข่ายสามารถกักกั้นไม่ให้เลือด และของเหลวในผลิตภัณฑ์เนื้อไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดีขึ้น

- ช่วยให้โมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี โดยการดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมตัวกันทำให้เนื้อเหนียวและยืดหยุ่นดีขึ้น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

- ช่วยให้สีในผลิตภัณฑ์คงทน โดยทำหน้าที่ควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง pH 6.0 – 6.6 จึงทำให้เนื้อมีสีแดงคงทนดีขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การใช้ไนไตรท และกรดแอสคอร์บิคคงตัวเพิ่มมากขึ้น แต่คุณสมบัติในด้านการให้สีที่คงตัวของฟอสเฟตมีผลด้อยกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิคและความสามารถนี้จะลดลงมากถ้ากระทบแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

ชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สารประกอบฟอสเฟตพวก alkaline phosphate เท่านั้นที่เหมาะสมต่อการใช้เพื่อปรับปรุง water binding capacity ของเนื้อสัตว์เพราะ acid phosphate จะทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลง และจะทำให้เนื้อเกิดการหดตัว นอกจากนี้มีการใช้สารพวกไตรโพลิฟอสเฟต ร่วมกับสารประกอบฟอสเฟตที่ออกฤทธิ์เป็นด่าง เพราะจะมีปฏิกิริยาเสริมร่วม (synergistic) ทำให้มีผลต่อความสามารถในการจับน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้น สารประกอบฟอสเฟตที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Sodium tripolyphosphate ($Na_5 P_3 O_{10}$)

Sodium hexametaphosphate ($Na_6 P_6 O_{18}$)

Sodium acid pyrophosphate ($Na_2 H_2 P_2 O_7$)

Sodium pyrophosphate ($Na_4 P_2 O_7$)

Disodium phosphate ($Na_2 P O_4$)

สารฟอสเฟตเหล่านี้พบว่า ช่วยปรับปรุงผลผลิตของเนื้อที่ตัดแต่งในขั้นแรกหมักน้ำเกลือสำหรับโซเดียมเอซิกไพโรฟอสเฟตเท่านั้นที่อนุญาตให้ใช้ได้ในไส้กรอก

กฎหมายกำหนดให้มีการเติมฟอสเฟตได้ โดยให้มีเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้ไม่เกินร้อยละ 5.0 ในขณะที่เนื้อจะมีฟอสเฟตตามธรรมชาติอยู่ประมาณร้อยละ 0.01 ดังนั้นการใช้สารเหล่านี้ในระหว่างการหมักต้องทำการคำนวณหักลบออกด้วย

ในทางการค้าผลิตภัณฑ์สารประกอบฟอสเฟตมักอยู่ในรูปของผสมและให้ชื่อต่าง ๆ กัน เช่น Accord Fitcord Kena Fos accord Tari complet K_3 และ Tari K_7

2.3.2 ไนไตรท (Nitrite) และ/หรือ ไนเตรท (Nitrate)

ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียมไนไตรทหรือโพแทสเซียมไนไตรท และเกลือโซเดียมไนเตรท หรือโพแทสเซียมไนเตรท

หน้าที่ของเกลือไนไตรทและเกลือไนเตรท เมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่

- ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดง และรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีความน่ารับประทานเพิ่มขึ้น

- ช่วยเพิ่มรสชาติ (taste) และกลิ่นรส (flavor) แก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคมากกว่าการใช้เกลือในการหมักเนื้อเพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum*

- ช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

บทบาทของเกลือไนไตรท และไนเตรทต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ

มีผลเนื่องจากการแตกตัวในสารไนตริกออกไซด์ เพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินดังปฏิกิริยา ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 :

$$\underset{\text{ไนเตรท}}{NO_3^{2-}} \xrightarrow[\text{ดึงออกซิเจนออกไป}]{\text{แบคทีเรียที่รีดิวซ์ไนเตรทได้}} NO_2^-$$

ขั้นตอนที่ 2 :

$$\underset{\text{ไนไตรท}}{NO_2^-} + \underset{\text{อนุมูลไฮโดรเจน}}{H^+} \xrightarrow{\text{แบคทีเรียพวกที่ผลิตกรดแลคติก}} \underset{\text{กรดไนตรัส}}{HNO_2}$$

ขั้นตอนที่ 3 :

$$\underset{\text{กรดไนตรัส}}{HNO_2} \xrightarrow{\text{สลายตัว}} \underset{\text{ไนตริกออกไซด์}}{NO} + \underset{\text{น้ำ}}{H_2O}$$

ขั้นตอนที่ 4 :

$$\underset{\text{ไมโอโกลบิน}}{Mb} \xrightarrow{\text{สภาพเหมาะสม}} \underset{\text{เมทไมโอโกลบิน}}{MMb}$$

ขั้นตอนที่ 5 :

$$\underset{\text{ไนตริกออกไซด์}}{NO} + \underset{\text{เมทไมโอโกลบิน}}{MMb} \xrightarrow{\text{สภาพเหมาะสม}} \underset{\text{ไนโตรโซไมโอโกลบิน}}{NOMb}$$

ขั้นตอนที่ 6 :

$$\underset{\text{ไนโตรโซไมโอโกลบิน}}{NOMb} \xrightarrow[\text{และการรมควัน}]{\text{ความร้อนในการอบ}} \underset{\text{ไนโตรโซฮีโมโคม สารให้สีชมพูที่คงตัว}}{\text{NO-Haemochome}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

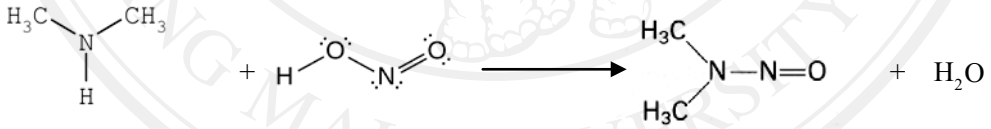
การใช้สารพวกไนไตรทและไนเตรท แต่เดิมใช้เฉพาะดินปะสิวซึ่งให้เกลือไนเตรท ต่อมาพบว่าการแตกตัวของไนเตรทให้ไนตริกออกไซด์ช้ามาก และต้องอาศัยจุลินทรีย์บางชนิดในเนื้อสัตว์ช่วยในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เกิดสีแดงต้องใช้เวลานาน ถ้าการใช้ไนไตรทและไนเตรทร่วมกันมีผลต่อการเร่งการแตกตัวของไนเตรท ทำให้เกิดการแตกตัวของไนตริกออกไซด์เร็วขึ้นและมากขึ้น จึงทำให้เกิดสีเร็วและมีไนเตรทเหลือตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยลง

การเกิดสารไนโตรซามีน (Nitrosamine)

สารไนโตรซามีนอาจเป็นสารก่อมะเร็ง และการเกิดไนโตรซามีนอาจเกิดได้จากกรดไนตรัสที่เกิดจากการแตกตัวของไนเตรท ดังนั้นการใช้ไนเตรทเติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ในผู้บริโภคถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินไปและใช้ไม่ถูกต้อง

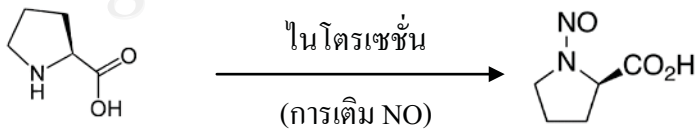
สารไนโตรซามีน อาจเกิดขึ้นได้ 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 กรดไนตรัสทำปฏิกิริยากับ secondary amine ที่อาจมีอยู่ในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดสารไนโตรซามีน ดังแสดงในปฏิกิริยา



dimethylamine nitrous acid dimethylnitrosamine

กรณีที่ 2 ปฏิกิริยาการเติมกลุ่มไนตริกออกไซด์ (nitrosation) กับโพรลีน (proline) ที่มีอยู่มากในหมูสามชั้น ทำให้เกิดเป็นสารไนโตรซามีน ดังแสดงในปฏิกิริยา



proline ขณะทอด N-nitrosoproline

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่อย่างไรก็ตามสถาบันเนื้อสัตว์ของอเมริกาโดย Nitrite Safety Council (เยาวลักษณ์, 2536) ได้ทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากเนื้อสัตว์หมักตามโรงงานต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกามาตรวจสอบพบว่าถ้ามีการใช้สารไนไตรทและไนเตรท ในปริมาณที่ไม่มากกว่ามาตรฐานกำหนดแล้ว จะไม่พบสารไรโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทบทุกชนิด ดังนั้นการกล่าวถึงสารไนโตรซามีนที่อาจเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารไนไตรทและไนเตรทเพื่อช่วยในการผลิต จึงเป็นเพียงเพื่อเตือนให้ทราบถึงผลเสียของการใช้สารเหล่านี้ในปริมาณที่มากเกินไป

ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 3539 พ.ศ. 2549 อนุญาตให้ใช้โซเดียมไนเตรท หรือโพแทสเซียมไนเตรท และหรือโซเดียมไนไตรท หรือโพแทสเซียมไนไตรท (คำนวณในรูปโซเดียมไนไตรท) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกันไม่เกินร้อยละ 0.0125 โดยน้ำหนัก

เกลือไนไตรทและไนเตรทที่ใช้ในทางการค้าจะผสมกันออกมาเพื่อสะดวกในการใช้ มีชื่อทางการค้าว่า ผงเพรค (praque powder) ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตสารหมักเนื้อผสมเสร็จ (meat curing premixes) ซึ่งประกอบด้วยสารไนไตรท สารไนเตรท และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ในลักษณะนี้ได้มีข้อกำหนดของการบรรจุไว้ว่าต้องทำการบรรจุสารไนไตรท และไนเตรทกับเครื่องปรุงรสแยกกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดมีการรวมตัวกันขึ้นเป็นสารไนโตรซามีน และบนภาชนะต้องระบุว่าปราศจากสารไนโตรซามีน

2.3.3 เกลือของกรดแอสคอร์บิกและอีริโธรบิก (Ascorbate and Erythorbate)

เกลือของกรดแอสคอร์บิก (ascorbate) และอีริโธรบิก (erythorbate) ที่ใช้ส่วนมากนิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียม สำหรับกรดแอสคอร์บิกและอีริโธรบิกไม่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เติมสารไนไตรท เพราะจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับไนไตรททำให้เกิดเป็นไนตรัสออกไซด์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของเกลือแอสคอร์เบทและอีริโธรเบทต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- ทำให้สารเมทไมโอโกลบินที่มีอยู่ในเนื้อถูกรีดิวซ์เป็นสารออกซิไมโอโกลบิน ดังนั้นจึงป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลงอย่างรวดเร็ว ขณะการรอจำหน่าย

- ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดไนตริกออกไซด์ให้เร็วขึ้น จึงช่วยเร่งอัตราการหมักและการเกิดสีแดงในเนื้อให้เร็วขึ้น และทำให้มีปริมาณสารไนเตรท และไนไตรทเหลือตกค้างในผลิตภัณฑ์น้อย

- ช่วยลดการเกิดสารไนโตรซามีนซึ่งอาจทำให้เกิดมะเร็ง

- ถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเหม็นหืนของไขมัน จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่คงตัวดี

การใช้เกลือแอสคอร์เบท และอีริโธรเบท

เกลือแอสคอร์เบทสามารถใช้ได้ทั้งในน้ำหมัก เพื่อหมักเนื้อทั้งชิ้นในการทำแฮม เบคอน และในเนื้อหมักเพื่อทำไส้กรอก แต่นิยมใช้ในการทำไส้กรอกมากกว่า เพราะจะช่วยลดระยะเวลาในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูคงทนได้ พบว่าในการทำไส้กรอกพวกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะสามารถลดระยะเวลาลงได้ถึงหนึ่งในสาม เมื่อเติมเกลือแอสคอร์เบท

สำหรับคุณสมบัติทางด้านการเป็นสารป้องกันการหืนของไขมัน ไม่เพียงแต่จะช่วยป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืนและยังช่วยให้เนื้อที่หั่นเป็นแผ่นบาง ๆ สีไม่ซีดเมื่อสัมผัสกับแสงสว่างและอากาศ

สารที่ใช้ร่วมกับเกลือโซเดียมอีริโธรเบท

กลูโคโน เดลตาแลคโตน (glucono-delta lactone, GDL) เป็นเอสเทอร์ของกรดกลูโคนิคมีลักษณะเป็นผงสีขาวมีสูตรโครงสร้างเป็น $C_6H_{12}O_6$ ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นิยมใช้ร่วมกับโซเดียมอีริโธรเบทในอัตราส่วน 6:1 เพื่อเร่งปฏิกิริยาของการที่ไนไตรทจะเกิดเป็นไนตริกออกไซด์ให้เร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำหน้าที่เร่งให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 สารที่ช่วยการรวมตัว (Binder) และสารที่เพิ่มน้ำหนัก (Filler)

ในการหมักเนื้อปัจจุบันนิยมเติมสารที่ช่วยการรวมตัวของส่วนผสมระหว่างเนื้อ น้ำ และน้ำมัน เพื่อให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงเป็นการช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก และช่วยให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น สารที่นิยมใช้ได้แก่

2.3.4.1 โปรตีนสกัดแยกจากนมและพืช

โปรตีนสกัดที่เติมลงในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ช่วยให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นมีกลิ่นรสดี และละลายได้ดีเมื่อผสมรวมกับเครื่องปรุงอื่น ๆ นอกจากนี้โปรตีนจะไม่ตกตะกอนเมื่อถูกความร้อนจึงสามารถรวมตัวได้ดีกับไขมัน โดยเฉพาะในไส้กรอกประเภทอิมัลชัน โปรตีนสกัดที่ใช้คือ

(1) โปรตีนนม สามารถจำแนกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อประโยชน์ทางการค้า ดังนี้
- เรนเนท เคซีน (rennet casein)
- เคซีน (casein) ซึ่งได้แก่ กรดแร่เคซีน และแลคติค แอซิด เคซิน (lactic acid casein)
- เวย์โปรตีน (whey protein) ได้แก่แลคตาบลูมิน และแลคโตโกลบูลิน
- เคซีเนท (caseinate) อยู่ในรูปของเกลือละลายได้ เช่น เกลือโซเดียม ซึ่งมีโปรตีนถึงร้อยละ 94 ใช้มากในผลิตภัณฑ์เนื้อ

(2) โปรตีนจากพืชที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีนจากถั่วเหลือง มีอยู่หลายรูป เช่น
- โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate)
- เนื้อเทียม (texture vegetable protein)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4.2 เจลาติน (gelatin)

เจลาตินได้จากการสกัดโปรตีนคอลลาเจน สามารถนำมาช่วยในการรวมตัวของชิ้นเนื้อในแฮม เป็นตัวประสานให้ชิ้นเนื้อยึดติดกันหลังจากการการทำให้สุก ต้องเก็บไว้ในห้องเย็นระยะเวลาหนึ่งก่อนเพื่อให้เจลลาตินเกิดการเป็นเจลแข็งตัวก่อนถอดแฮมออกจากพิมพ์

2.3.5 เครื่องเทศ (Spices)

เครื่องเทศใช้เป็นสารให้กลิ่นรส และช่วยชูรสสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

ก. เครื่องเทศชูรส (Stimulated hot spices) ได้แก่ ขิง(ginger) พริกขี้หนู(chilli) พริกไทยดำ และขาว(black and white pepper) พริกสีแดงสด(paprika) หอม(onion) กระเทียม(garlic) และผงมัสตาด(mustard powder)

ข. เครื่องเทศหอม (Aromatic spices) ได้แก่เครื่องเทศรวม(all spices) อบเชย(cinnamon) ยี่หร่า(caraway) กานพลู(cloves) ลูกผักชี(coriander) ดอกจันทน์(mace) ลูกจันทน์(nutmeg) ลูกกระวาน(cardamom) และโป๊ยกั๊ก(starseed)

ค. ใบและต้นผักต่าง ๆ (Herbs) ได้แก่ ใบโหระพา(sweet basil) ใบกระวาน(bay leaves) ใบหูเสือ(sage) ใบสะระแหน่(mint) และตะไคร้(lemon grass)

2.3.6 เกลือ (Salts)

2.3.6.1 เกลือโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)

เกลือที่ใช้ในการแปรรูปเนื้อสัตว์ส่วนมากใช้ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือที่ทราบกันดีในชื่อของเกลือแกง โดยเกลือโซเดียมคลอไรด์จะประกอบไปด้วย โซเดียมร้อยละ 39.3 และคลอไรด์ร้อยละ 60.7 เกลือที่เหมาะสมในการหมักเนื้อสัตว์ ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว นิยมให้เกลือสินเธาว์ที่ปราศจากโลหะหนักมากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทรอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง (halophilic bacterial) และมีอนุมูลของสารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมของน้ำเกลือทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง โลหะหนักเช่น เหล็กและทองแดง ถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านขบวนการกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้วก็สามารถนำมาใช้ในการหมักเนื้อได้ นอกจากนี้เกลือที่ทำการเติมไอโอดีนไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการหมักเนื้อซึ่งใช้ร่วมกับไนเตรท เนื่องจากไอโอดีนจะเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ช่วยเร่งการเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นไนไตรทได้ เป็นผลให้มีสารไนเตรทตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์มาก

ดังที่กล่าวไปแล้วนั้นองค์ประกอบของเกลือโซเดียมคลอไรด์จะประกอบด้วยโซเดียม และคลอไรด์ ซึ่งโซเดียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญและร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ มีบทบาทต่อระบบประสาทและกล้ามเนื้อของมนุษย์ แต่หากได้รับโซเดียมในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลทำให้ความดันโลหิตในร่างกายสูงขึ้น และเมื่อเกลือโซเดียมคลอไรด์แตกตัวจะประกอบด้วย โซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน ซึ่งการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไปในเนื้อจะเกิดการแตกตัวเป็นโซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน จะเข้าจับกับไอออนของโปรตีนในเนื้อสัตว์และทำให้โครงสร้างของโปรตีนแยกออกจากกัน ส่วนคลอไรด์มีความสำคัญต่อการเป็นตัวช่วยในการดูดซับโพแทสเซียมเข้าสู่ร่างกาย โดยที่คลอไรด์จะเป็นส่วนประกอบของกรดในกระเพาะอาหาร มีส่วนช่วยให้เลือดสามารถที่จะขนย้ายคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อภายในปอดจากการหายใจ

บทบาทของเกลือที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

- เกลือเป็นตัวเสริมกลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้มีรสชาติดีขึ้น

- การใช้เกลือร่วมกับฟอสเฟตสามารถละลายโปรตีนในโครงสร้างของเนื้อสัตว์และมีส่วนช่วยในการยึดเกาะโมเลกุลขนาดใหญ่ของน้ำในส่วนผสม นอกจากนั้นโปรตีนที่ละลายได้ยังมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไขมันในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ โดยเกลือที่เติมลงไปจะมีผลเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างแอคตินและไมโอซิน

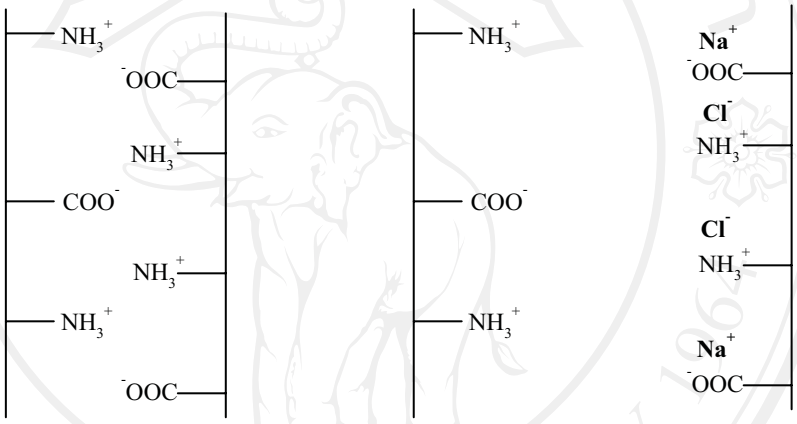
- โปรตีนในเนื้อสัตว์ที่สามารถแยกได้จากการเติมเกลือมีส่วนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งผลของเกลือที่มีต่อโปรตีนแสดงดังภาพ 2.3 อนุภาคของคลอไรด์ (Cl^-) จะเข้าทำปฏิกิริยาในส่วนของกลุ่มอะมิโนในโปรตีนโดยเฉพาะในส่วนของไมโอซิน ซึ่งทำให้แอคตินและไมโอซินแยกห่างออกจากกัน

- เกลือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์ และทำให้แรงดันออสโมติค (osmotic pressure) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ทำให้ค่า water activity (a_w) ลดลง จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการเน่าเสีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมบวกมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบบางชนิดเป็นโทษต่อผู้บริโภคหรือส่งผลให้อาหารเน่าเสียเช่น *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli*

เกลือ หรือโซเดียมในส่วนของเกลือส่งผลให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูงเมื่อบริโภคเป็นปริมาณมาก การลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์เนื้อวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ทดแทนคือโพแทสเซียมคลอไรด์



ภาพ 2.3 ผลของเกลือต่อโมเลกุลของโปรตีน

ที่มา : Gerhard (2006)

2.3.6.2 เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride)

เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นสารให้รสเค็มที่ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ แต่การใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากจะทำให้เกิดรสขม มีกลิ่นรสของสารเคมี และโลหะ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดความรู้สึกหลังชิม (aftertaste) ในผลิตภัณฑ์ การลดปริมาณโซเดียมลงในผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปแล้วจะทำการลดปริมาณโซเดียม ซึ่งพิจารณาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ และทำการแทนที่ด้วยการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่จะทำการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 30 แต่อาจจะมีผลิตภัณฑ์บางชนิดที่สามารถทำการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ได้มากถึงร้อยละ 50 แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

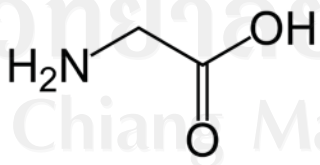
อย่างไรก็ตามการบดบังคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ยังคงเป็นปัญหาสำคัญ ในหลายปีที่ผ่านมามีการศึกษาเพื่อที่จะลดหรือบดบังรสขม และกลิ่นรสโลหะที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นด้วยการใช้เกลือชนิดอื่น ๆ แต่จากการศึกษาพบว่าการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับกรดอะมิโนบางชนิด(amino acid) สามารถลดหรือบดบังรสขมและกลิ่นรสโลหะที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นได้ (Kilcast and Angus, 2007)

การใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดรสขม และผู้บริโภคส่วนใหญ่สามารถที่จะรับรู้ถึงรสขมได้เมื่อมีโพแทสเซียมอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประมาณ 3 กรัม ซึ่งคิดเป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ประมาณ 6 กรัม โดยที่โพแทสเซียมคลอไรด์จะประกอบด้วย โพแทสเซียมร้อยละ 52 และคลอไรด์ร้อยละ 48 (Kilcast and Angus, 2007)

หากมีการแทนที่การใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์มากกว่าร้อยละ 15 จะส่งผลต่อการละลายโปรตีนในเนื้อสัตว์ เนื่องจากความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างปริมาณโซเดียม หรือโพแทสเซียม ต่อปริมาณของคลอไรด์ ซึ่งคลอไรด์ไอออนมีหน้าที่หลักสำหรับการเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเนื้อสัตว์

2.3.7 กรดอะมิโน(amino acid)

2.3.7.1 ไกลซีน (Glycine)



ภาพ 2.4 ไกลซีน(glycine)

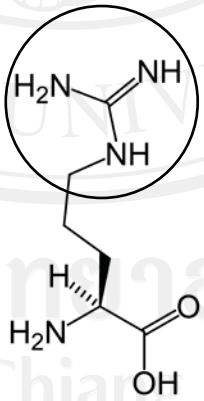
ไกลซีนมีโครงสร้างทางเคมีดังภาพ 2.4 เป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ลดเกลือโซเดียมคลอไรด์ เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถลดค่า water activity (a_w) และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายไกลซีนด้วยผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนพบว่าไกลซีนให้รสหวาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และให้รสอูมามิ (umami) เมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง (Kawai and Hayakawa, 2005) นอกจากนั้นแล้วยังมีคุณสมบัติเป็นสารเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหลายชนิด (Gou *et al*., 1996; Gelabert *et al*., 2002)

ผลการทดลองจากการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไกลซีนลงในไส้กรอกหมักที่ระดับร้อยละ 20 ทำให้ความเป็นกรด และรสเค็มของผลิตภัณฑ์ลดลงเพียงเล็กน้อย (Kilcast and Angus, 2007) และจากการศึกษาของ Gou *et al*. (1996) ในทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไกลซีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักพบว่าการแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไกลซีนในระดับต่ำ (ร้อยละ 10 -20) ส่งผลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย และที่การทดแทนที่ระดับต่ำยังไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ได้แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักในสูตรต้นแบบ แต่พบว่าหากแทนที่เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไกลซีนในระดับร้อยละ 30 ขึ้นไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักในสูตรต้นแบบ นอกจากนั้นมีการศึกษาของ Gelabert *et al*. (2002) สรุปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ทำการศึกษายอมรับในการทดแทนการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไกลซีนที่ร้อยละ 10 – 20 เนื่องจากการทดแทนด้วยไกลซีนในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิตถัณฑ์มีความแตกต่างในคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส

2.3.7.2 แอล-อาร์จินีน (L-arginine)

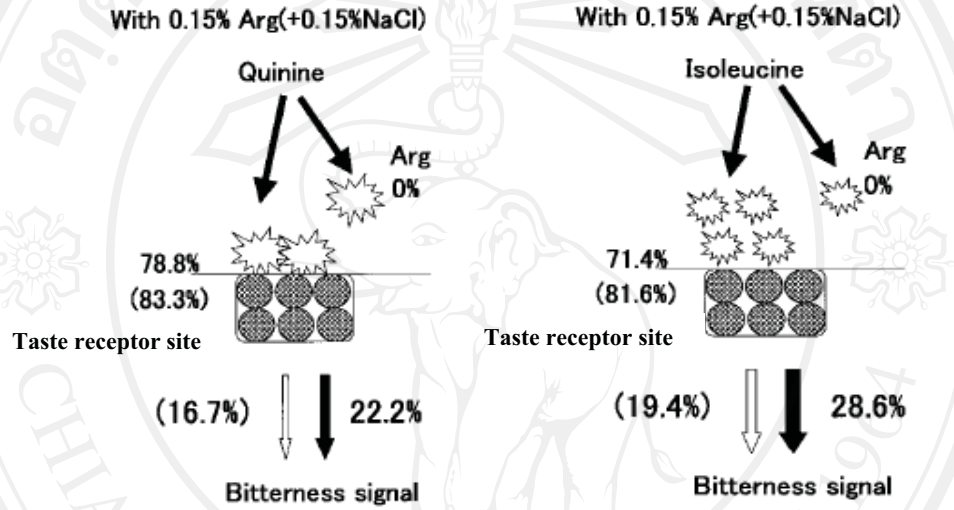


ภาพ 2.5 แอล-อาร์จินีน (L-arginine)

แอล-อาร์จินีน (L-arginine) เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายมีโครงทางเคมีดังภาพ 2.5 ซึ่งร่างกายสามารถสร้างเองได้ และยังมีคุณสมบัติในการบดบังรสขม และกลิ่นรสโลหะหลังจากการบริโภคเกลือโพแทสเซียมที่ใช้ทดแทนเกลือเกลือโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณร้อยละ 50 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสารละลายแอล -อาร์จินีนด้วยผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝน พบว่า แอล-อาร์จินีนให้ทั้งรสขม และรสหวาน (Kawai and Hayakawa, 2005) แต่จากการศึกษาของ Ogawa *et al*. (2004) พบว่าแอล-อาร์จินีนสามารถที่จะบดบังรสขมของสารละลาย quinine และ isoleucine ได้ Ogawa *et al*. (2004) ได้อธิบายถึงกลไกการบดบังรสขมของแอล-อาร์จินีนโดยแสดงถึง Guanidinium group ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับหน่วยรับรสขมของมนุษย์ และสามารถเข้าบดบังต่อมรับรสขมได้ดีแสดงกลไลดังภาพ 2.6



ภาพ 2.6 กลไลการบดบังรสขมของสารละลาย Quinine และ Isoleucine ในหน่วยรับรสขมของมนุษย์
ที่มา:Ogawa *et al*. (2004)

จากภาพ 2.6 Ogawa *et al*. (2004) ได้สรุปไว้ว่า แอล-อาร์จินีนมีความจำเพาะต่อหน่วยรับรสขมของมนุษย์ และโมเลกุลของแอล -อาร์จินีนสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ภายในหน่วยรับรสขมของมนุษย์ ซึ่งทำให้อนุภาคของรสขมผ่านเข้าไปยังหน่วยรับรสขมได้น้อยลงจึงสามารถบดบังรสขมได้ นอกจากนั้นหากใช้แอล -อาร์จินีนร่วมกับ เกลือโซเดียมคลอไรด์ จะทำให้มีประสิทธิภาพในการบดบังรสขมได้ดียิ่งขึ้น

และจากการศึกษาทดลองคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในซุปที่ใช้การทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ และเติมเอล-อาร์จินีนลงไป พบว่าผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของซุปที่ใช้เกลือโพแทสเซียมทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับการใช้แอล -อาร์จินีนได้ ซึ่งในซุปดังกล่าวสามารถใช้เกลือโพแทสเซียมร้อยละ 85 ร่วมกับแอล-อาร์จินีน ร้อยละ 15 (Waimaleongora-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Ek, 2006) นอกจากนั้นแล้วการเติมอาร์จินีนลงในอาหารหรือเครื่องดื่มที่ลดการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์พบว่าอาร์จินีนสามารถเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์บางชนิด และยังสามารถเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มได้ (Kilcast and Angus, 2007)

2.4 การลดเกลือในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เกลือเป็นส่วนผสมพื้นฐานในกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์แปรรูปซึ่งมีการใช้งานตั้งแต่สมัยโบราณเพื่อเป็นการป้องกันการเน่าเสียของเนื้อสัตว์ โดยที่เกลือมีคุณสมบัติในการลดปริมาณ water activity (a_w) และยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งในอุตสาหกรรมปัจจุบันเกลือถูกนำมาใช้เพื่อเป็นสารให้กลิ่นรส หรือเป็นตัวเสริมกลิ่นรส และยังใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสในกระบวนการเนื้อสัตว์แปรรูป จะเห็นได้ว่าเกลือมีบทบาทอย่างมากในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปโดยที่เกลือจะเข้าไปสกัดโปรตีนเพื่อทำให้การอุ้มน้ำดีขึ้นซึ่งจะลดการสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุในสุญญากาศ นอกจากนั้นยังเพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะของโปรตีนเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และยังช่วยให้ส่วนผสมของเนื้อสัตว์รูปแบบในลักษณะของอิมัลชันมีลักษณะที่เหนียวและเพิ่มความคงตัวของส่วนผสม นอกจากนั้นยังมีความสำคัญต่อกลิ่นรส และคุณภาพทางด้านเชื้อจุลินทรีย์เป็นอย่างมาก (Kilcast and Angus, 2007)

2.4.1 ผลของเกลือต่อกลิ่นรสผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เกลือเป็นมีผลต่อการเสริมกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งจะให้รสเค็มเป็นหลักจากการศึกษาของ Crehan *et al.* (2000) พบว่าการลดปริมาณเกลือในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะทำให้การรับรู้ถึงรสเค็ม และความเข้มของกลิ่นรสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลง นอกจากนั้นแล้วเกลือและไขมันยังมีบทบาทอย่างมากต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ จากการศึกษาทดลองได้แสดงให้เห็นว่าระดับของเกลือที่เพิ่มขึ้นทำให้รสเค็มในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของไขมันในระดับสูง และจากงานวิจัยหลายชิ้นกล่าวว่าการรับรู้ของรสเค็มในผลิตภัณฑ์จะลดน้อยลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น(Kilcast and Angus, 2007) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Ruusunen *et al.* (2005)พบว่าปริมาณของเนื้อสัตว์มีผลต่อการรับรู้ถึงรสเค็มได้มากกว่าปริมาณของไขมันในผลิตภัณฑ์ ในการศึกษาทดลองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไม่พบความแตกต่างเมื่อทำการลดระดับของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสมจากร้อยละ 3.0 เป็นร้อยละ 2.5 แต่หากลดการใช้เกลือเป็นที่ระดับร้อยละ 2 หรือน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนเนื่องจากความเข้มของกลิ่นรสเค็มในผลิตภัณฑ์มีค่าลดน้อยลง นอกจากนั้นแล้วในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ใช้เกลือในปริมาณน้อยจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มของกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ (off flavor) ที่สูงขึ้น (Kilcast and Angus, 2007)

จากการทดลองพบว่าการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารนอกจากจะให้รสเค็มแล้วยังช่วยเพิ่มคุณลักษณะทางด้าน fullness และ thickness ให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำน้อยหรือผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะบางได้ นอกจากนั้นแล้วกลิ่นรสเคมี กลิ่นรสโลหะ จะลดลงหรือถูกบดบังจากการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณของเกลือที่ใช้ในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับรสเค็มที่ต้องการในอาหารแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 2.4 ถูกประเมินว่าเค็มมาก ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 1.6 ถูกประเมินว่ามีความเค็มที่พอดี จากการศึกษาหลาย ๆ ชิ้นพบว่าสามารถลดระดับโซเดียมลงได้ร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 โดยที่ไม่ส่งผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค ทำการศึกษาในแฮมสุก พบว่าแฮมที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 1.7 มีความเค็มอยู่ในระดับเดียวกันกับแฮมที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 2.0 และ 2.3 แต่มีความเค็มน้อยกว่าแฮมที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 1.1 และ 1.4 ผู้ทำการทดลองสรุปผลได้ว่ามีทางเป็นไปได้ที่จะทำการลดปริมาณการใช้เกลือในการผลิตแฮมสุกเป็นร้อยละ 1.7 ในขณะที่ยังคงรักษารสเค็มในแฮมสุกไว้เหมือนแฮมสุกแบบปกติ (Kilcast and Angus, 2007)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาในไส้กรอกชนิดโบลองญาปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสมจะถูกประเมินด้วยระดับความพอใจ (pleasantness) พบว่าระดับความพอใจในผลิตภัณฑ์จะลดลงโดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณเกลือที่ลดลงที่ระดับร้อยละ 1.20 ถึง 1.35 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 1.50 ซึ่งใช้เป็นผลิตภัณฑ์อ้างอิง และพบว่าระดับความพอใจของผลิตภัณฑ์จะมีมากขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ใช้เกลือที่ระดับร้อยละ 1.65 และ 1.80 นอกจากนี้แล้วผู้ประเมินจะไม่เต็มใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ใช้เกลือในส่วนผสมที่ระดับร้อยละ 1.2 (Kilcast and Angus, 2007)

2.4.2 ผลของเกลือต่อเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วเกลือมีหน้าที่สำคัญต่อกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์เนื้ออย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามหน้าที่หลักของเกลืออีกประการหนึ่งต่อผลิตภัณฑ์เนื้อคือช่วยในการละลายโปรตีนไมโอซิน (myosin)ในเนื้อสัตว์ หน้าที่ของโปรตีนนั้นจะช่วยในการเก็บรักษาน้ำภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสกัดโปรตีนไมโอซินในกระบวนการของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เกลือจะเข้าไปละลายโปรตีนในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดความเหนียวขึ้นบนผิวนอกของเนื้อสัตว์ซึ่งจะทำให้เนื้อสัตว์เกิดการยึดเกาะกันภายหลังจากกระบวนการผลิต ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทอิมัลชันเช่น ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ หรือ โบโลนา โปรตีนที่ถูกละลายจะยึดเกาะกันเป็นฟิล์มเข้าล้อมรอบเม็ดของไขมันในผลิตภัณฑ์ให้มีความคงตัวในระหว่างกระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่าเกลือมีจะส่งผลต่อการยึดเกาะกันของเนื้อสัตว์ การรักษาความคงตัวของไขมัน และการยึดเกาะของอนุภาคของน้ำ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

Whiting (1984) ได้รายงานว่าลักษณะของอิมัลชันที่ลดการใช้เกลือที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 2 จะทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของน้ำลดลง คุณภาพของ gel strength จะค่อย ๆ ลดลงเมื่อทำการลดการใช้เกลือจากร้อยละ 3.5 จนถึง ร้อยละ 1.5 และไขมันในอิมัลชันจะแยกชั้นเมื่อใช้เกลือในส่วนผสมน้อยกว่าร้อยละ 1 ปริมาณเกลือน้อยที่สุดที่แนะนำให้ใช้ในการสกัดโปรตีนเพื่อความคงตัวของการยึดเกาะของน้ำในผลิตภัณฑ์คือที่ระดับร้อยละ 1.5 (Kilcast and Angus, 2007) Sofos (1983) สรุปผลการทดลองไว้ว่า การลดปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสมของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์มากกว่าร้อยละ 20 มีผลทำให้ความคงตัวของอิมัลชันลดน้อยลง และการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทดลอในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จากไก่งวง ส่วนคุณลักษณะของ rheology และการเกิดเจล (gelation) พบว่าค่า shear stress ในเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อของสัตว์ปีก จะลดลงเมื่อทำการลดการใช้เกลือจากร้อยละ 2.50 ลงถึง ร้อยละ 1.25 (Kilcast and Angus, 2007)

2.4.3 ผลของเกลือต่อการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์

การป้องกันการเน่าเสีย และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะลดลงเมื่อมีการลดระดับของการใช้เกลือในกระบวนการผลิต การศึกษาของ Whiting (1984) พบว่าระดับของเกลือที่ลดลงจากร้อยละ 60 ถึง ร้อยละ 1.5 มีผลทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ นอกจากนั้นการลดลงของเกลือที่ระดับร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 1.25 ในผลิตภัณฑ์เนื้อบดมีผลทำให้เชื้อ *Lactobacillus* spp. มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (Kilcast and Angus, 2007) แต่จากการศึกษา พบว่าเกลือคลอไรด์หลายชนิด(NaCl, KCl, $MgCl_2$) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เก็บรักษาในตู้เย็น แต่อย่างไรก็ตาม มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานไว้ว่าการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับสูงสามารถควบคุมปริมาณของเชื้อ *Clostridium botulinum* ได้เป็นอย่างดีในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้ในไตรท ส่วนในทัศนะคติด้าน nonmicrobial ของอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่าการลดจากใช้เกลือจากระดับร้อยละ 50 ถึง ร้อยละ 1.25 หรือการแทนที่ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดไม่มีความแตกต่างกันเมื่อวิเคราะห์ค่าของ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ดังนั้นจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าเกลือมีความสำคัญต่อปริมาณของจุลินทรีย์ต่ออายุการเก็บรักษา และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป (Kilcast and Angus, 2007)

2.5 การทดลองแบบส่วนผสม (Mixture design)

การทดลองแบบส่วนผสม (Mixture design) เป็นการทดลองหาส่วนผสมของสูตร โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 1.0 หรือ ร้อยละ 100 (ไพโรจน์, 2539) เนื่องจากทุกปัจจัยรวมกันได้ร้อยละ 100 ดังนั้นสมการรีเกรสชัน (regression model) สำหรับ mixture design จึงไม่มีค่าคงที่ หรือเทอม b_0 (intercept) (Gacula, 1993) การวางแผนการทดลองแบบ mixture design มีแบบแผนการทดลองย่อย 4 แบบ ได้แก่ แบบ Scheffe' Simplex-Lattice แบบ Scheffe'Simplex-Centroid แบบ simplex axial และแบบ extreme vertices หรือ D-optimal (Hu, 1999) ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึง mixture design แบบ extreme vertices หรือ D-optimal

การทดลอง mixture design แบบ extreme vertices แผนการทดลองนี้จะเรียกว่า แบบที่มีข้อจำกัดเป็นสัดส่วน (design with constraints on proportion) หรือแบบที่มีข้อจำกัด (constrained mixture design) กล่าวคือ แผนการทดลองนี้ ระดับในแต่ละปัจจัยไม่จำเป็นต้องเป็นร้อยละ 0 - 100 โดยอาจเป็นร้อยละ 30 – 40 (0.30 – 0.40) หรือ ร้อยละ 15 – 25 (0.15 – 0.25) เป็นต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความจำเป็นโดยพื้นฐานในการทดลองบางอย่าง เช่นในการศึกษาทดลองนี้ทำการศึกษาการใช้ส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีน เพื่อลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงต้องใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์อย่างน้อยร้อยละ 35 ของปริมาณเกลือที่ใช้ในส่วนผสม จึงจะสามารถลดปริมาณโซเดียมลงในสูตรได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ของสูตรต้นแบบ ดังนั้นการทดแทนเกลือโพแทสเซียมได้น้อยกว่าที่ระดับร้อยละ 35 จึงไม่เป็นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สนใจ ขณะเดียวกันก็สนใจที่จะทราบว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ที่จะทำการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ และไกลซีนในระดับร้อยละ 0 ดังนั้นจึงอาจกำหนดปริมาณขั้นต่ำของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ และไกลซีนที่ระดับร้อยละ 0 35 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ปริมาณขั้นต่ำของส่วนผสมทั้งสามรวมกันจะต้องไม่เกิน หรือเท่ากับร้อยละ 100 ไม่เช่นนั้นจะมีเพียงส่วนผสมเดียวที่เป็นไปได้ หรือไม่มีส่วนผสมใดที่เป็นไปได้เลย (สุจินดา, 2548)

2.6 วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology,RSM)

วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology) เป็นตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับเมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (response) ถูกสร้างเป็นฟังค์ชันของตัวแปรเหล่านั้น เทคนิคทางสถิตินี้ใช้แผนภาพ contour plot ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่สนใจ ผลที่ได้คือ สามารถที่จะหาสูตร หรือสภาวะที่เหมาะสม (optimization) จากความสัมพันธ์เหล่านั้นได้ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่สนใจเหล่านั้นพร้อม ๆ กัน (Gacula and Singh, 1984) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการ RSM สามารถแสดงได้ดังสมการ 2.1

$$Y=f(X_1,X_2,\ldots,X_k) + E \qquad \text{สมการ 2.1}$$

โดยที่ Y คือ ค่าตอบสนองซึ่งเป็นตัวแปรตาม และ $X_1,X_2,\ldots,X_k$ คือ ตัวแปรที่สนใจซึ่งเป็นตัวแปรต้น E คือ error term ของความสัมพันธ์ ฟังค์ชั่นของตัวแปรเหล่านี้มักใช้สมการลำดับที่ 1 (first order model) หรือ สมการลำดับที่ 2 (second order model) หรือสมการ โพลิโนเมียล (polynomial model) เป็นตัวอธิบาย

ขั้นตอนการทำ RSM มีดังนี้

1. เลือกแผนการทดลองที่เหมาะสมที่จะให้ข้อมูลเพียงพอในการสร้าง contour plot
2. สร้างแบบจำลองหรือสมการเชิงเส้นที่ดีที่สุด
3. สร้าง contour plot หรือ surface plot จากสมการที่ได้
4. ตรวจสอบหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (optimization)
5. พิสูจน์แบบจำลอง (validation) โดยการทำการทดลองใหม่จากจุดที่เหมาะสมภายใต้ขอบเขตของตัวแปรแต่ละตัว แล้วเปรียบเทียบค่าจากการทดลองและค่าที่ทำนายได้จากสมการ (อนุวัตร, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

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

2.7 การทดสอบผู้บริโภค (Consumer testing)

การทดสอบผู้บริโภค หมายถึง การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยการใช้ผู้บริโภคที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน ซึ่งเป็นหรือกำลังจะเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะถูกประเมินจากลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่น การสัมผัส และการได้ยิน ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัด วิเคราะห์ และแปลความ ขณะที่รับความรู้สึกสัมผัสโดยการเห็น การได้ยิน การได้กลิ่น การชิมรส และการสัมผัส คำจำกัดความนี้ได้เป็นที่ยอมรับและรับรองโดยคณะกรรมการประเมินทางประสาทสัมผัสในองค์กรวิชาชีพต่าง ๆ เช่น The Institute of Food Technologists (IFT) และ The American Society for Testing and Materials (ASTM) (สุจินดา, 2547) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นระบบ จะมีการทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภคเป็นระยะ ๆ ผู้บริโภคจะมีบทบาทในการเลือกแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (product concept) การเลือกผลิตภัณฑ์จากสูตรตามความชอบของผู้ทดสอบ การประเมินผลผลิตภัณฑ์ขั้นทดลอง (pilot plant) และทดลองผลิตขั้นโรงงาน (process line) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจัดว่ามีความสำคัญ เพราะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นได้รับความสนใจในเชิงพาณิชย์ (ไพโรจน์, 2539)

2.7.1 ประเภทของการทดสอบผู้บริโภค

แบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามสถานที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

1) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory test) วิธีนี้จะเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มีข้อดีคือ สะดวกสำหรับนักวิจัย ควบคุมการทดสอบได้ดี แต่มีข้อเสียคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบในห้องปฏิบัติการบางครั้งมีข้อจำกัด ไม่เหมือนการทดสอบจริง มีข้อจำกัดด้านเวลา จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ประมาณ 50 คน

2) การทดสอบประเภทสถานที่ชุมชน (Central location test, CLT) วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด การทดสอบอาจทำ 1 ครั้ง หรือมากกว่านั้น และอาจใช้สถานที่ได้หลาย ๆ ที่ นิยมทำการทดสอบในสถานที่ที่มีผู้บริโภคอยู่รวมกันจำนวนมาก จำนวนผู้ทดสอบที่ใช้ปกติ คือ 100 คน แต่อาจอยู่ในช่วง 50 – 300 คน ข้อดีของวิธีนี้ คือ ได้ผู้ทดสอบจำนวนมากที่เป็นผู้บริโภคที่แท้จริง สามารถทดสอบหลาย ๆ ตัวอย่างได้ แต่มีข้อเสียคือ มีข้อจำกัดด้านสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ 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 ไม่สามารถทดสอบกับผลิตภัณฑ์ที่น่าเสียได้ง่าย ผลตอบกลับจากการทดสอบอาจได้รับน้อยกว่าที่ตั้งไว้ (สุจินดา, 2547)

2.7.2 วิธีการสุ่มตัวอย่างในการทดสอบผู้บริโภค

ในการทดสอบผู้บริโภคนั้น ขั้นตอนการสุ่มเลือกผู้บริโภคในการทดสอบถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากเป็นการเลือกตัวแทนมาทำการศึกษา และสรุปผลที่ได้ไปยังผู้บริโภคโดยรวม วิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่สำคัญ ได้แก่

1) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่แต่ละหน่วยในตัวอย่างประชากรมีโอกาสที่จะได้รับเลือก และโอกาสที่แต่ละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน่วยข้อมูลจะได้รับเลือกจะต้องทราบ และไม่ใช่ศูนย์ วิธีการสุ่มประเภทนี้ ที่สำคัญ ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling, SRS) การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic sampling, SYS) การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling) การสุ่มตัวอย่างตามพื้นที่ (area sampling)

2) การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) การสุ่มตัวอย่างนี้มีลักษณะที่สำคัญ คือ ไม่ได้กำหนดโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่กลุ่มตัวอย่างจะถูกเลือกมาจากประชากรทั้งหมด จึงไม่สามารถประมาณความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามการสุ่มวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยจริงเนื่องจากเลือกตัวอย่างผู้ทดสอบได้อย่างสะดวก การสุ่มตัวอย่างในลักษณะนี้ที่นิยมใช้ คือ การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิจารณญาณ (judgment sampling) การสุ่มตัวอย่างโดยกำหนดโควตา (quota sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบก้อนหิมะ (snowball sampling) (ศิริวรรณ และคณะ, 2541)

2.7.3 วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการทดสอบผู้บริโภค

แบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีการเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม และวิธีการเชิงปริมาณ (สุจินดา, 2547) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงปริมาณในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ลดเกลือโซเดียม ที่พัฒนา โดยใช้วิธี hedonic scale method ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ เริ่มคิดค้นในช่วงปี ค.ศ. 1940 โดย Peryam และ Pilgrim โดยระดับคะแนนที่ใช้วัดจะเป็น 5 7 และ 9 คะแนน (Peryam and Pilgrim, 1957) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระดับคะแนนที่ 9 คะแนน (9 point hedonic scale)

2.8 การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา

การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เป็นการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การจำแนก การอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่สามารถให้ข้อมูลที่ถูกต้อง เชื่อถือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ และมีค่าที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับผลการวัดค่าด้วยเครื่องมือที่สูง ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรหลาย ๆ สาขา ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับผู้ประเมินซึ่งต้องผ่านการฝึกฝนที่ถูกต้อง (เพ็ญขวัญ, 2550)

2.8.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบพรรณนาเชิงปริมาณ

วิธีการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบพรรณนาเชิงปริมาณ คือการบรรยายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์มีความละเอียดทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณของแต่ละลักษณะ การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีนี้ อาศัยความสามารถของผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนในการบรรยายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นคำพูดและให้ความเข้มของแต่ละลักษณะเป็นตัวเลขโดยใช้สเกลเชิงเส้นตรงมาตรฐานที่มีความยาว 150 มิลลิเมตร กิจกรรมต่าง ๆ ในการวิเคราะห์จะดำเนินการโดยผู้นำกลุ่มซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำหน้าที่บริหาร และประสานงานการอภิปรายแต่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นผู้ประเมิน

การเตรียมการ

1. การคัดเลือก

การคัดเลือกบุคคลเพื่อการประเมินต้องเป็นบุคคลที่มีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้และคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประเมิน
- มีความสามารถในการแยกแยะความแตกต่าง
- สามารถเข้าใจงานที่ต้องปฏิบัติ

2. ฝึกฝนผู้ประเมิน

ผู้ที่ผ่านการคัดเลือกต้องได้รับการฝึกฝนโดยผู้นำกลุ่มที่มีความเชี่ยวชาญ ซึ่งขั้นตอนการฝึกเป็นดังนี้

- การพัฒนาคำที่ใช้อธิบายลักษณะผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดยผู้นำกลุ่มซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากสมาชิกในกลุ่ม ใช้การอภิปรายกลุ่ม 4-5 ครั้ง ครั้งละอย่างน้อย 90 นาที และผู้นำกลุ่มต้องกระตุ้นให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- การพัฒนาคำศัพท์ในขั้นตอนนี้ผู้ประเมินจะพิจารณาตัวอย่างที่แจกให้ว่ามีลักษณะใดบ้างที่พบระหว่างการประเมินผลิตภัณฑ์ อาจใช้ตัวอย่าง 3-4 ตัวอย่าง เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะที่ต้องการให้ผู้ประเมินแต่ละคนบอกลักษณะที่พบและเขียนบนกระดาน นับจำนวนครั้งที่พบทำเช่นนี้จนครบทุก

- จัดกลุ่มลักษณะตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ตามลักษณะที่ประเมิน เช่น กลิ่น ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และกำหนดความหมายของแต่ละลักษณะรวมทั้งวิธีการประเมินในช่วงที่ทำการฝึกฝน อาจมีการตัดบางลักษณะที่ซ้ำออก หรือทำการกำหนดความหมายของลักษณะใหม่เพื่อให้ง่ายในการเข้าใจ

- การใช้สเกลโดยการฝึกการทดสอบผลิตภัณฑ์โดยสเกลเชิงเส้นตรงมาตรฐานที่มีความยาว 150 มิลลิเมตร เริ่มจากตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มจำนวนตัวอย่างที่ใช้ มีการกำหนดทิศทางของสเกลกำหนดค่าที่ใช้บอกความเข้มของแต่ละลักษณะปลายสเกลทั้งสองข้าง

- ผู้ประเมินจะได้รับทราบผลการทดสอบของตนเองและปรับปรุงข้อบกพร่องในการประเมิน

จำนวนผู้ประเมินที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบพรรณนาเชิงปริมาณโดยทั่วไปจะใช้จำนวนผู้ประเมิน 10-12 คน แต่บางงานวิจัยใช้เพียง 8 คน หรือมากถึง 15 คน ผู้ประเมินที่มีประสบการณ์จะใช้เวลาในการฝึกฝนน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่มีประสบการณ์โดยเฉพาะในการประเมินผลิตภัณฑ์ที่คล้าย ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved