บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่มีความสำคัญในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

การนำเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียมาใช้กับอาหารประเภทเนื้อ ได้มีการนำเชื้อประเภทนี้มาใช้กับผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมหมัก และเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังใช้แบคทีเรียแลคติคเป็นอาหารเสริมแก่สัตว์เลี้ยง แทนยาปฏิชีวนะเนื่องจากแบคทีเรียแลคติคช่วยให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ช่วยรักษาโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารที่เกิดจากการติดเชื้อต่างๆในลำไส้ จึงจัดว่าเป็นพวก โปรไบโอติก (Probiotics) ชนิดหนึ่ง

ในสหรัฐอเมริกาได้ริเริ่มใช้เชื้อแบคทีเรียเริ่มต้น ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเนื้อเป็นครั้งแรกในปี คศ. 1955 ซึ่งเชื้อที่ใช้เป็นเชื้อไลโอฟิไลส์ที่มีชื่อทางการค้าว่า ACCEL ในการหมักผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Semidry sausage) เช่น Thuringer, Cervelat, Summer sausage, Leabanon bologana และ Pepperoni โดยพบว่าการใช้เชื้อเริ่มต้น ACCEL จะช่วยลดระยะเวลาหมักไส้กรอกจากเดิมซึ่งใช้เวลา 150 ชั่วโมง เป็น 32 – 48 ชั่วโมง ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพรวมทั้งรสชาติที่ดีอีกด้วย

มีผู้วิจัยหลายท่านที่ศึกษาการนำแบคทีเรียแลคติคมาใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ในการผลิตไส้กรอกหมัก เช่น Hugas *et al.*(1993) ทำการแยกเชื้อแบคทีเรียแลคติคจากไส้กรอกหมักแบบแห้งของสเปนจากผู้ผลิต 15 ราย ได้เชื้อทั้งหมด 254 สายพันธุ์ พบ *L. sake* ร้อยละ 55 ตามด้วย *L. curvatus* ร้อยละ 26 *L. bavaricus* ร้อยละ 11 และ *L. plantarum* ร้อยละ 8 เชื้อ *L. sake* และ *L. curvatus* เป็นเชื้อที่เด่นและพบได้ในไส้กรอกซาลามีของกรีก โดย Hugas *et al.* (1993) แนะนำไว้ว่า เชื้อทั้งสองชนิดเป็นเชื้อที่เหมาะสมในการนำมาเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในการทำไส้กรอกหมักแบบแห้ง เพราะว่าเชื้อทั้งสองชนิดมีความสามารถในการแข่งขันสูงระหว่างการหมัก ซึ่ง *L. sake* นั้นสร้างสารพวก Bateriocin (Schillinger and Lucke, 1989 ; Sobrino *et al.*, 1991) ซึ่งสารนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเสื่อมเสียในเนื้อได้ (Meat preservative) (Stile and Hastings,1991; Garriga *et al.*,1996) ได้ทำการผลิตไส้กรอกหมักโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นได้แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

L. sake 5 สายพันธุ์ *L. curvatus* 4 สายพันธุ์ *L. bavaricus* 2 สายพันธุ์ และ *L. plantarum* 1 สายพันธุ์ พบว่า *L. curvatus* CTC435T ทำให้ไส้กรอกมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำที่สุด *L. plantarum* CTC305 สร้าง D-lactic acid สูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่พบว่ามีกลิ่นกรดแรงที่สุด และจากการเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ของเชื้อ *L. curvatus* พบว่า *L. curvatus* CTC371 จะให้กลิ่นหมักและกลิ่นโดยรวมที่ดี และไม่มีกลิ่นผิดปกติ ดังนั้นในการเลือกใช้แบคทีเรียแลคติคที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ควรจะคำนึงถึงความจำเพาะของเชื้อแต่ละสายพันธุ์มากกว่าที่จะคำนึงถึงชนิดของแบคทีเรียแลคติคเท่านั้น

ความสำคัญของแลคติคแอซิดแบคทีเรียต่อผลิตภัณฑ์อาหารหมัก

ปัญหาที่พบในการผลิตไส้กรอกหมักทั่วไปได้แก่ ผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอกันได้ทุกครั้ง เช่นการสร้างกรด การผลิตกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีความคงตัวแม้ว่าจะผลิตหรือเก็บรักษาในสภาวะเดียวกัน อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละฤดูกาล ก็ส่งผลให้คุณภาพของไส้กรอกมีความแตกต่างกัน สาเหตุหนึ่งมาจากการที่ผู้ผลิตไม่สามารถควบคุมชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตกรดและสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นวิธีการที่จะสามารถนำมาใช้เพื่อควบคุม หรือแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นคือ การใช้เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นเพื่อควบคุมการหมัก

จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการหมัก ซึ่งจะใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เพื่อเติมเป็นหัวเชื้อสำหรับการหมักจำเป็นต้องทำการคัดเลือกเชื้อที่มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติคได้ โดยแบคทีเรียชนิดนี้สามารถที่จะดำรงชีวิต และทำให้เกิดกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยที่ไม่ต้องการออกซิเจน กระบวนการทำงานจะเกิดจากการออกซิเดชัน และรีดักชันภายในโมเลกุล เนื่องจากว่ากระบวนการสลายของสารไม่ได้ใช้ออกซิเจน ดังนั้นผลผลิตสุดท้ายจึงไม่ใช่เป็นพวก คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ไนเตรท และซัลเฟต แต่ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการจะเป็นกรดแลคติค ซึ่งได้จากน้ำตาล ความสามารถของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ให้เป็นกรดแลคติค อะซีติค แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำให้สารอาหารประเภทอื่นในอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจุลินทรีย์พวกแลคติคแอซิดแบคทีเรีย จึงมีความสำคัญมากในการถนอมอาหาร เพราะว่าไม่ทำให้คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เสียไป และกรดแลคติคที่ผลิตขึ้นมานั้นยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้อีก (พัชรินทร์, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Gilliland and Speck (1975) ได้รวมคุณสมบัติของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ดีและรายงานว่าควรเป็นเชื้อที่เจริญในอุณหภูมิระหว่าง 26.7 – 43 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการทนเกลือไนไตรท์เข้มข้น และเจริญได้ดีที่ที่มีเกลือแกงร้อยละ 6 ต้องไม่เป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคหรือเป็นเชื้อที่ไม่สร้างสารพิษใดๆ เป็นเชื้อที่ไม่สร้างกลิ่นเน่าเหม็นให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารหมักไม่สร้างเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน และไขมัน ในกรณีที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์แลคติคแอซิดแบคทีเรียจะต้องเป็นเชื้อชนิด Homofermentative ซึ่งจะสร้างกรดแลคติคเป็นส่วนใหญ่จากการใช้น้ำตาลกลูโคส โดยประโยชน์ที่สำคัญในการเติมเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียเริ่มต้นลงไปในระบบการหมัก คือ ลดระยะเวลาการหมัก และช่วยลดอันตรายจากสารพิษต่างๆเช่น ฮิสตามีน ไนโตรซามีน และโบทูลินัม เป็นต้น

Rice *et al.* (1975) รายงานว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักอาหารจะมีผลต่อการสะสมของฮิสตามีน โดยพบว่าไส้กรอกหมักชนิด Dry – sausage ที่หมักโดยวิธีธรรมชาติซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการหมักนานจะพบฮิสตามีนสะสมในปริมาณมาก จากรายงานของ Gilliland (1985) พบว่าแลคติคแอซิดแบคทีเรียจะช่วยลดการสะสมของฮิสตามีน ในอาหารหมัก และพบว่าแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษจะเป็นตัวการผลิตสารนี้ออกมา โดยเกิดจากการสลายกลุ่ม คาร์บอกซิล ของสารฮิสตีดีน โดยมักพบสารฮิสตามีน ในอาหารหมักชนิดต่างๆ เช่น เนยแข็ง และไวน์ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่า อาหารที่หมักโดยใช้เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียเริ่มต้นจะปลอดภัยจากสารพิษ เช่น สารพิษจาก *Clostridium botulinum* และ Nitrosamine เนื่องจากแลคติคแอซิดแบคทีเรียที่มีปริมาณมากจะผลิตกรดออกมาอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน ซึ่งจะเร่งให้ไนไตรท์ที่เหลือตกค้าง (Residual nitrite) ที่ได้จากการใส่ดินประสิวในอาหารหมักถูกสลายไปเป็นไนตรัสออกไซด์ จึงทำให้การสะสมของการไนไตรท์ลดลง เป็นเหตุให้การสะสมของสารพวก Nitrosamine ลดลงด้วย

การใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น กล่าวคือ สามารถที่จะกำหนดให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ (Garcia- Varona *et al*., 2000) และป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์ (Sameshima *et al*., 1998) ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในด้านความปลอดภัยมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอ ระยะเวลาการหมักสั้นลง สามารถลดสารไนเตรท และสารไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์ได้ และมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น (Hugas and Monfort, 1997; Luke, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากรายงานของ Gilliland and Speck (1977) ซึ่งพบว่า *L. acidophilus* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus, Salmonella typhimuruim* , enteropathogenic *Escherichia coli, Clostridium perfringens* โดยที่ *S. aureus* และ *C. perfringens* จะถูกยับยั้งได้ดีกว่า *S. typhimuruim* และ *E. coli* จากการศึกษาพบว่าการยับยั้งเชื้อเหล่านี้มีผลจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อ *L. acidophilus*

การที่เชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียสามารถยับยั้งเชื้ออื่นได้นั้น เกิดจากการที่เชื้อนั้นสร้างสารบางชนิดออกมาซึ่งกลไกการยับยั้งที่แท้จริงยังสรุปได้ไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าการยับยั้งอาจเกิดจากสารเพียงชนิดเดียว หรือเกิดจากผลร่วมของการทำงานของสารหลายชนิด (Dahiya and Speck, 1968; Branan *et al.*,1975 ; Gilliland and Speck,1975) สารที่แลคติคแอซิดแบคทีเรียผลิตออกมายับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ได้แก่

1. สารปฏิชีวนะ เช่น Nisin และ Dipolcoccin ซึ่งผลิตโดยแบคทีเรียสกุล *Streptococcus* (Oxford, 1944; Hirsch,1951) สารปฏิชีวนะที่สร้างโดย *L. acidophilus* (Vincent, *et al.*, 1957; Tramer,1966 ; Hamden and Mikolajcik, 1975) สาร Lactolin ที่สร้างโดย *L. plantarum* (Kodama, 1952) สาร Bulgarican ที่สร้างโดย *L. bulgaricus* (Reddy and Shahani, 1971)

2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารที่ไม่ทนความร้อนอื่นๆ (Price and Lee,1970 ; Gilliland and Speck, 1975 ; Gilliland and Speck, 1977 ; Haryono *et al.*, 1981 ; Abdel-Bar and Harris, 1984)

3. กรดแลคติค และกรดระเหยบางชนิดซึ่ง Mather and Babel (1959) รายงานว่ากรดระเหยหรือระดับความเป็นกรดเป็นด่าง เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งไม่สามารถทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้ออื่นได้ ส่วน Lubis (1983) พบว่าเมื่อระดับความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นจนเป็นกลาง จะทำให้คุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของเชื้ออื่นหมดไปเช่นกัน

4. สารประเภทโปรตีน ซึ่งทนอุณหภูมิสูงได้ดี Hastings *et al.*(1991) กล่าวถึง กลุ่มของ Lantibiotics ซึ่งมี Lanthionine หรือ Methyllanthionine ประกอบขึ้นเป็นวงแหวนโดย Cysteine sulfhydryl group บน Dehydroalanine หรือ Dehydrobutyrine residues ซึ่งเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อนุพันธ์ของ Serine หรือ และสามารถทนความร้อนได้สูง แสดงว่ากรดอะมิโนที่ชื่อว่า Lantionin เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการทนความร้อนของสารแบคเทอริโอซินบางชนิด

ไส้กรอกหมัก

ไส้กรอกหมักหมายถึง ไส้กรอกที่ปรับสภาวะต่างๆให้เหมาะแก่การเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค โดยส่วนผสมของไส้กรอกหมักจะเตรียมโดยการผสมเนื้อและไขมันบดกับเกลือ สารประกอบไนไตรท์ หรือไนเตรท เครื่องเทศ และอื่นๆ ให้เข้ากันแล้วบรรจุลงในไส้หรือแบบบรรจุ ปล่อยให้เกิดการหมักและบ่ม จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีรสเปรี้ยว มีกลิ่นรสเฉพาะตัว โดยที่ในปัจจุบันไส้กรอกหมักเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป และในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีสูตรและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น Cervelat ซึ่งนิยมบริโภคกันในประเทศเนเธอร์แลนด์ เยอรมัน สวีเดน ออสเตรเลีย อเมริกา และไอซ์แลนด์ Salami หรือ Chorizo เป็นไส้กรอกหมักแบบแห้งนิยมบริโภคกันในประเทศบุลกาเรีย โปรตุเกส เม็กซิโก สเปน สวิสเซอร์แลนด์ สวีเดน อเมริกา อเมริกาใต้ อิตาลี อินเดีย และออสเตรเลีย เป็นต้น (วิเชียร, 2540)

ชนิดของไส้กรอกหมัก

Varnam and Sutberland (1995) กล่าวไว้ว่าไส้กรอกหมักแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ ไส้กรอกหมักชนิดกึ่งแห้ง (Semi-dry fermented sausages) และไส้กรอกหมักชนิดแห้ง (Dry fermented sausages) โดยไส้กรอกหมักชนิดกึ่งแห้งเป็นไส้กรอกหมักที่มีระยะเวลาในการผลิตตั้งแต่ 3 วันจนถึง 4 สัปดาห์ มีปริมาณน้ำร้อยละ 30 – 42 ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w; water activity) 0.92 – 0.96 ตัวอย่างเช่น Teewurst, Frische mettwurst, Summer sausage Thuringer เป็นต้น สำหรับไส้กรอกหมักแบบแห้งเป็นไส้กรอกหมักที่มีระยะเวลาในการผลิตตั้งแต่ 12 - 14 สัปดาห์ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 20 – 30 ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w; water activity) 0.82 – 0.86 ตัวอย่างเช่น Salami, Genoa, Saucisson และ Chorizo เป็นต้น Bacus (1984) กล่าวว่าไส้กรอกหมักแบบแห้งจะผ่านการทำแห้งโดยเอาน้ำออกไปร้อยละ 25 – 50 และสำหรับไส้กรอกหมักแบบกึ่งแห้งจะผ่านการทำแห้งโดยเอาน้ำออกไปร้อยละ 10 – 15 โดยจะต้องมีสัดส่วนของความชื้นต่อโปรตีนในผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่เกิน 2.3:1 สำหรับไส้กรอกหมักแบบแห้ง และ 3.7:1 สำหรับไส้กรอกหมักแบบกึ่งแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในประเทศไทยไส้กรอกหมักที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว และมั่ม ซึ่งจัดเป็นไส้กรอกหมักชนิดกึ่งแห้ง โดยแหนมมีปริมาณน้ำร้อยละ 63.93 – 67.60 ไส้กรอกเปรี้ยวมีปริมาณน้ำร้อยละ 31.48 – 38.49 และมั่มมีปริมาณน้ำร้อยละ 33.82 – 74.65 และมีระยะเวลาการผลิตประมาณ 2 – 5 วัน (Wongkhaluang and Boonyaratanakornkit, 1986)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก

การใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นควรตระหนักถึงปริมาณที่ใช้ว่าจะต้องเพียงพอ หรือมากพอที่จะแข่งขันกับเชื้อที่มีอยู่ในธรรมชาติ รวมถึงจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคด้วย ตลอดจนจะต้องคำนึงถึงการควบคุมกระบวนการหมักให้เหมาะสม ซึ่งถ้าหากมีการควบคุม และปฏิบัติการดังกล่าวอย่างดีที่สุดแล้วก็เป็นการมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้น่าจะปลอดภัย และมีคุณภาพมาตรฐานที่ดี (Bacus and Brown, 1981)

วิธี“Back slopping”เป็นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการหมักไส้กรอก โดยนำบางส่วนของไส้กรอกหมักซึ่งผ่านการหมักที่มีคุณภาพที่ดีและมีความเหมาะสมมาเป็นส่วนผสม โดยจะนำมาใช้เป็นส่วนสนับสนุนเริ่มต้นของเชื้อที่ดีที่ต้องการให้เกิดการหมักในไส้กรอก ซึ่งในปัจจุบันการผลิตที่แพร่หลายคือการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นหรือ “Starter cultures” (Smith and Polumbo, 1983) และเชื้อที่ใช้จะเป็นเชื้อกลุ่มแลคติคแอซิดแบคทีเรีย เช่น *Pediococcus* spp. , *Lactobacillus plantarum,* หรือ *Lactobacillus brevis* เป็นต้น และกลุ่มที่ใช้ หรือช่วยในการลดปริมาณไนเตรท หรือไนไตรท์ เช่น *Micrococcus* หรือ *Staphylococcus* spp.

ปี ค.ศ. 1940 Jensen and Paddock ได้ริเริ่มในการใช้แบคทีเรีย Lactobacilli สายพันธุ์ต่างๆมาเป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น โดยนำเชื้อดังกล่าวที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักมาเติมลงในส่วนผสม พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งต่อมาได้มีการนำเอาเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* เข้ามาใช้ด้วย (Gillilland, 1985; Campbell – platt and Cook, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การนำเอาเทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก มีการใช้ในรูปแบบเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นเดี่ยว และรูปแบบเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม การเลือกใช้ทั้ง Lactobacilli และ Pediococcus เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคได้ดี แบคทีเรียที่

สามารถสร้างกรดแลคติคได้ดียังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* และ Enterobacteriaceae ได้เป็นอย่างดี (Sameshima *et al*., 1998; Gonzalez and Diez, 2002) และในไส้กรอกหมักที่มีการใช้เชื้อ *Pediococcus acidilactici* โดยเชื้อนี้จะมีการผลิตสาร Pediocin ซึ่งพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อชนิด *Listeria monocytogenes* ในระหว่างการลดความชื้นของไส้กรอก (Foegeding *et al.*,1992)

ตาราง 2.1 เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ใช้ในกระบวนการหมักไส้กรอกหมัก

Microbial group	Species available as starters	Desired metabolic activities	Benefits in sausage Ripening
Lactic acid bacteria	*L. plantarum* *L. pentosus* *L. sake* *L. curvatus* *P. pentosaceus* *P. acidilactici*	Formation of lactic acid	Inhibition of phatogenic and spoilage bacteria: Acceleration and drying
Catalase positive cocci	*St. carnosus* *St. xylosus* *M. varians*	Nitrate reduction Oxygen consumption, Peroxide destruction Formation of carbonyls and esters	Colour formation and Stabilization Removal of excess nitrite Delay of rancidity; colour Stabilization Aroma and flavour Development
Yeasts	*Deb. Hansenii,* *Candida famata*	Oxygen consumption Not know in detail	Delay of rancidity; colour Stabilization Aroma and flavour Development
Moulds	*Pen. Nalgiovense Biotypes 2,3,6;* *Pen. chrysogenum*	Surface colonization Oxygen consumption Lactate oxidation Degradation of protein and amion acids	Suppression of undesired Mould; facillitation of drying Delay of rancidity; colour Stabilization Flavour development

หมายเหตุ *L; Lactobacillus P; Pediococcus St; Staphylococcus M; Micrococcus Deb; Debaryomyces Pen; Penicillium*

ที่มา: Lucke (1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มั่ม

มั่มเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกหมักแห้ง ผลิตจากเนื้อ ตับ กระเทียม ข้าวเหนียว ข้าวคั่วและเกลือ ผสมแล้วบรรจุในไส้ นิยมผลิตโดยใช้เนื้อโค หรือเนื้อกระบือ แต่ในบางแห่งมีการผลิตโดยใช้เนื้อหมู เป็นวัตถุดิบเช่นกัน โดยมั่มที่ผ่านกระบวนการหมักแล้ว จะมีรสชาติเปรี้ยว เนื่องจากกรดแลคติค มีกลิ่นและรสที่เป็นลักษณะพิเศษเฉพาะของผลิตภัณฑ์ นิยมบริโภคกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือภาคอีสาน

มั่มสามารถแบ่งตามลักษณะการบรรจุออกได้เป็น 3 ชนิด (เยาวลักษณ์, 2536) คือ

1. มั่มข้อ บรรจุในไส้หมูสดหรือไส้วัวสดที่ล้างสะอาดแล้วผูกมัดเป็นปล้องขนาด 4 - 5 นิ้ว ผึ่งแดดรำไรให้ผิวนอกของไส้แห้ง แขวนผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 - 2 วัน มั่มจะเริ่มแห้ง มั่มข้อที่แห้งดีสามารถเก็บได้นาน

2. มั่มพก บรรจุในไส้สุด หรือไส้ติ่งของวัว มีขนาดใหญ่ น้ำหนัก 1 - 4 กิโลกรัม ต่อพก แขวนผึ่งลมไว้ มั่มจะเกิดการหมักให้รสเปรี้ยวภายใน 2 - 3 วัน และมั่มจะแห้ง น้ำหนักจะลดลงไปเรื่อยๆ มั่มพกที่แห้งได้ที่เหมาะสม สามารถเก็บไว้รับประทานได้นาน 1 - 3 เดือน โดยไม่เน่าเสีย และความเปรี้ยวไม่เพิ่มมากขึ้นมีปริมาณน้ำประมาณร้อยละ 30 - 40

3. มั่มหม้อ บรรจุในหม้อ มีราคาถูกที่สุด เนื่องจากมีการเติมปอด ผสมรวมกับเนื้อม้าม และตับ บรรจุในหม้ออัดให้แน่น ตั้งหมักไว้ 1 – 2 วันแล้วจึงนำมารับประทาน

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ใช้รับประทานโดยตรงกับหัวหอมแดง พริกขี้หนูสด และขมิ้นขาว เป็นต้น รสชาติออกเปรี้ยว มีคุณค่าทางอาหารสูง การเก็บเพื่อรับประทานต่อไปมักจะเก็บในตู้เย็น เพื่อรักษารสชาติไม่ให้เปรี้ยวจัดเกินไป (ลักขณา, 2540) ซึ่งมั่มที่ตากแห้งแล้วสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเดือน (ปรีชา, 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของมั่ม

องค์ประกอบทางเคมี	Bolan	Wongkhalaung and Boonyaratanakornkit
ปริมาณน้ำ(ร้อยละ)	33.8 – 74.7	33.82 - 74.65
โปรตีน(ร้อยละ)	11.3 – 39.3	11.39 – 39.28
ไขมัน(ร้อยละ)	1.4 – 18.3	1.40 – 4.50
เส้นใย(ร้อยละ)	0.1 – 1.5	0.10 – 1.44
เถ้า(ร้อยละ)	3.1 – 9.7	3.28 – 9.65
น้ำตาล(ร้อยละ)	Trace – 11.8	Trace - 11.74
กรดแลคติค(ร้อยละ)	0.7 – 4.4	1.10 – 4.31
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	4.0 – 4.5	4.0 - 4.5
ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w)	0.90	-

ที่มา: Bolan *et al.*(1993) and Wongkhalaung and Boonyaratanakornkit (1986)

ส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบในมั่ม

เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นส่วนผสมหลักของมั่ม ซึ่งในเนื้อสัตว์จะมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 18-20 ไขมัน ร้อยละ 0.9 และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.2 (Lawrie,1979) ซึ่งทำให้แลคติคแอซิดแบคทีเรีย และแบคทีเรียอื่นๆเจริญได้ นอกจากนี้เนื้อสัตว์จะทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) ที่ดี เนื่องจากโปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำ ทำให้ส่วนผสมไม่แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังให้ความร้อน และโปรตีนจะจับกันเป็นก้อน (Coagulate) เมื่อถูกความร้อนทำให้มีลักษณะกึ่งแข็ง นอกจากนี้ในสัตว์ยังมีสารไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นสารที่มีสีแดงจะทำให้อาหารมีสีแดง แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ไมโอโกลบินเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ ดังนั้นจึงทำให้มั่มมีลักษณะที่เป็นสีคล้ำเช่นกัน (งามนิจ, 2539)

เนื้อที่ใช้ผลิตไส้กรอกหมักอาจใช้เนื้อหมู เนื้อแกะ เนื้อวัว หรือเนื้อไก่ ขึ้นอยู่กับชนิดของไส้กรอกหมักและท้องถิ่นที่ผลิต ในบางท้องถิ่นแถบยุโรปตะวันตกพบว่ามีการใช้เนื้อลา และเนื้อม้าในการผลิตไส้กรอกหมักด้วย เนื้อที่ใช้ต้องมีคุณภาพดี ไม่ปนเลือด เนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ อาจมีการใช้เนื้อ PSE (Pale Soft and Exudative) ซึ่งเป็นเนื้อที่มีลักษณะซีด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จางกว่าปกติ เนื้อสัมผัสนิ่มและมีน้ำเยิ้มได้ในบางผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแบบแห้ง เพราะช่วยให้ผลิตภัณฑ์แห้งเร็วขึ้น แต่เนื้อ DFD (Dark Firm Dry) ซึ่งเป็นเนื้อที่มีลักษณะเข้ม เนื้อสัมผัสแน่นและแห้ง ไม่เหมาะในการนำมาทำไส้กรอกหมักแบบแห้ง เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ง่าย (Varnam and Sutberland,1995)

แลคติคแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) และเชื้อเริ่มต้น (Starter cultures)

จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติค แบ่งได้เป็น 2 ชนิดหลัก คือ Homofermentative lactic acid bacteria เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคเพียงอย่างเดียวในระหว่างกระบวนการหมัก ได้แก่ จีนัส Streptococcus, Pediococcus, Lactococcus, Vagococcus และ Lactobacilli บางสายพันธุ์ ส่วน Hetorofermentative lactic acid bacteria เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคร่วมกับการผลิตกรดอะซีติค (Acetic acid) เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) ได้แก่จีนัส Leuconostoc, Oenococus, Weissella, Carnobacterium และ Lactobacilli บางสายพันธุ์ (Jay, 1996)

การใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น หมายถึง การเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่กำลังเจริญเติบโตลงไปในส่วนผสม โดยอาจเติมลงไปในขั้นผสมกับเนื้อก่อนเพื่อให้มีการกระจายตัวอย่างทั่วถึง และการเติมเชื้อบริสุทธิ์ลงไปควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงกับส่วนผสมเช่น เกลือ สารไนเตรท และสารไนไตรท์ เนื่องจากสารดังกล่าวอาจทำให้การทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารแขวนลอย (Suspension) ที่มีความเข้มข้นต่างกัน ดังนั้นในการใช้ควรเจือจางลงให้ได้ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อน เพื่อให้เกิดการกระจายตัวอย่างทั่วถึง หรือหากมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ในรูปของเชื้อแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dried) ก็ควรละลายน้ำให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการก่อนใช้งานเช่นกัน (Gilliland, 1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แหล่งของคาร์โบไฮเดรต

การเติมคาร์โบไฮเดรต มีวัตถุประสงค์เพื่อให้จุลินทรีย์ที่ผลิตกรดใช้เป็นแหล่งคาร์บอนทำให้จุลินทรีย์เจริญอย่างรวดเร็วและผลิตกรดจำนวนมาก ส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่างในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้โรคเช่น *Staphylococcus aureus* โดยทั่วไปมักใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.4 - 0.8 (Varnam and Sutberland,

1995) การใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณที่เหมาะสม เช่น กลูโคส จะเกิดการใช้คาร์โบไฮเดรตอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะดี ส่วนการใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เหมาะสมเช่น โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharides) ซึ่งย่อยสลายได้ยาก อาจส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้ (Wood, 1985) นอกจากนี้การเติมคาร์โบไฮเดรตลงไปยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มปริมาณ หรือเป็นตัวช่วยลดต้นทุนในการผลิต และมีผลต่อเนื้อสัมผัส เนื่องจากแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบในข้าวเหนียว หรือข้าวคั่วจะทำหน้าที่ดูดน้ำ เมื่ออาหารได้รับความร้อนจะทำให้แป้งเกิดเจล (Gelatinization) ทำให้มีความเหนียว ส่งผลให้ลักษณะอาหารหนืดขึ้น (งามนิจ, 2539) ส่วนจุดประสงค์ในการเติมข้าวคั่วลงไปในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กลิ่นของข้าวคั่วไปดับกลิ่นคาวของเนื้อเป็นหลักไม่ได้ใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ เนื่องจากข้าวที่นำมาทำข้าวคั่วนั้นไม่ได้ผ่านการทำให้สุก (Gelatinization) ดังนั้นจุลินทรีย์จะนำมาใช้ได้ยาก (สมทบ, 2531)

กระเทียม

กระเทียม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Allium Sativum L.* ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 26 โปรตีน ร้อยละ 7 และน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 0.1 นอกจากนี้ยังประกอบด้วย เกลือแร่ แคลเซียม โซเดียม โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก ไอโอดีน ซัลเฟอร์ และวิตามินต่างๆ เช่น วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง วิตามินซี และไนอะซิน (De castro *et al*.,1998)

กระเทียมมีสารประกอบกำมะถันชนิดหนึ่ง เรียกว่า อัลลิอิน (Alliin) ซึ่งเป็นสารที่มีความเสถียรภาพสูง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้ ถ้าถูกขยี้จนช้ำ สารนี้จะถูกย่อยโดยเอนไซม์อัลลินเนส เปลี่ยนเป็นสารอัลลิซิน ไพรูเวท และแอมโมเนีย ซึ่งจะให้กลิ่นเฉพาะตัว และเกิดรสชาติของกระเทียมอย่างรุนแรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไพโรจน์ และคณะ (2539) รายงานว่าเครื่องเทศที่เติมลงไป นอกจากจะเป็นส่วนประกอบที่ให้รสชาติ และกลิ่นตามธรรมชาติแก่ผลิตภัณฑ์แล้วยังพบว่าเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการผลิตกรดที่ดี โดยเฉพาะกระเทียมสด เครื่องเทศธรรมชาติที่ใช้ในสูตรการผลิตอย่างเหมาะสมจะมีผลโดยตรงต่ออัตราเร็วของการหมัก โดยจะเป็นตัวกระตุ้นให้แลคติคแบคทีเรียที่ผลิตกรดได้มีการสร้างกรดอย่างมีประสิทธิภาพ

ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักมักใช้กระเทียมเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากกระเทียมที่เติมเข้าไปจะช่วยดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ ช่วยให้เกิดกลิ่นที่น่าบริโภค และป้องกันจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหมัก เช่น เชื้อรา (นันทนา, 2525)

การใช้กระเทียมในสูตรปริมาณสูงถึงร้อยละ 10 ของส่วนผสมทั้งหมด จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ มีการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ไม่ผสมกระเทียมจะเกิดการผลิตกรดแลคติคในปริมาณค่อนข้างต่ำ แต่ถ้าผลิตภัณฑ์เนื้อหมักมีกระเทียมผสมอยู่จะทำให้เกิดกระบวนการหมักที่เร็วขึ้น และปริมาณกรดแลคติคที่เกิดขึ้นมีมากกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่ไม่มีกระเทียมเป็นส่วนประกอบ (ณรงค์ และทัศนีย์, 2526)

เกลือ

ปริมาณการเติมเกลือลงไปในไส้กรอกของต่างประเทศจะอยู่ในช่วงร้อยละ 1 – 5 หน้าที่ของเกลือในไส้กรอก คือ (จันทร์สุดา, 2523)

1. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดี
2. ช่วยในการเก็บรักษาเนื้อ โดยทำการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ต้องการ คือ ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ลดลง
3. เป็นเครื่องกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ตามความปริมาณ และความเข้มข้นของเกลือ เช่น ไส้กรอกหมัก เชื้อที่เจริญได้ดี คือ แลคติคแอซิดแบคทีเรีย เพราะเชื้อชนิดนี้ทนเกลือและเชื้อบางตัวจะถูกเร่งการเจริญที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำ นอกจากนี้อัตราความเข้มข้นของเกลือจะควบคุมการหมักของไส้กรอกโดยตรง โดยพบว่าความเข้มข้นของเกลือที่ดีที่สุด คือช่วงร้อยละ 2 – 3 ทำให้ลักษณะของเนื้อ สี และมีความน่ารับประทานมากที่สุด (Zaika *et al.*,1978)

นอกจากนี้เกลือจะทำให้เกิดการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อ จากหน้าที่ของโปรตีนสำคัญที่สามารถทำหน้าที่สกัดโปรตีนอื่นๆเช่น แอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) โปรตีนเหล่านี้จะช่วยห่อหุ้มไขมันและตรึงน้ำในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักสามารถคงตัวได้ดีโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก เกลือจะช่วยยับยั้งการเจริญของพวกแบคทีเรียแกรมลบที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลโปไลติค (Lipolytic enzymes) ในเนื้อเยื่อไขมันสัตว์ ทำให้อาหารเกิดการหืนช้าลง (Aguirrezabal *et al.*, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกลือที่เหมาะสมในการหมักเนื้อสัตว์ ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว นิยมใช้เกลือสินเธาว์มากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทรอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง (Halophilic bacteria) และมีอนุมูลอิสระของสารพวกแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมของน้ำเกลือทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง มีโลหะหนักเช่น ผลึกทองแดงถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านการกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ในการหมักได้เช่นกัน

สารไนเตรท และสารไนไตรท์

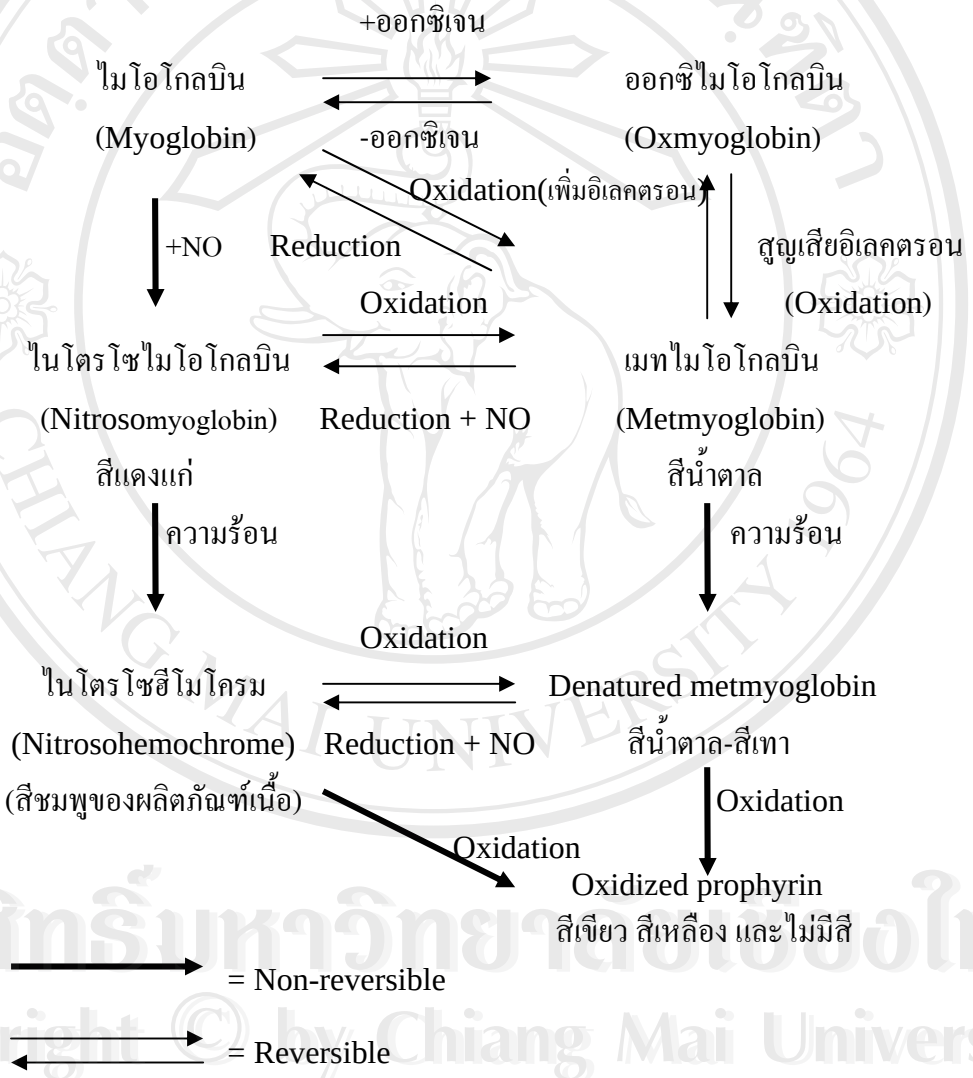
ในด้านการใช้งานมักนิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียม หรือเกลือโปแตสเซียม หน้าที่ของเกลือไนเตรท และเกลือไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดง และรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ไว้ ช่วยเพิ่มรสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้มีกลิ่นรสเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์แบคทีเรีย โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยทำให้แบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการหมักเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะ Lactobacilli และ Micrococci นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยไปยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (เยาวลักษณ์, 2536 ; Wood, 1985 ; Goutefongea, 1992 ; Campbell-Platt and Cook, 1995; Fennema, 1996 ; Aguirrezabal *et al*., 2000)

สารไนเตรทไม่มีบทบาทโดยตรงในกระบวนการหมัก แบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์สารไนเตรท (Nitrate reducing bacteria) ได้จะทำการเปลี่ยนสารไนเตรทเป็นไนไตรท์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักเนื้อ อาจกล่าวได้ว่าไนเตรทเป็นแหล่งสำคัญต่อการเกิดไนไตรท์เมื่อไนเตรทถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์โดยจุลินทรีย์ กระบวนการนี้จำเป็นต้องใช้จุลินทรีย์ในปริมาณที่มากพอด้วย อย่างไรก็ตาม การเจริญของจุลินทรีย์ดังกล่าวหากมีปริมาณมากในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักก็อาจไม่เป็นที่ต้องการเช่นกัน ปริมาณสารไนไตรท์ที่เกิดจากสารไนเตรทขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ แบคทีเรีย และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นต้น ซึ่งการที่จะควบคุมให้ได้สภาวะที่เหมาะสมทำได้ไม่ง่ายนัก (ลักขณา, 2540; Fennema, 1996)

สารไนเตรทจะถูกรีดิวส์ให้เป็นสารไนไตรท์ โดยแบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์สารไนเตรทได้ จากนั้นเมื่อไนไตรท์อยู่ในสภาวะที่มีแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ และมีค่าความเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดเป็นด่างที่เหมาะสมจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไนตรัส และสลายตัวได้ไนตริกออกไซด์ ส่วนไมโอโกลบิน (Myoglobin) ในเนื้อสัตว์นั้นส่วนใหญ่มักเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ในเนื้อสัตว์เกิดเป็นสารไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) และเมื่อสารดังกล่าวได้รับความร้อนจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนโตรโซฮีโมโครม (Nitrosohemochrome) ที่มีสีชมพูคงตัว



ภาพ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสีของฮีมที่เกิดขึ้นในเนื้อ(ลักขณา, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของสารไนเตรท และสารไนไตรท์ต่อการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ไนเตรท (NO_3) —แบคทีเรียที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทได้ ดึงออกซิเจนออกไป→ ไนไตรท์ (NO_2^-)

ขั้นที่ 2 ไนไตรท์ (NO_2^-) + อนุมูลไฮโดรเจน (H^+) —แบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้→ กรดไนตรัส (HNO_2)

ขั้นที่ 3 กรดไนตรัส (HNO_2) —สลายตัว→ ไนตริกออกไซด์ (NO) + น้ำ (HO_2)

ขั้นที่ 4 ไมโอโกลบิน (Myoglobin) (สีม่วงแดง) —สภาพเหมาะสม→ เมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) (สีน้ำตาล)

ขั้นที่ 5 ไนตริกออกไซด์ (NO) + เมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) (สีน้ำตาล) —สภาพเหมาะสม→ ไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) (สีชมพูเข้ม)

ขั้นที่ 6 ไนโตรโซไมโอโกลบิน (Nitrosomyoglobin) (สีแดงเข้ม) —ความร้อน→ ไนโตรโซฮีโมโครม (Nitrosohaemochrome) (สีชมพูที่คงตัว)

สารไนไตรท์เป็นสารประกอบพิเศษที่สร้างเอกลักษณ์ หรือก่อให้เกิดลักษณะเฉพาะในกระบวนการบ่มเนื้อโดยใช้เกลือ (Curing) เนื่องจากความสามารถในการให้ลักษณะพิเศษทางด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก และก่อให้เกิดกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อที่หมักเกลือ (Cured-meat) (Campbell-Platt and Cook, 1995)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้สารไนเตรทได้ในปริมาณไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (โดยคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรท) และสารไนไตรท์ใช้ได้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (โดยคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขตามพระราชบัญญัติอาหาร, 2522)

ไส้บรรจุ

ชนิดของไส้บรรจุมีอยู่ 2 ชนิดดังนี้

ไส้แท้ (Natural casing) ได้จากไส้หมู แกะ วัว และควาย นำไปล้างทำความสะอาด แล้วนำเกลือมาคลุกให้ทั่ว จากนั้นล้างเกลือออกให้หมดแล้วแช่น้ำไว้จนกว่าจะใช้บรรจุ ไส้แท้ที่นำมาใช้เป็นไส้บรรจุควรสามารถขยายออกและหดตัวเข้าเมื่อทำการบรรจุส่วนผสม และยังสามารถหดตัวได้เมื่ออยู่ในสภาพแห้งลงหรือผ่านการให้ความร้อน ไส้แท้มีคุณสมบัติที่ปล่อยให้ความชื้นและควันไฟซึมเข้าไปในเนื้อไส้กรอกได้ง่าย แต่ไส้แท้มีข้อเสียคือ ขนาดของไส้ไม่สม่ำเสมอ ไส้ที่มีอายุต่างกันก็มีความแข็งแรงต่างกันด้วย การเก็บรักษาค่อนข้างยาก ไส้แท้อาจฉีกขาดได้ง่ายเนื่องจากอาจมีรูเล็กๆ มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการมากับไส้แท้เนื่องจากขั้นตอนการเตรียมไส้ก่อนการบรรจุไม่ดีพอ และจะสูญเสียความชื้นได้ง่ายกว่าไส้สังเคราะห์

ไส้เทียม (Artificial casing) นิยมนำมาใช้ในโรงงานทำไส้กรอก เนื่องจากผลิตได้ปริมาณมาก มีราคาถูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกได้ตามความต้องการ ขนาดมีความสม่ำเสมอ และเก็บรักษาได้ง่าย โดยไส้เทียมในปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบคือ ไส้เทียมแบบรับประทานได้ (Edible artificial casing) ทำมาจากโปรตีนคอลลาเจน โดยได้จากการสกัดหนังสัตว์ด้วยสารละลายด่าง และล้างน้ำเพื่อแยกสารละลายที่ได้ และส่วนที่ไม่ใช่คอลลาเจนออก แล้วนำไปเข้าเครื่องบด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดแลคติคชนิดเจือจางเพื่อให้เกิดการพองตัวและเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำไปเข้าแบบให้ได้ลักษณะเป็นหลอด และนำไปผ่านในภาชนะที่บรรจุแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อตกตะกอน นำหลอดที่ได้ไปล้าง ทำให้แข็งตัวและอบให้แห้ง (เยาวลักษณ์, 2536 ; ลักขณา, 2540) ไส้เทียมแบบรับประทานไม่ได้ (Inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดจากเมล็ดฝ้าย คอลลาเจนที่บริโภคไม่ได้และพลาสติก ไส้เทียมประเภทนี้มีตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 – 15 เซนติเมตร มีความแข็งแรงทนทาน และยังป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้บรรจุที่เลือกใช้ในการผลิตก็เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเช่นกัน ไส้บรรจุที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเป็นกรดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไส้บรรจุขนาดเล็กกว่า เช่นเดียวกับระยะเวลาที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไส้บรรจุขนาดใหญ่อาจต้องใช้เวลาในการหมักนานกว่าการใช้ไส้บรรจุขนาดเล็ก เนื่องจากการ

กระจายตัวของอุณหภูมิในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่มากกว่าจะเป็นไปได้อย่างช้ากว่า ตลอดจนความร้อนที่ใช้ในการหยุดกระบวนการหมักก็เป็นไปอย่างช้าด้วยเหตุผลเดียวกัน

สารเคมีกันเสีย

กรดซอร์บิคและโปแตสเซียมซอร์เบท

กรดซอร์บิค เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายตรง ชื่อทางเคมีคือ 2,4 – Hexadienoic acid สูตรโมเลกุลคือ CH_3-CH=CH-CH=CH-COOH มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 112.13 ผลึกมีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเข็ม ไม่มีสี และอาจพบได้ในลักษณะผงหรือเม็ดสีขาว อ่อนนุ่ม แตกหักง่าย ละลายน้ำได้น้อย เกลือซอร์เบทจะละลายน้ำได้ดีกว่ากรดซอร์บิค ในอุตสาหกรรมนิยมใช้เกลือซอร์เบทมากกว่ากรดซอร์บิค เกลือซอร์เบทที่มีจำหน่ายทางการค้า ได้แก่ แคลเซียมซอร์เบท โซเดียมซอร์เบท และโปแตสเซียมซอร์เบท โดยนิยมใช้โปแตสเซียมซอร์เบทมากที่สุดเนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ดีที่สุด มีความคงตัวสูง และวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก (Davidson and Branen, 1993)

โปแตสเซียมซอร์เบท มีชื่อทางเคมีคือ 2,4 – Hexadienoic acid potassium salt สูตรโมเลกุลคือ CH_3-CH=CH-CH=CH-COOK มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 150.22 โปแตสเซียมซอร์เบทมีลักษณะเป็นผงหรือเป็นเม็ดสีขาว สามารถละลายน้ำได้ดีกว่ากรดซอร์บิคมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อราและยีสต์ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่มีผลต่อแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดแลคติคได้ (Banwart, 1989 ;Davidson and Branen, 1993)

การนำกรดซอร์บิคและเกลือซอร์เบทมาใช้เพื่อเป็นสารเคมีกันเสีย ได้มีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมายเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์และสัตว์ เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการนำมาใช้ในอาหารก็เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและยีสต์

ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ของเกลือซอร์เบทจะเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง ความสามารถในการแตกตัวของเกลือซอร์เบทขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง กล่าวคือ ยิ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง เกลือซอร์เบทก็ยิ่งแตกตัวได้น้อย ซึ่งเกลือซอร์เบทในรูปไม่แตกตัว (Undissociate form) จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีกว่ารูปที่แตกตัว (Dissociate form)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเกลือซอร์เบทจะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีในสภาวะที่มีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำๆ แต่เกลือซอร์เบทก็ยังมีประสิทธิภาพที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 6.5 - 7.0 ซึ่งนับเป็นข้อดีของเกลือซอร์เบทอีกประการหนึ่งเมื่อเทียบกับวัตถุกันเสียอื่นๆ เช่น โพรพิโอเนท และเบนโซเอท (Deman, 1990 ; Fennema, 1996)

ปริมาณเกลือซอร์เบทในอาหารอาจจะสูญเสียไประหว่างการเก็บรักษา ปริมาณที่สูญเสียไปจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณของซอร์เบทที่ใช้เติมลงไปในอาหาร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง องค์ประกอบของอาหาร ความชื้น กระบวนการผลิต ภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา และสารเจือปนอื่นๆที่มีอยู่ในอาหาร (Banwart, 1989) ดังนั้นเพื่อป้องกันการถูกทำลายจากปัจจัยดังกล่าว จึงควรเก็บรักษาสารนี้ในภาชนะบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี พร้อมทั้งเก็บภาชนะดังกล่าวในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ ไม่มีแสงแดด (Sofos and Busta, 1993)

การแพร่ของซอร์เบทเข้าสู่อาหารจะเกิดมากหรือน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของอาหารด้วย ไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบ สมบัติทางกายภาพ โครงสร้าง ความชื้น หรือค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ด้วย ดังนั้นควรทำการศึกษาถึงกลไกการแพร่ของกรดซอร์บิคในการเข้าสู่เนื้ออาหาร เพื่อที่จะสามารถควบคุมให้กรดซอร์บิคแพร่เข้าสู่เนื้ออาหารได้มากที่สุด ทั้งในระหว่างกระบวนการผลิต และในระหว่างการเก็บรักษา

การใช้เกลือซอร์เบทในอาหารมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การใส่ในอาหารโดยตรง การจุ่มอาหารลงในสารละลายซอร์เบท การฉีดพ่นสารละลายซอร์เบท การคลุกพร้อมผงแป้ง การเติมในวัสดุเคลือบผิวอาหาร และการเติมลงในวัสดุหีบห่อ การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมนั้นควรพิจารณาจากชนิดของอาหาร วัตถุประสงค์ที่ต้องการ กระบวนการผลิต เครื่องมือ และความสะดวก (Banwart, 1989; Davidson and Branen, 1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดซอร์บิคและเกลือซอร์เบทได้รับการพิจารณาจาก GRAS(Generally Recognized As Safe) ว่าเป็นสารประกอบที่มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และอนุญาตให้ใช้เป็นสารเคมีกันเสียในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ทั้งนี้เนื่องจากเกลือซอร์เบทมีความเป็นพิษต่ำ และมีสมบัติที่ดีกว่าสารเคมีกันเสียชนิดอื่น ประเทศไทยได้มีการประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 ตามพระราชบัญญัติอาหาร พศ. 2522 อนุญาตให้ใช้โปแตสเซียมซอร์เบทในอาหารได้ในปริมาณสูงสุด

ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักอาหาร 1 กิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขตามพระราชบัญญัติอาหาร, 2522)

กรดซอร์บิค และโปแตสเซียมซอร์เบทเป็นสารประกอบที่ไวต่อความร้อน ความชื้น และแสงแดด ดังนั้นเพื่อป้องกันการถูกทำลายจากปัจจัยดังกล่าว จึงควรเก็บรักษาสารนี้ไว้ในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ พร้อมทั้งเก็บในบริเวณที่มีอุณหภูมิและมีความชื้นต่ำ รวมทั้งเก็บภาชนะดังกล่าวให้พ้นจากแสงแดด (Sofos and busta,1993) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขระบุว่าให้เก็บกรดซอร์บิคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท กันแสงได้ และเก็บที่อุณหภูมิไม่เกิน 38 องศาเซลเซียส (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขตามพระราชบัญญัติอาหาร, 2522)

Germinder (1995) รายงานว่า ในงานวิจัยเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ปลารมควันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสด้วยการใช้โปแตสเซียมซอร์เบท โดยการฉีดพ่นหรือทำการจุ่มในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 5 บนปลาแล้วนำไปรมควันจะทำให้มีกรดซอร์บิคในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 0.04 และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 20 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่มีการใช้โปแตสเซียมซอร์เบท) สามารถเก็บรักษาได้ 11 วัน ส่วนการจุ่มปลาที่รมควันแล้วลงในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะทำให้มีกรดซอร์บิคอยู่ในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 0.03 และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ 24 วัน ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม (ไม่มีการใช้โปแตสเซียมซอร์เบท) สามารถเก็บรักษาได้ 10 วัน

งานวิจัยของ Statham *et al.*(1995) พบว่า หากนำชิ้นปลาสดไปจุ่มในสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทความเข้มข้นร้อยละ 1.2 แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้โปแตสเซียมซอร์เบทจะลดจำนวนแบคทีเรียลงอย่างชัดเจน และเมื่อเทียบอายุการเก็บของชิ้นปลาที่ไม่ได้จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีอายุการเก็บ 6 วัน ส่วนชิ้นปลาที่จุ่มสารละลายโปแตสเซียมซอร์เบทจะมีอายุการเก็บ 13 วัน และมีปริมาณโปแตสเซียมซอร์เบทเฉลี่ยในชิ้นปลาสดร้อยละ 0.08

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเสื่อมคุณภาพทางด้านเคมีในผลิตภัณฑ์เนื้อ

การเสื่อมคุณภาพทางด้านเคมีในผลิตภัณฑ์เนื้อ ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหาร (Kanner, 1994) เนื้อสัตว์ที่ถูกตัดออกมาจะมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่างกัน เนื่องจากระดับความไม่อิ่มตัวของไขมันที่แตกต่างกัน โดยออกซิเจนจะเข้าไปรวมกับไขมัน ส่วนการบดเนื้อให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ออกซิเจนพบกับไขมันได้มากขึ้น จึงเกิดการหืนเนื่องจากออกซิเจนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) มีความไม่อิ่มตัวสูง จึงมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชันได้มาก และตำแหน่งของฟอสโฟลิปิดไม่ว่าจะเป็นในเนื้อเยื่อ หรือบนผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อไขมัน จะมีอิทธิพลต่อการเกิดออกซิเดชัน ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้เมื่อเซลล์ถูกทำลาย (Ranken, 1994)

การวัดการเสื่อมเสียของไขมันในอาหาร สามารถใช้ได้ทั้งวิธีการทางประสาทสัมผัสและทางเคมี โดยวิธีการทางประสาทสัมผัสใช้ผู้บริโภคประเมินผลเป็นคะแนน ซึ่งสัมพันธ์กับกลิ่นหืน จึงจำเป็นต้องใช้ผู้ชิมที่มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ผลที่ได้มีความแปรปรวนมากและเสียเวลา สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีวัดได้โดยใช้ค่า Thiobabituric acid value (TBA) ซึ่งการหาค่า TBA เป็นวิธีที่นิยมใช้วัดระดับการเกิดออกซิเดชันของไขมันอย่างกว้างขวาง โดยวัดความเข้มของสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดไทโอบาบิทูริค (2 – thiobabituric acid) กับสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน คือ มาโลนัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) (Yu and Sinnhuber, 1957)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีชา (2531) ได้มีการศึกษาจุลินทรีย์ในมั่มที่หมักแบบพื้นบ้านในจังหวัดต่างๆของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 6 จังหวัด จำนวน 8 ตัวอย่าง พบว่า แบคทีเรียกรดแลคติคทุกชนิดสามารถเจริญได้ดีในอาหาร MRS (de Man Rogosa Sharpe) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร PCA (Plate Count Agar) และ GYP (Glucose Yeast Peptone) และพบแบคทีเรียกรดแลคติค 6 ชนิด ระหว่างการหมักมั่ม คือ *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei, Lactobacillus brevis, Leuconostoc mesenteroides, Pediococcus cerevisiae* และ *Pediococcus homari* แบคทีเรียกรดแลคติคเหล่านี้พบเป็นจำนวนมากในวันที่ 1 – 4 ของการหมัก โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่พบมากที่สุดได้แก่ *Pediococcus cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* แต่ในวันที่ 5, 7 และ 14 ของการหมักจะมีจำนวนลดลง

งามนิจ (2539) รายงานว่า การหมักมั่มเป็นเวลา 14 วันพบว่าปริมาณน้ำในมั่มลดลงจากวันที่เริ่มต้นการหมักร้อยละ 42.16 โดยในวันที่ 14 ของการหมักจะมีค่าความชื้นในมั่มเพียงร้อยละ 29.99 ส่วนปริมาณกรดจะแปรผันตามจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดในมั่ม ส่งผลให้มีปริมาณกรดสูงขึ้นในวันที่ 2 และ 3 สอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียที่พบมากในช่วงวันที่ 2 และ 3 ของการหมัก และจำนวนแบคทีเรียสร้างกรดจะลดลงเมื่อเวลาหมักนานขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างในระหว่างการหมักไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยในวันเริ่มต้นมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.59 และลดลงต่ำที่สุดในวันที่ 2 และ 3 แบคทีเรียสร้างกรดจากมั่ม 3 ตัวอย่างที่เจริญบน MRS เป็นแบคทีเรียกรดแลคติค ร้อยละ 81.67 เป็นแบคทีเรียชนิดอื่นๆร้อยละ 18.33 จีนัสที่พบตลอดเวลาการหมักมั่ม 14 วันได้แก่ Pediococcus ร้อยละ 31.67 , Enterococcus ร้อยละ 24.0 , Lactobacillus ร้อยละ 11.67 ส่วนจีนัสอื่นๆที่พบในบางวันของการหมัก ได้แก่ Leuconostoc ร้อยละ 6.0 , Streptococcus ร้อยละ 4.0 , Aerococcus ร้อยละ 2.33 และ Lactococcus ร้อยละ 2.0

กิตติวรรณ (2546) ซึ่งศึกษาผลของการใช้โซเดียมไนไตรท์ และโซเดียมแอสคอร์เบทต่อคุณภาพของมั่มระหว่างกระบวนการหมัก และทำแห้ง พบว่า การใช้โซเดียมไนไตรท์มีผลในการเพิ่มค่าสีแดง (a) และลดค่าทีบีเอ (TBA) ของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม มีผลเล็กน้อยในการลดลงของค่าสีเหลือง (b) และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w) ค่าความแน่นเนื้อ ค่าความสว่าง (L) การใช้โซเดียมแอสคอร์เบทไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมั่มไปจากตัวอย่างควบคุม แต่จะช่วยเสริมประสิทธิภาพเมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมไนไตรท์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการศึกษาผลของการรมควันต่อคุณภาพของมั่ม พบว่าการรมควันมีผลในการลดปริมาณความชื้น ค่าทีบีเอ (TBA) ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (a_w) ค่าความสว่าง (L) แต่จะเพิ่มค่าความแน่นเนื้อ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บมั่มได้ 15 วัน และการเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บมั่มได้ประมาณ 30 วัน โดยการเก็บรักษามั่มที่อุณหภูมิต่ำไม่มีผลต่อการชะลอการหืนในผลิตภัณฑ์

Sanz *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้สารไนเตรทและสารไนไตรท์ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท Lactobacilli พบว่าการใช้สารเคมีทั้งสองไม่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดแลคติคได้และ Micrococci ที่พบในผลิตภัณฑ์ ในทางกลับกันสารเคมีที่ใช้มีผลในการยับยั้งการเจริญของพวก Enterobacteriaceae ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้ใช้สารเคมีทั้งสองชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก เพื่อลดอัตราการเสี่ยงต่อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์

Sameshima *et al.* (1998) ทำการทดลองศึกษาผลของเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท Lactobacilli ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของ *Staphylococcus aureus* ในไส้กรอกหมักพบว่าไส้กรอกหมักที่ไม่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท Lactobacilli จะมีการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* และการสร้างสารพิษ Enterotoxin เกิดขึ้น ส่วนในไส้กรอกหมักที่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท Lactobacilli จะสามารถช่วยในการยับยั้งการสร้างสารพิษ Enterotoxin ของ *Staphylococcus aureus* ได้เป็นอย่างที่น่าพอใจและเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นประเภท Lactobacilli ที่คัดเลือกไว้แล้วนั้นน่าจะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตไส้กรอกหมักแบบใหม่ซึ่งมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ได้

Petchsing and Woodburn (1990) ทำการศึกษา *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ในแหนมพบว่าในขั้นตอนการเติมเนื้อลงไปจะเป็นส่วนสำคัญในการทำให้เชื้อชนิด *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ถูกตรวจพบในแหนม ซึ่งการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในแหนมร้อยละ 0.75, 1.5 และไม่เติมเชื้อลงไปในแหนม พบว่าการที่ไม่เติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในแหนมจะทำให้จำนวนของ *E. coli* เปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่เชื้อชนิด *S. aureus* จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในแหนมร้อยละ 0.75 ลงไปในแหนมจะพบเชื้อ *S. aureus* หลัง 48 ชั่วโมงไม่นาน และ *E. coli* จะมีจำนวนลดลง 1 log

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจาก 96 ชั่วโมง และการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปในแหนมร้อยละ 1.5 พบว่าเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่เชื้อทั้งสองชนิดนั้นจะถูกตรวจพบอีกครั้งหลังจาก 36 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ ดังนั้นในการผลิตแหนมจึงควรมีการเติมเชื้อบริสุทธิ์ลงไป

Coretti (1978) ทำการศึกษาการใช้ Starter cultures จะใช้ได้ผลดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในหลังการทดลองคือ 4 log - 5 log cfu/g ส่วนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมนั้นควรใช้ความเข้มข้น 6 log - 7 log cfu/g จึงจะได้ผลดีซึ่งมักจะใช้เชื้อ *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus* spp.และ *Micrococcus lactic* เป็น starter culture

Holzapfel and Hall (1977) ทำการศึกษาจุลินทรีย์ที่พบในไส้กรอกแห้ง ได้แก่ *Lactobacillus* spp, *Leuconostoc* spp, *Pediococcus* spp, *Staphylococcus* spp, *Klebsiella* spp, *Enterobactor* spp, *Pseudomonas* spp และ *M. thermophactum* โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.0×10^4 - 6.9×10^8 cfu/g

Mugula *et al.* (1977) ทำการศึกษาการใช้เชื้อบริสุทธิ์ชนิดแลคติคแอซิดแบคทีเรียและยีสต์ในอาหารหมักของแทนซาเนียนที่ชื่อ Togwa พบว่าเมื่อจำนวนของแลคติคแอซิดแบคทีเรียและยีสต์เพิ่มขึ้นในเวลาการหมักนั้น ขณะเดียวกันนั้นก็จะทำให้จำนวนของ Enterobacteriaceae ลดลง

Hugas and Monfort (1997) ทำการศึกษาการใช้เชื้อแบคทีเรียแลคติคในการหมักเนื้อ พบว่าการเติมเชื้อแลคติคแอซิดแบคทีเรียลงในผลิตภัณฑ์ ทำให้มั่นใจได้ว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสและองค์ประกอบของสีที่ดี และการใช้แลคติคแอซิดแบคทีเรียบางสายพันธุ์สามารถผลิตสารยับยั้งซึ่งมีความสำคัญ เช่นพวกสารปฏิชีวนะหรือสารต่อต้านจุลินทรีย์พวกที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นในการประยุกต์ใช้สารยับยั้งจากแบคทีเรียแลคติคบางสายพันธุ์ โดยการใช้เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นในอาหารหมักด้วยการเติมลงไป เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved