บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แหนม

เป็นที่ทราบกันดีว่าอาหารหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำงานของแบคทีเรีย รา และยีสต์ (Hammes และ Knauf, 1994) ตัวอย่างของอาหารหมัก ได้แก่ ชีส และโยเกร์ต (ผลิตภัณฑ์จากนม) การิ (ผลิตภัณฑ์จากแป้งมันสำปะหลัง) กิมจิ (ผลิตภัณฑ์จากผัก) แหนม (ผลิตภัณฑ์จากเนื้อหมู) และ sauerkraut (ผักดองจากกะหล่ำปลี) (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2539; Geoffrey, 1987; Adams และ Moss, 1995) เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อจัดเป็นแหล่งอาหารที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งความปลอดภัยและอายุของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการถนอมรักษาเนื้อสัตว์ภายหลังการชำแหละ ความสำเร็จในการถนอมรักษา (preservation) อันเป็นผลมาจากการใช้วิธีการเดียวหรืออาจใช้หลายวิธีการร่วมกัน

แหนม (Nham) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักพื้นบ้านของไทยที่นิยมบริโภคกันทั่วไป เป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงและมีปริมาณไขมันต่ำ ผลิตได้จากหมูเนื้อแดงบดละเอียดผสมกับเกลือบริโภค ไนเทรตและไนไทรต์ ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวสุก กระเทียม บางสูตรอาจมีการเติมสมุนไพรบางชนิดเพื่อเพิ่มรสชาติ จากนั้นคลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน และนำไปบรรจุโดยห่อด้วยพลาสติกหรือห่อทับด้วยใบตองกล้วย ขนาดของการบรรจุมีน้ำหนักที่ต่างกันไป สุดท้ายนำไปหมักในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดรสเปรี้ยว (Adams และ Moss, 1995) การหมักแหนมทำได้สองสภาวะ คือ การหมักแหนมตามสภาพธรรมชาติ (natural fermentation) เป็นการหมักโดยอาศัยอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ซึ่งกิจการการหมักที่เกิดขึ้นมักไม่คงที่ และการหมักด้วยกล้าเชื้อ ซึ่งในระหว่างการหมักมีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์ของแบคทีเรียกรดแลคติก (Jay, 1996) ลงในสูตรการผลิต โดยกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคที่นิยมใช้เติมในสูตรการผลิตแหนม ได้แก่ *Lactobacillus plantarum*, *L. curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* และ *P. acidilactici* (Hammes และ knauf, 1994) ซึ่งเป็นแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดเลือกได้จากการหมักไส้กรอกเปรี้ยวตามสภาพธรรมชาติ แบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นกล้าเชื้อพบว่าช่วยในการสร้างกรดซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยว และช่วยทำให้ค่าพีเอชลดลง ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ (อรนุช อุดรภิชาติ, 2530 และอดิศร เสวตวิวัฒน์, 2543) นอกจากนั้นสารบางชนิดที่แบคทีเรียกรดแลคติกสร้างขึ้นยังมีคุณสมบัติเป็น biopreservative (Kelly และคณะ, 1996) ในกระบวนการหมักนอกเหนือจากสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของของแบคทีเรียกรดแลคติคแล้ว ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่สำคัญและมีผลต่อกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักแหนม คือ อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิเป็นตัวจัดจำแนกกลุ่มของจุลินทรีย์อย่างหนึ่ง ซึ่งจำแนกได้เป็น psychrotropes (มีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง –2 ถึง 7 องศาเซลเซียส) mesophils (มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญระหว่าง 10-40 องศาเซลเซียส) และ thermophils (มีอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 43-66 องศาเซลเซียส) (Lawrie, 1995)

Geoffey (1987) ได้กล่าวถึงแหนมว่า เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักกึ่งแห้งที่ผลิตจากเนื้อหมูนำมาสับหรือบด ผสมกับหนังหมู มีการเติมข้าวสุกและเครื่องปรุงอื่นๆ ได้แก่ กระเทียม พริกไทย บางครั้งมีการเติมพริกทั้งเม็ด ห่อให้แน่นด้วยใบตองหรือแผ่นพลาสติก หลังการบรรจุปล่อย

ให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วัน การรับประทานแล้วแต่ความนิยมของผู้บริโภคว่าต้องการทำให้สุกหรือไม่ โดยส่วนใหญ่พบว่านิยมบริโภคโดยไม่ทำให้สุก รูปแบบของการบริโภคแหนมที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ การปิ้ง ทอด ยำ หรือเป็นส่วนผสมในอาหารอื่นๆ แหนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่พบได้ในประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศลาว ประเทศเวียดนาม และประเทศจีน เป็นต้น

เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารที่มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายอย่าง ได้แก่ โปรตีน วิตามินและเกลือแร่ องค์ประกอบของไขมัน กรดไขมันอิ่มตัว คลอเรสเตอรอล เกลือ เนื้อสัตว์จึงเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ในหลายประเทศ การบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดึงดูดความสนใจ คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ความปลอดภัย ราคา ความสะดวกในการบริโภค สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องและรายได้ของผู้บริโภค เป็นต้น (Jime'nez และคณะ, 2001)

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีขั้นตอนการบ่มในระหว่างการผลิตเพื่อให้เกิดกิจกรรมที่เหมาะสมของเชื้อจุลินทรีย์ และมีการสร้างสารที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่เฉพาะตัว แม้ว่าโดยทั่วไปเชื้อจุลินทรีย์ถูกพิจารณาว่าเป็นสิ่งที่ทำความเสียหายในกระบวนการผลิตเนื้อ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อจึงต้องมีการควบคุมกิจกรรมและปริมาณของจุลินทรีย์ที่ไม่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความเสียหาย (Pearson และ Dutson, 1986) ลักษณะที่จำเพาะของผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเกิดขึ้นจากการหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก โดยผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เกิดจากการผสมส่วนของเนื้อสัตว์ ไขมันเข้ากับเกลือ curing agent น้ำตาล และเครื่องเทศ จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดมาบรรจุลงในภาชนะปล่อยให้เกิดการหมัก โดยผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เรียกว่า ไส้กรอกหมัก (fermented sausage) (Lucke, 1998)

ตามประวัติศาสตร์มนุษย์ได้เรียนรู้ว่าการเติมเกลือและน้ำตาลลงในเนื้อบดและปล่อยไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง พบว่ามีการถนอมเนื้อสัตว์เกิดขึ้นและได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติอันเป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการต่างๆ ในการถนอมรักษา และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างกันไปในเรื่องของขนาด รูปร่าง เนื้อสัมผัสและรสชาติ พบว่ารสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีความแตกต่างกันเป็นผลมาจากปริมาณของเครื่องเทศ น้ำตาลและเกลือที่ใช้ในสูตรการผลิต อย่างไรก็ตามความคงตัวของผลิตภัณฑ์ตลอดจนคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการควบคุมการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลไปเป็นกรดแลคติคโดยแบคทีเรีย ซึ่งมีชื่อเรียกว่า แบคทีเรียกรดแลคติค (lactic acid bacteria) (Hong และ Pyun, 1999)

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเมื่อพิจารณาตามปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แล้วสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ไส้รอกกึ่งแห้ง (semi-dry sausage) เป็นไส้กรอกที่มีความชื้นประมาณ 30-45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้เป็นเวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์ โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็น กลุ่มที่สองคือไส้กรอกแห้ง (dry sausage) เป็นไส้กรอกที่มีความชื้นน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปเก็บไว้ได้นานหลายเดือนโดยไม่แช่เย็น การทำแห้งอาจใช้แสงอาทิตย์ อากาศ หรืออาจจะรมควัน ซึ่งพบว่าองค์ประกอบในควันช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุนานขึ้น ส่วนไส้กรอกหมักหรือ fermented sausage มีลักษณะที่สำคัญคือ ส่วนผสมทั้งหมดในสูตรการผลิตถูกผสมคลุกเคล้าจนเข้ากันดีแล้ว

นำไปบ่มจนเกิดรสเปรี้ยว ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรีย ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้จัดแบ่งไส้กรอกหมักออกเป็นสองกลุ่ม คือ dry fermented sausage มีองค์ประกอบของน้ำประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่า และ semi-dry fermented sausage เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2540) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ของประเทศไทยได้แก่ แหนม (Adams และ Moss, 1995)

การจำแนกไส้กรอกหมักมีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศ โดยจำแนกจากตามปริมาณความชื้นในไส้กรอก โปรตีน สัดส่วนของความชื้นต่อโปรตีนหรือจากน้ำหนักที่ขาดหายไป ในมุมมองของนักจุลชีววิทยามีความเห็นว่าการจำแนกไส้กรอกหมักที่ดีคือจำแนกตาม water activity (A_w) และ surface treatment โดยไส้กรอกหมักที่มีค่า A_w เท่ากับ 0.90 และ 0.95 จัดอยู่ในกลุ่มของไส้กรอกกึ่งแห้ง ส่วนไส้กรอกที่มี A_w ต่ำกว่า 0.90 จัดเป็นไส้กรอกแห้ง นอกจากนั้นยังมีมาตรฐานการจำแนกโดยใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของบรรจุภัณฑ์ ความชื้นในส่วนผสม ชนิดของเนื้อสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบ องค์ประกอบของไขมัน ตลอดจนเครื่องปรุงรสและส่วนผสมอื่นๆ ที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ (Lucke, 1998)

แหนม เป็นไส้กรอกหมักของไทยซึ่งมีความแตกต่างจากไส้กรอกหมักทางยุโรปหลายอย่าง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำ ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างสั้น และไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง การบรรจุแหนมแบบเดิมนิยมห่อด้วยใบตอง ส่วนการผลิตในรูปแบบของอุตสาหกรรมในปัจจุบันใช้หลอดพลาสติกที่มีลักษณะป้องกันการระเหยของน้ำ ความเป็นกรดและค่าพีเอชของแหนมที่ลดลงระหว่างการหมักมีผลต่อรสชาติของแหนมเป็นอย่างยิ่ง (Adam และ Moss, 1995)

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกประเภทของไส้กรอกหมัก

Category	Ripening time	Final A_w	Application of smoke	Example
Dry, mould -ripened	> 4 weeks	< 0.90	No	Genuine Italian Salami Frence 'saucisson sec'
Dry, mould –ripened	> 4 weeks	< 0.90	Yes (during fermentation)	Genuine Hungarian salami
Dry, no mould –ripened	> 4 weeks	< 0.90	Yes or No	German 'Dauerwurst'
Semi-dry, mould-ripened	< 4 weeks	0.90-0.95	No	Various French and Spanish raw sausage
Semi-dry, No mould-ripened	< 4 weeks (10-20 day)	0.90-0.95	Yes (with exceptions)	Most fermented sausages in Germany, The Netherlands, Scandinavia, USA, etc.
Undried, spreadable	< 2 weeks	0.94-0.96	Yes or No	Germany 'Streichmettwurst' ; Spanish 'sobrasada'

ที่มา : Lucke (1998)

กลุ่มของผลิตภัณฑ์แหนมในประเทศไทยมีความหลากหลายในเรื่องของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งมีชื่อเรียกตามชนิดของวัตถุดิบเป็นหลัก เช่น แหนมปลา แหนมหูหมู แหนมเห็ด ในส่วนของการใช้วัตถุดิบจากเนื้อสัตว์สามารถใช้ได้จากหลายส่วน เช่น เนื้อแดง กระดูกหมู ซี่โครงหมู ปีกไก่ เป็นต้น

ซี่โครงหมู หมายถึง กระดูกซี่โครงติดกับกระดูกสันหลังช่วงอกที่ติดกันอยู่เป็นแผง โดยใช้มีดสับแบ่งแต่ละซี่โครงออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดยาวประมาณ 3 นิ้วก่อนจำหน่ายต่อไป (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, 2544 : 388) ซี่โครงหมูสามารถนำมาแปรรูปและประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น ซี่โครงหมูทอด ต้มซี่โครงหมู และแหนมซี่โครงหมู ซึ่งแหนมซี่โครงหมู หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากกระดูกซี่โครงหมูที่มีเนื้อติดอยู่และข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศหรือสมุนไพร เช่น เกลือ กระเทียม เมล็ดผักชี พริกไทย ผสมให้เข้ากัน บรรจุลงในภาชนะบรรจุ แล้วมัดให้แน่น หมักจนมีรสเปรี้ยว ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ สีต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ กลิ่นรสต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักของส่วนประกอบที่ใช้ มีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น รสขม และลักษณะเนื้อสัมผัสต้องนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง (แหนมซี่โครงหมู : มผช. 295-2547)

2.2 ส่วนผสมในการผลิตไส้กรอกหมัก

ไส้กรอกหมักในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการพัฒนาของไส้กรอกขึ้นอยู่กับท้องถิ่นและความต้องการของประชาชนในภูมิภาคนั้น ลักษณะที่สำคัญของการผลิตไส้กรอกมีการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกร่วมกับการใช้เกลือ การทำแห้ง ซึ่งภายหลังการผลิตได้มีการบรรจุส่วนผสมได้หลายรูปแบบตามลักษณะการจำหน่าย การผลิตไส้กรอกที่มีความคงตัวนิยมผลิตที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามส่วนผสมหลักที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกหมักโดยทั่วไปประกอบด้วย

เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในการผลิตไส้กรอกหมัก ซึ่งใช้ประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ เนื้อสัตว์ที่ใช้ในการผลิตอาจเป็นเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อหมูนิยมใช้มากในยุโรปตอนเหนือ ตอนกลางและประเทศจีน นอกจากนั้นมีบางประเทศที่นิยมใช้เนื้อวัวหรือเนื้อแกะ เนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ต้องมีคุณภาพดีและไม่มีรอยตำหนิต่างๆ เช่น ไม่มีรอยปนเปื้อนของเลือดหรือจุดที่มีลักษณะของเลือดคั่ง (blood splashes) สามารถอุ้มน้ำได้ดี มีค่าพีเอชประมาณ 5.6-6.0 ซึ่งจะช่วยให้การหมักในช่วงแรกได้ค่าพีเอชที่ลดลงจนพอเหมาะและสีที่ได้ไม่คล้ำ ไม่แห้งและมีความแน่น เนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตควรเป็นเนื้อไม่ติดมัน องค์ประกอบของเนื้อโดยทั่วไปมีทั้งสารประกอบที่ไม่ใช่ไนโตรเจน (non-nitrogenous compound) ซึ่งได้แก่ น้ำ ไขมัน แร่ธาตุ และคาร์โบไฮเดรท สารประกอบที่เป็นไนโตรเจน (nitrogenous compound) ซึ่งมีโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบส่วนนี้มีความสำคัญในการผลิตเพราะปริมาณโปรตีนเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนเป็น myofibrillar ที่มี myosin และ actin อยู่ โปรตีนเหล่านี้มีการจัดเรียงตัวอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า filament structure และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหดตัว (contraction) ในสูตรการผลิตมีการเติมเกลือประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ประโยชน์ของเกลือ พบว่าช่วยในการสกัดโปรตีนให้ละลายน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความฉ่ำน้ำและมีเนื้อสัมผัสที่ดี เมื่อพิจารณาถึงสี

ของเนื้อที่ใช้ในการผลิต สีของเนื้อเกิดขึ้นจากเม็ดสี myoglobin ซึ่งมีองค์ประกอบของฮีม สัตว์ที่มีอายุมากจะมีการสะสมของ myoglobin ในกล้ามเนื้อมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อยจึงทำให้เนื้อมีสีเข้ม นอกจากนี้สีของเนื้อยังมีความแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อสัตว์ที่ใช้ โดยพบว่าเนื้อวัวมีปริมาณของ myoglobin มากกว่าเนื้อหมูทำให้มีสีเข้มกว่า ดังนั้นเนื้อสัตว์ที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากจึงมีความเหมาะสมในการผลิตซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Arntzen และ Ritter, 1994; Jay, 1996; Francis, 2000) องค์ประกอบของเนื้อสัตว์โดยทั่วไปแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบโดยประมาณของเนื้อเยื่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมภายหลังการหดตัวของกล้ามเนื้อ (กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)

Compositiom	Percent by fresh weight
Water	75
Protein	
Microfibrillar	11.5
Sarcoplasmatic	5.5
Connective tissue and organell	2.0
Total	18.0
Lipid	3.0
Di- and trinucleotides	0.1
Other non-protein nitrogen-containing compound	1.65
Carbohydrates	
Glycogen	0.1
Glucose	0.05-0.15
Glucose –6 – phosphate	0.15
Total	0.3-.04
Lactic acid	0.9
Inorganic constitients	0.65

ที่มา : Lawrie (1991)

เมื่อกล่าวถึงรายละเอียดของเนื้อสัตว์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อควรเป็นเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพ ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทั้งนี้เพื่อลดการแข่งขันที่อาจเกิดขึ้นในช่วงแรกของการหมัก และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเนื้อสัตว์ไม่ควรมากเกินไป โดยปกติแล้วในเนื้อสัตว์มักพบเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย และยังอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษอยู่เป็นจำนวนมาก เพราะเนื้อสัตว์จัดเป็นแหล่งอาหารที่ดีที่สุดของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารและปริมาณน้ำค่อนข้างสูง ดังนั้นการเลือกเนื้อสัตว์

เพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาถึงคุณภาพเป็นหลัก ควรมีการตรวจคุณภาพเป็นประจำก่อนนำมาบริโภค

ไขมัน

ไขมันเป็นส่วนผสมที่สำคัญของไส้กรอกหมัก ภายหลังจากทำแห้งอาจมีไขมันได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ไขมันเมื่อถูกออกซิไดซ์ทำให้เกิดการเหม็นหืน (rancidity) และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่หมักเสร็จแล้วมีอายุสั้น ดังนั้นไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตควรมีองค์ประกอบของไขมันไม่อิ่มตัวต่ำ ไขมันในเนื้อหมูที่บริเวณส่วนหลังนิยมใช้กันมากเพราะมีองค์ประกอบของ polyunsaturated linoleic ต่ำ และมี linoleic acid 8.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยอมให้เกิด autoxidation ได้สูง (Jay, 1996)

เกลือและสารคิวริ่ง (curing agent)

โดยปกติแล้วการผลิตไส้กรอกใช้เกลือประมาณ 2.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ บทบาทที่สำคัญของเกลือคือช่วยในการถนอมรักษา (preservation) ช่วยในการสกัดโปรตีนให้ละลายออกมา และรวมตัวกับส่วนผสมอื่นๆ (Francis, 2000) การละลายของโปรตีนทำให้เกิดแผ่นฟิล์มที่มีความเหนียว (sticky film) ขึ้นรอบๆ อนุภาคของเนื้อ (Jay, 1996) ในผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจใช้เกลือได้มากกว่า 2.5-3.0 เปอร์เซ็นต์ เช่น ใน Italian salamis โดยอาจใช้เกลือได้สูงถึง 8 เปอร์เซ็นต์

นอกจากใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์แล้วยังใช้ไนไตรท์เพื่อช่วยยืดอายุและช่วยในการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ ทั้งไนเตรทและไนไตรท์ได้ถูกนำมาใช้เป็น curing agent ในการหมักเนื้อ ทั้งนี้เพื่อช่วยในเรื่องการเกิดสีและกลิ่น โดยใช้ไนไตรท์ประมาณ 30-50 และ 20-40 พีพีเอ็ม ในการผลิตพบว่าไนไตรท์มีความสำคัญอย่างมากในการทำให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มีสีชมพู สีที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์กับ myoglobin เมื่อมีการสลายตัวด้วยความร้อนจะให้สีชมพูที่คงทน นอกจากนั้นไนไตรท์ยังมีส่วนช่วยป้องกันสูญเสียของรสชาติในระหว่างการเก็บรักษา และยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและทำให้อาหารเน่าเสีย ซึ่งใช้ได้ถึง 80-150 พีพีเอ็ม. โดยเฉพาะเชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค botulism (Francis, 2000) ส่วนไนเตรทไม่มีคุณสมบัติเป็นสารถนอมอาหาร

การทำปฏิกิริยาของโซเดียมไนไตรท์ในการถนอมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่าจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบชีวภาพในเนื้อสัตว์ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตจะตรวจพบไนไตรท์ได้ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณไนไตรท์ที่เติมลงไป ส่วนปริมาณไนไตรท์ที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์จะลดปริมาณลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา การจำหน่าย ตลอดจนในระหว่างการเตรียมเพื่อการบริโภค (Cassen, 1997) การทำปฏิกิริยาของโซเดียมไนไตรท์กับสารประกอบชีวภาพในเนื้อสัตว์ ได้แก่ secondary amines เกิดเป็น N-nitrosamines ซึ่งจัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง สารประกอบเหล่านี้สามารถตรวจพบได้ในอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดที่แปรรูปด้วยความร้อน (heat-treated cured) ซึ่งเกิดขึ้นได้โดยตัวของผลิตภัณฑ์เองโดยขึ้นกับภาวะของความร้อนที่ให้ ความเข้มข้นของเกลือและความเข้มข้นของไนไตรท์ องค์ประกอบของเอสคอเบท (ascorbate) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นที่ใช้ในอาหาร ความเป็นกรดด่างและภาวะในกระเพาะอาหารของผู้บริโภคภายหลังการการย่อย (Pegy และ Shanidi, 1997)

นอกจากเกลือโซเดียมคลอไรด์และไนไตรท์แล้วยังมีการใช้ ascorbate, sodium ascorbate และ erythorbic acid เพื่อเพิ่มความคงตัวของสีในผลิตภัณฑ์ มีการใช้ฟอสเฟตเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความฉ่ำและมีเนื้อสัมผัสที่ดี ตลอดจนมีผลในการป้องกันการหืนผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น แฮม เบคอน และ cooked sausage อนุญาตให้ใช้ฟอสเฟตเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์

กล้าเชื้อ (Starter culture)

กล้าเชื้อ หรือ หัวเชื้อ หมายถึงเชื้อบริสุทธ์ของจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกและตรวจสอบแล้ว จำนวนหนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งชนิด ใช้เติมลงไปในสูตรการผลิตอย่างน้อย 10^6 เซลล์/กรัม เพื่อใช้เป็นตัวเริ่มต้นในกระบวนการหมัก ช่วยเพิ่มคุณภาพ รสชาติและลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของกล้าเชื้อที่ใช้ ได้แก่ ลักษณะของสารแขวนลอย ในรูปของผงเชื้อที่ผ่านการทำไลโอฟิไลซ์ อาจมีการใช้โดยตรงหรือถ่ายเชื้อก่อนใช้ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่หมักโดยใช้หัวเชื้อ ได้แก่ ไส้กรอุกหมัก โยเกร์ติ ชีส เบียร์ เป็นต้น (Frank, 1992) โดยคุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อต้องรับประกันได้ว่าทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี ซึ่งประกอบด้วยเป็นเชื้อที่มีการจัดจำแนกโดยใช้พื้นฐานทางสัณฐานวิทยา มีกิจกรรมทางสรีรวิทยาในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัว ทราบจำนวนเริ่มต้นของการใช้ มีความบริสุทธิ์ มีความปลอดภัยในการบริโภค

การผลิตไส้กรอกตามวิธีการแบบเดิมมีการเติมเกลือเพื่อส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียและช่วยสร้างกรด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหมักนานและไม่แน่ใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันการผลิตในระดับอุตสาหกรรม กล้าเชื้อจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งที่สร้างความมั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1957 ได้มีการใช้เชื้อบริสุทธิ์ของ pediococci และในยุโรปเมื่อปี ค.ศ. 1961 ได้มีการใช้เชื้อ micrococci และการใช้กล้าเชื้อเพื่อผลิต dry-cured sausage ได้รับความนิยมในช่วงปี ค.ศ 1980s (Francis, 2000) กล้าเชื้อที่ใช้ในการผลิตใช้ได้ทั้งเชื้อเพียงชนิดเดียว (single-strain culture) และใช้เชื้อหลายชนิดผสมกัน (mixed culture) ในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้ *Pediococcus acidilactici* ซึ่งเกิดการหมักได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 40-43 องศาเซลเซียส ในภาวะนี้พบว่า ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็ว และมีผลในการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus/Micrococcus* ส่วนกล้าเชื้อผสมประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกหลายชนิดและยังมี staphylococci ซึ่งการใช้กล้าเชื้อในลักษณะนี้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ (appearance) เนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติที่ดี นอกจากนั้นองค์ประกอบของกล้าเชื้อผสมยังมีเชื้อ *Micrococcus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำหน้าที่รีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ เป็นตัวช่วยส่งเสริมการเกิดสีของผลิตได้เป็นอย่างดี (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2534; Pearson และ Dutson, 1986)

Selgas และคณะ (1998) ได้ศึกษาการแยกจุลินทรีย์จาก Spanish dry fermented sausage พบ micrococci ที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรทได้สูงจำนวน 6 สายพันธุ์ด้วยกัน โดยสายพันธุ์ที่แยกได้มีศักยภาพสูง และสามารถที่จะพัฒนาเป็นกล้าเชื้อในอุตสาหกรรมการหมักไส้กรอกได้เป็นอย่างดี

คาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทใช้เติมลงในส่วนผสมของการผลิตเพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนให้กับเชื้อ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่า กิจกรรมของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักเกิดขึ้นอย่างพอเพียง เป็นการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียตลอดจนการสร้างกรดอินทรีย์ ทั้งปริมาณและชนิดของคาร์โบไฮเดรทที่เติมลงไปทำให้เกิดความสมดุลย์ของการหมักระหว่างการสร้างกรดแลคติค และการลดลงของค่าพีเอช กลูโคสจัดเป็นคาร์โบไฮเดรทโมเลกุลเดี่ยวที่ถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างรวดเร็ว ส่วนโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดอื่นๆ นั้น เชื้อแบคทีเรียนำไปใช้ได้ค่อนข้างช้า ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถของแบคทีเรียกรดแลคติกแต่ละชนิด ปริมาณของคาร์โบไฮเดรทที่เติมลงไปอยู่ในช่วง 0.4-0.8 เปอร์เซ็นต์ ในไส้กรอกที่มีไนเตรทแต่ไม่มีไนไตรท์ พบว่าอัตราการสร้างกรดอินทรีย์เกิดได้ค่อนข้างน้อย ดังนั้นในช่วงแรกของการผลิตจึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ทำหน้าที่รีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ การผลิตไส้กรอกกึ่งแห้งในประเทศสหรัฐอเมริกามีการเพิ่มปริมาณกลูโคสสูงถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าทำให้ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็ว (Jay, 1996)

เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกแต่ละชนิดมีความสามารถในการใช้น้ำตาลได้ต่างกัน การศึกษาถึงการใช้น้ำตาลชนิดต่างๆ ในการผลิตแหนม (น้ำตาลกลูโคส ซูโครส มอลโตส แลคโตส กาแลคโตส) ของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกและแบคทีเรียที่รีดิวซ์ไนเตรท พบว่า กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการสร้างกรดของแบคทีเรียกรดแลคติก (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2537) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการใช้โมลาสจากถั่วเหลือง (soy molasses) ซึ่งมีซูโครส 19 เปอร์เซ็นต์ เป็นสับสเตรทในการผลิตกรดแลคติกพบว่าได้กรดแลคติคในปริมาณสูง (Jose และคณะ, 1993) ส่วนการผลิตแหนมที่มีการใช้ส่วนผสมของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าอัตราส่วนเท่ากับ 3 : 1 ให้ผลดีที่สุด ซึ่งการใช้คาร์บอนของเชื้อพบว่าแบคทีเรียใช้ข้าวเจ้าในช่วงแรกของการหมักเพื่อสร้างกรดแลคติก และใช้ข้าวเหนียวในช่วงกลางของการสร้างกรดแลคติค (ไพโรจน์ วิริยจารี และคณะ, 2536)

สารส่งเสริมการเกิดกรด (Acidulants)

ในสูตรของการผลิตบางครั้งมีการเติมสารบางชนิดลงไปเพื่อช่วยทำให้เกิดกรดในช่วงแรกของการหมัก พบว่าช่วยทำให้ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็ว การใช้สารกลุ่มนี้ต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยในไส้กรอกที่ทำการหมักโดยไม่ใช้กล้าเชื้อ โดยเฉพาะเมื่อต้องการให้เกิดกรดได้เร็วขึ้น สาร glucono-δ-lactone (GdL) เป็นสารที่ใช้ช่วยให้เกิดกรดได้เร็ว โดยจะถูกสลายไปเป็น gluconic acid อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลง และ GdL ยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกในการสร้างกรดอะซิติกและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลของ GdL ประการหลังอาจทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะไม่พึงประสงค์ ปริมาณของ GdL ที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Francis, 2000 and Jay, 1966)

การเติมกรดอินทรีย์บางชนิดในการผลิตไส้กรอก อาจทำให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนและก่อให้เกิดปัญหาในการบรรจุ ซึ่งการแก้ไขทำได้โดยการเคลือบ (encapsulating) กรดอินทรีย์ด้วยไขมัน ซึ่งจะป้องกันการจับตัวเป็นก้อนขณะทำการผสม และจะทำให้บรรจุได้ง่ายขึ้น กรดจะค่อยๆ ละลายออกมา และทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ในช่วงแรกของการหมักลดลง (Jay, 1996)

กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์โดยใช้ประมาณ 0.001-0.01 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ร่วมกับการเติมสารต่อต้านการเกิดออกซิเดชั่น (antioxidant) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น โดยใช้ในรูปของการเคลือบเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนในระหว่างการผลิต เช่นเดียวกันการเติมกรดอินทรีย์อื่นๆ (Francis, 2000)

ส่วนผสมอื่น ๆ

สารประกอบอื่นหลายชนิดนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นมีการใช้เติมลงในสูตรการผลิตเพื่อช่วยในกระบวนการผลิตและเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์ ส่วนผสมอื่นๆ ในสูตรของการผลิต ได้แก่ น้ำ เติมลงเพื่อช่วยให้ส่วนผสมต่างๆ กระจายตัวได้อย่างทั่วถึง ช่วยในการสกัดโปรตีน นอกจากนั้นยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความฉ่ำและมีเนื้อสัมผัสดี เครื่องเทศ เครื่องปรุงรสเป็นส่วนผสมอีกกลุ่มหนึ่งที่นิยมใช้ ได้แก่ กระเทียม พริกไทย ปาปริกา ไส้กรอกหมักของประเทศจีนหลายชนิดมีการเพิ่มรสชาติด้วยการเติมไวน์ ส่วนสารช่วยเพิ่มรสชาติที่ใช้ในส่วนผสมได้แก่ ผงชูรส ทั้งนี้เชื่อว่าจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ดี มีการใช้สารยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น มีการใช้สารยับยั้งเชื้อราเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราที่ปนเปื้อนในระหว่างการผลิตเพราะอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ (Arntzen และ Ritter, 1994; Jay, 1996)

กลิ่นรสที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ เป็นผลมาจากเนื้อสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ และสารประกอบอื่นๆ ที่เติมลงไปในสูตรการผลิต เช่น คาร์โบไฮเดรท สารที่ช่วยในการถนอมอาหาร เครื่องเทศ ตลอดจนมีสารประกอบอื่นๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส การสลายโปรตีน การสลายไขมัน และลิปิดออกซิเดชั่น โดยกระบวนการเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นรส เริ่มจากเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ และจากการหมักของจุลินทรีย์ นอกจากนั้นยังขึ้นกับภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ขนาดของบรรจุภัณฑ์ ขนาดอนุภาคของเนื้อสัตว์ ดังนั้นบทบาทของกล้าเชื้ออาจมีความแตกต่างกันตามสูตรการผลิตและชนิดของผลิตภัณฑ์

2.3 วิธีการหมักไส้กรอก

Jay (1996) ได้กล่าวถึงการผลิตไส้กรอกโดยทั่วไปว่า พบได้สองลักษณะ คือ การหมักตามสภาพธรรมชาติ (Natural fermentation) และการหมักโดยใช้กล้าเชื้อ (Fermentation with starter culture) ซึ่งรายละเอียดในการหมักทั้งสองลักษณะมีดังต่อไปนี้

การหมักตามสภาพธรรมชาติ

การหมักตามสภาพธรรมชาติ เป็นการหมักที่ไม่มีการเติมกล้าเชื้อลงไปในสูตรการผลิต เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ทำหน้าที่สร้างกรดได้มาจากการปนเปื้อนในเนื้อสัตว์และส่วนผสมในการผลิต ชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีพบว่ามีจำนวนน้อยและยังพบแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ทั้งชนิดที่ต้องการและไม่ต้องรวมอยู่ด้วย ซึ่งมีทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ แบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้แก่ *Micrococcus* ความสำเร็จในการสร้างกรดแลคติกช่วงแรกของการหมักขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียในกลุ่มของ *Enterococcus* เมื่อมีการหมักเกิดขึ้น เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจะมีการเจริญอย่างรวดเร็วและที่อายุการหมัก 2-5 วัน จะพบจำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติคจำนวน 10^6-10^8 cfu/g ค่าพีเอชที่ลดลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้เชื้อ *Pseudomonas* และแบคทีเรียแกรมลบรูปร่างเป็นแท่งที่ไว

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 10 ม.ย. 2555
เลขทะเบียน 938358
เลขเรียกหนังสือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ต่อกรดตายภายในเวลา 2-3 วัน แต่มีเชื้อบางชนิด เช่น *Salmonella* อาจจะทนอยู่ได้ต่อไป จำนวนของแบคทีเรียกรดแลคติกมีแนวโน้มที่จะลดลงหลังจากที่มีการสร้างกรดสูงสุด ในช่วงที่สองของการหมัก (15 วัน) อาจมีเชื้อราเกิดขึ้น การผลิตกรดและค่าพีเอชที่ลดลงเริ่มเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งระยะนี้เป็นสภาพที่เหมาะต่อการเจริญของ *Staphylococcus aureus* และอาจมีการผลิตสารพิษเกิดขึ้น แบคทีเรียกรดแลคติกที่พบตามสภาพธรรมชาติได้แก่จีนัส *Lactobacillus* ส่วนใหญ่ ได้แก่ สปีชีส์ *Lb. bavaricus, Lb. curvatus, Lb. farciminis , Lb. plantarum,* และ *Lb. sake* โดยพบว่า *Lb. sake* มีความสำคัญที่สุดต่อการหมักไส้กรอกในสกุลของ *Lactobacillus* ทั้งหมด

กลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติกที่พบรองลงมาจาก *Lactobacillus* คือจีนัส *Pediococcus* ได้แก่ *Pd. damnosus, Pd. acidilactici และ Pd. pentosaceus* ส่วน *Leuconostoc* พบจำนวนน้อยในไส้กรอกที่มีคุณภาพต่ำ (Varnam และ Sutberland, 1995)

Park และคณะ (1997) ได้ศึกษาถึงผลของ *Lb. plantarum* ที่แยกได้จากอาหารหมักต่อคุณสมบัติของไส้กรอกหมักเปรียบเทียบกับการใช้กล้าเชื้อเชิงพาณิชย์ (commercial starter) ผลการศึกษาพบว่า *Lb. plantarum* ที่แยกได้จากอาหารหมักมีความสามารถในการควบคุมคุณภาพของไส้กรอกหมักได้ดีกว่ากล้าเชื้อเชิงพาณิชย์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างของผลิตภัณฑ์นั้นมีศักยภาพพอที่จะพัฒนาเป็นกล้าเชื้อเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี

การหมักด้วยกล้าเชื้อ

การหมักไส้กรอกที่เริ่มต้นด้วยการเติมกล้าเชื้อของแบคทีเรียกรดแลคติกลงในสูตรการผลิตมีความสำคัญเช่นเดียวกับการหมักตามสภาพธรรมชาติ โดยจะพบมากในช่วงแรกของการหมัก ลักษณะของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักไส้กรอก จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ได้แก่ สามารถแข่งขันกับแบคทีเรียที่พบในเนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ ต้องผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณที่เพียงพอ ต้องทนต่อโซเดียมคลอไรด์และสามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์อย่างน้อย 6 เปอร์เซ็นต์ ต้องทนต่อโซเดียมไนไตรท์และสามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรท์อย่างน้อย 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้องสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส ต้องเป็นกลุ่มที่มีวิถีการผลิตกรดแบบ homofermentative ต้องไม่มีการย่อยสลายโปรตีน ต้องไม่ผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่มากเกินไป ควรเป็นแบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างแคตาเลส (catalase negative) ควรมีความสามารถในการรีดิวซ์ไนเตรทได้ดี เมื่อผลิตไส้กรอกเสร็จแล้วควรมีผลในการเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์อันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไม่ควรมีการสร้างสาร biogenic amines เพราะเป็นสารที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Silla-Santos, 1998) ไม่ควรมีการสร้างเมือกในผลิตภัณฑ์ มีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ทำให้เกิดโรค และสุดท้ายควรมีความทนต่อภาวะของการหมัก และสามารถทำงานร่วมกับกล้าเชื้อชนิดอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

ส่วนปัจจัยที่มีผลในการแข่งขันของกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกได้แก่ จำนวนกล้าเชื้อที่มีอยู่ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ธรรมชาติของแบคทีเรียที่มีอยู่ในส่วนผสม ปริมาณของกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคที่ใช้ สภาพทางสรีรวิทยาของกล้าเชื้อ และสูตรของส่วนผสมในการผลิต ซึ่งกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคที่นิยมใช้กันมาก คือ *Lb. plantarum, Lb. curvatus,*

Pd. pentosaceous และ *Pd. acidilactaci* ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นแบคทีเรียกรดแลคติคที่พบได้ตามสภาพธรรมชาติ (Hammes และ Knauf, 1994) ตัวอย่างของกล้าเชื้อที่พบได้ในการหมักไส้กรอกแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงกล้าเชื้อชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการหมักไส้กรอก

Microbial group	Species available as starter	Desired metabolic Activity	Benefit in sausage Ripening
Lactic acid bacteria	*Lb. plantarum,* *Lb. pentosus* *Lb. sake, Lb. curvatus* *Pd. pentosaceus,* *Pd. acidilactici*	Formation of lactic acid	Inhibition of pathogenic and spoilage bacteria ; acceleration of colour formation and drying
Catalase positive cocci	*Staphylococcus carnosus,* *Staphylococcu xylosus* *Micrococcus varians*	Nitrate reduction Nitrite reduction, Oxygen consumption, Peroxide destruction. Formation of carbonyl and esters	Colour formation and Stabilization Removal of excess nitrite. Delay of rancidity, colour stabilization Aroma and flavor development
Yeast	*Debaryomyces hansenii* *Candida famata*	Oxygen consumption Not known in detail	Delay of rancidity; colour stabilization Aroma and flavour development
Moulds	*Pen. nalgiovense biotype 2,3,6*	Surface colonization	Suppression of undesired moulds Facilitation of drying
	Pen. chysogenum	Oxygen consumption Lactate oxidation , degradation of proteins and amino acids	Delay of rancidity; colour stabilization Flavour development

ที่มา : Lucke (1998)

นอกจากการหมักที่ปล่อยให้เกิดขึ้นเองโดยกิจกรรมของแบคทีเรียตามธรรมชาติแล้ว ในปัจจุบันมีการหมักที่มีการเติมกล้าเชื้อเข้าไปในส่วนผสม ซึ่งเรียกการหมักแบบนี้ว่า fermentation with starter culture เป็นการหมักที่มีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เข้าไป กล้าเชื้อที่เติมต้องเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการหมัก มีการเจริญเติบโตได้เร็ว สร้างกรดได้ในปริมาณสูงและมีความสามารถในการผลิตสารเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการได้เป็นอย่างดี เช่น แบคเทอริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารประกอบอื่นๆ ที่มีผลในการเพิ่มคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขันของกล้าเชื้อต่อจุลินทรีย์อื่นๆ ได้แก่ จำนวนของกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคที่เติมลงไปในส่วนผสมกับแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีอยู่แล้วในส่วนผสม สภาพทางสรีรวิทยาของกล้าเชื้อและสูตรผสมในการผลิตว่ามีแหล่งพลังงานที่มีความเหมาะสมหรือไม่ กล้าเชื้อบริสุทธิ์ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้ ได้แก่ *Lb. plantarum, Lb. curvatus, Pd. damnosus, Pd. acidilactici* ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อที่แยกได้จากการหมักตามสภาพธรรมชาติ (Varnam และ Sutberland, 1995) นอกจากนี้ยังมีเชื้อในกลุ่มของ staphylococci ชนิดที่ไม่ทำให้เกิดโรค (non-pathogenic) และ *Micrococcus* ซึ่งเชื้อทั้งสองชนิดมีผลต่อรสชาติของไส้กรอกโดยผ่านการผลิตกรดไขมันอิสระ (Montel และคณะ, 1993)

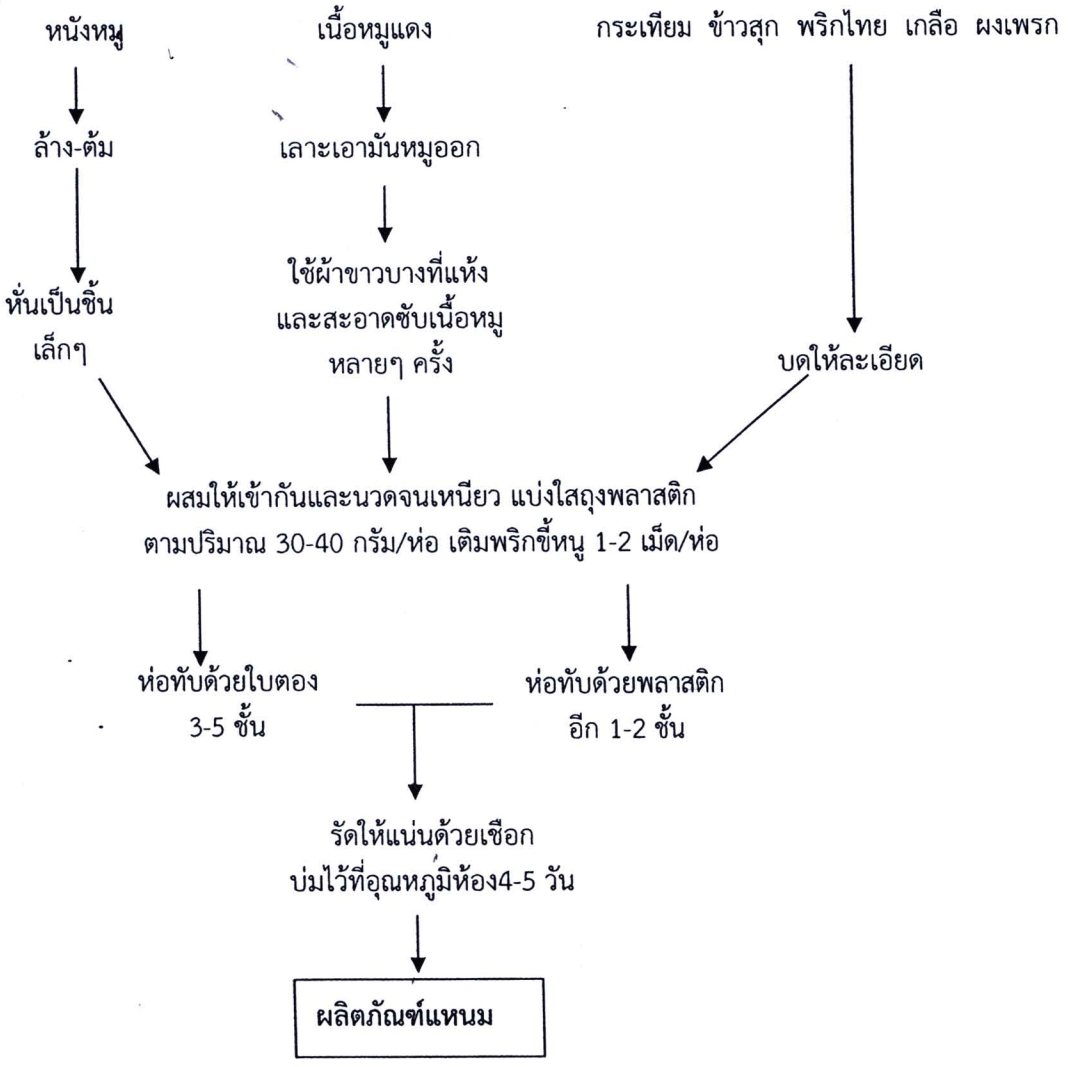
ในการหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พื้นบ้านของไทย เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว พบว่า กลิ่นและรสชาติจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพของวัตถุดิบ สภาวะการบ่ม รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ซึ่งจะมีผลต่อผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพคงที่และเกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากที่สุด ควรมีการปรับปรุงการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในกระบวนการผลิตแทนการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีอยู่ในวัตถุดิบและองค์ประกอบอื่นๆ ในสภาพธรรมชาติ ซึ่งตามปกติเมื่อการตรวจสอบเชื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักจะพบเชื้อ *Pd. cerevisiae, Lb. plantarum, Lb. brevis* และ *Lb. leichannii* เป็นส่วนใหญ่ (Bacus และ William, 1981)

2.4 การผลิตแหนม

กรรมวิธีทั่วไปในการผลิตแหนมประกอบด้วย นำเนื้อหมูมาแล่เอามันออกให้หมด จากนั้นนำมาสับหรือบดให้ละเอียด อาจใช้ผ้าขาวบางที่แห้งและสะอาดซับหลายๆ ครั้ง เพื่อลดความชื้น เติมโปแตสเซียมไนเตรทหรือผงเพรกลงในเนื้อบด คลุกเคล้าให้เข้ากัน เติมพริกไทย กระเทียม ข้าวสุกที่บดละเอียดแล้ว จากนั้นใส่หนังหมูที่ต้มสุกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ บางๆ ลงผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง สำหรับการห่อแหนม ปริมาณที่ใส่แล้วแต่โรงงานผู้ผลิต เช่น อาจห่อด้วยถุงพลาสติกน้ำหนักประมาณ 30-40 กรัม พร้อมทั้งใส่พริกขี้หนูลงไป 1-2 เม็ด เพื่อให้ดูน่ารับประทาน หรือห่อให้เป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 2.5-3.0 นิ้ว สุดท้ายห่อทับด้วยใบตอง 3-5 ชั้น รัดให้แน่นด้วยเชือก เพื่อกำจัดอากาศในห่อและทำให้เชื้อจุลินทรีย์ทำงานได้ดีที่สุด ซึ่งขั้นตอนการผลิตแสดงในภาพที่ 1

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เกิดได้ทั้งการหมักตามสภาพธรรมชาติ (natural fermentation) ซึ่งเป็นการหมักที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเนื้อที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ส่วนผสมอื่นๆ และอาจติดอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต การหมักประเภทนี้พบแบคทีเรียกรดแลคติคค่อนข้างน้อย แต่จะ

พบเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ เชื้อแบคทีเรียชนิดที่พบและมีประโยชน์ได้แก่สกุล *Micrococcus* ส่วนความสำเร็จในกระบวนการหมักที่เกิดการสร้างกรด พบว่าในช่วงแรกของการหมักเกิดจากเชื้อในสกุล *Enterococcus* และในช่วงสุดท้ายของการหมักเกิดจากเชื้อในสกุล *Lactobacillus* และ *Pediococcus* เมื่อมีการหมักเกิดขึ้น เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีการเจริญอย่างรวดเร็วส่งผลให้มีการผลิตกรดแลคติกมากขึ้นและทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลง ทำให้เชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคลดจำนวนลงหรือตายภายใน 2-3 วัน (Varnam และ Sutberland, 1995)



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตแหนม
ที่มา : สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ (2518)

เกณฑ์คุณภาพของแหนม

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (2543) ได้ศึกษาถึงการจัดทำเกณฑ์คุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แหนม ซึ่งจำแนกเป็นด้านต่างๆ ได้ตามตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4 เกณฑ์คุณภาพของแหนมทางกายภาพและด้านประสาทสัมผัส

คุณภาพทางกายภาพ	คุณลักษณะที่ต้องการ
ความเปรี้ยว	มีรสเปรี้ยว
สี	มีสีออกชมพู
ความแน่นเนื้อ	มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างแน่น เกาะตัวกันดี ไม่ร่วน
กลิ่น	ไม่มีกลิ่นคาวของเนื้อหมูดิบ มีกลิ่นหอมเฉพาะของแหนม ซึ่งเกิดจากเครื่องเทศที่เติมและการหมักจากเชื้อจุลินทรีย์

ที่มา : ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (2543)

ตารางที่ 5 เกณฑ์คุณภาพของแหนมทางเคมี

คุณภาพทางเคมี	ปริมาณ
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.80-0.95
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6
โปรตีน (protein)	มากกว่าหรือเท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์
ไขมัน (fat)	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์
เกลือ (salt)	2-3 เปอร์เซ็นต์
ปริมาณของไนไตรท์	น้อยกว่า 125 พีพีเอ็ม.

ที่มา : ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (2543)

ตารางที่ 6 เกณฑ์คุณภาพของแหนมทางจุลินทรีย์

คุณภาพทางจุลินทรีย์	ปริมาณที่พบ
Salmonella spp.	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
Escherichia coli 0157 : H7	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
Staphylococcus aureus	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
Yersinia enterocolitica	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
Clostridium perfringens	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
Fungi	ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนี ต่อตัวตัวอย่าง 1 กรัม
พยาธิ *Trichinella spiralis.*	ต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 กรัม

ที่มา : ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (2543)

2.5 แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria)

แบคทีเรียกรดแลคติก เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก (gram-positive) มีรูปร่างกลมหรือเป็นแท่ง (cocci หรือ rods) ไม่มีการสร้างสปอร์ (non sporeforming) ไม่เคลื่อนที่ (non-motile) หรือถ้ามีการเคลื่อนที่จะใช้แฟลคเจลลา ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ซึ่งจัดเป็น facultative anaerobia สามารถผลิตกรดแลคติกได้โดยใช้คาร์บอนเป็นสารอาหาร น้ำตาลที่ใช้ได้แก่ กลูโคส และแลคโตส ตัวอย่างของแบคทีเรียกรดแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* และ *Streptococcus* เป็นต้น (Singleton และ Sainsburg, 1998) มนุษย์ได้นำแบคทีเรียกรดแลคติคมาใช้ในการหมักอาหารชนิดต่างๆ เป็นเวลานาน เช่นใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นม ชีส ผักดอง และ sour dough bread และกรดแลคติกได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เป็นสารที่ให้ความเป็นกรด (acidulant) และสารถนอมอาหาร (Linko, 1985)

การใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักเนื้อเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การหมักประสบความสำเร็จ ตามประวัติศาสตร์ได้มีการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาค เช่น ในสหรัฐอเมริกาและยุโรปใช้ *Pediococcus cerevisiae* (ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น *Pd. acidilactici*) โดยสหรัฐอเมริกาใช้ในการผลิต summer sausage ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อหมักชนิดนี้หมักได้ที่อุณหภูมิสูง (30 องศาเซลเซียส) ใช้ไนไตรท์ได้ มีช่วงระยะเวลาการบ่มสั้น และยังสามารถควบคุมการหมักได้ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียสได้ด้วย ส่วนในยุโรปมีการนำ *Lactobacillus plantarum* มาใช้ในการหมักครั้งแรกร่วมกับ micrococci ทั้ง *Lb. plantarum* และ pediococci จึงเป็นกล้าเชื้อที่สำคัญในการค้า (Hammes และ Knauf, 1994)

การจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติค

การสร้างกรดแลคติกของแบคทีเรียกรดแลคติก เกิดจากการใช้สารประกอบคาร์โบไฮเดรทในกระบวนการเมแทบอลิซึมได้กรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึม สามารถจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติคได้เป็นสองกลุ่ม คือ homofermentative และ heterofermentative (Collier และคณะ, 1998)

Homofermentation

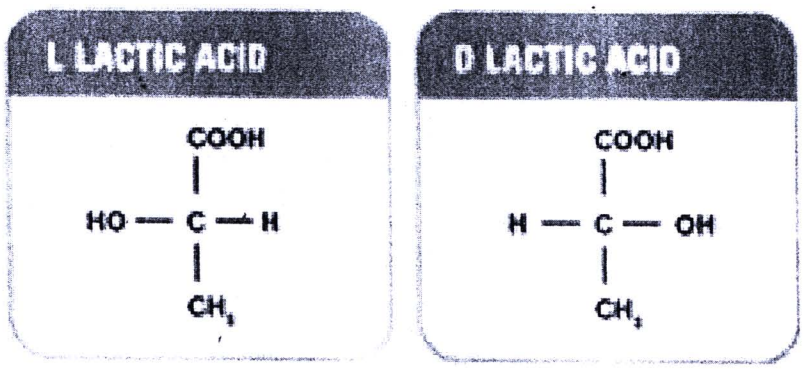
Homofermentative หรือ homolactic fermentation เป็นการหมักให้เกิดกรดแลคติกที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียกรดแลคติกที่ผลิตกรดแลคติกจากการหมักน้ำตาลกลูโคสโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Emden-Meyerhof-Parnas (EMP) หรือ glycolytic pathway ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดแลคติคได้ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ จากการหมักกลูโคสหรือกาแลคโตส โดยที่กลูโคส 1 โมเลกุลเมื่อเข้าสู่ EMP จะได้ไพรูเวท 2 โมเลกุล จากนั้นไพรูเวทจะถูกเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นพบทั้ง D-Lactic และ L-Lactic (Adams และ Moss, 1995; Paul และ Diana, 1988)

เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติคที่มีวิถีการหมักแบบ homofermentative มีทั้งชนิดที่มีรูปร่างเป็นแท่ง เช่น สกุล *Lactobacillius* และชนิดที่มีรูปร่างทรงกลม ได้แก่ สกุล *Streptococcus, Lactococcus* และ *Enterococcus* เป็นต้น

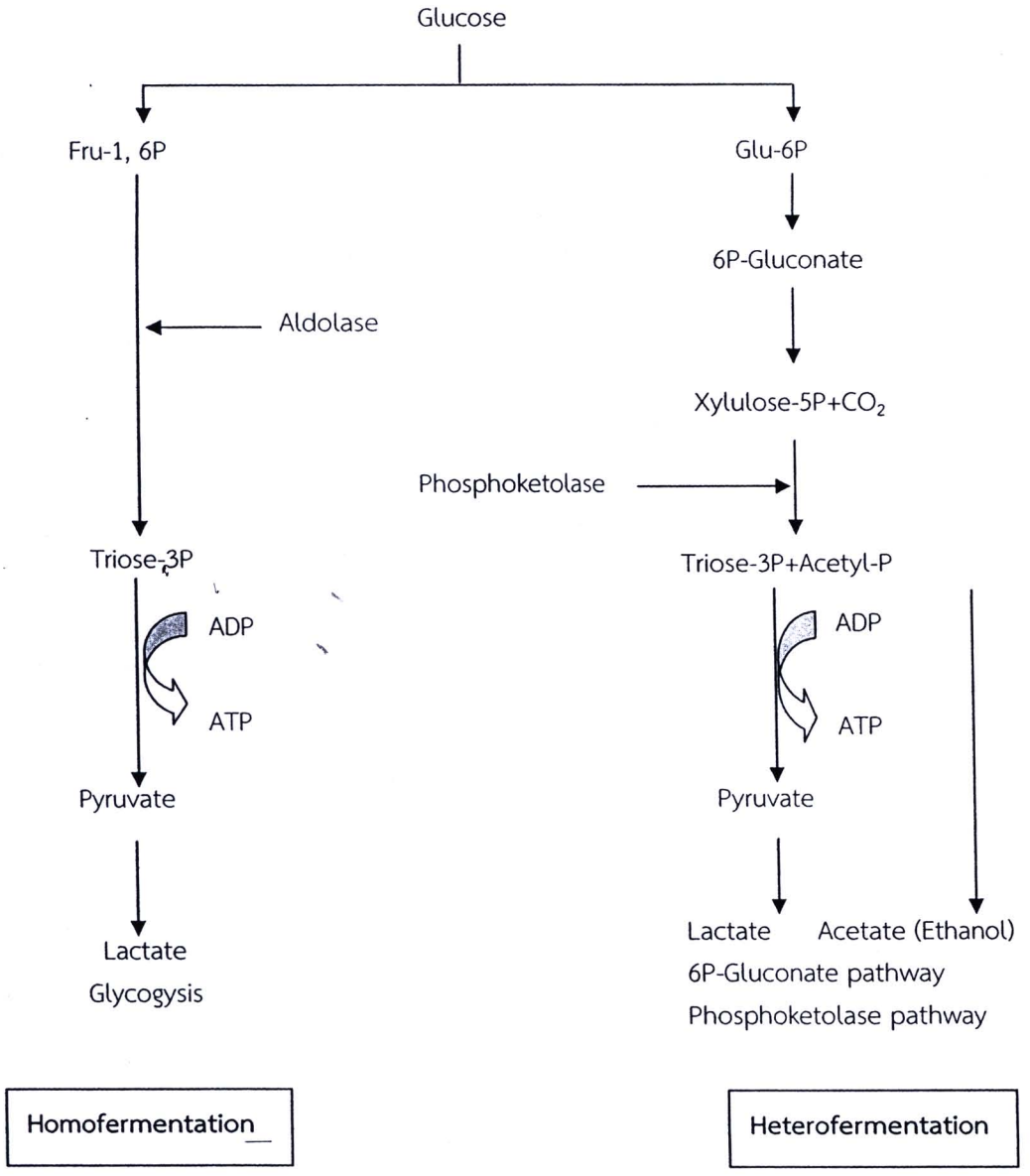
ตารางที่ 7 แสดงแบคทีเรียกรดแลคติกในกลุ่มของ homofermentation

Cocci	Rods
Streptococci	**Lactobacillus**
Lactococcus lactis subsp. *lactis*	Thermobacteria
Lactococcus lactis subsp. *lactis*	(temp. opt. 40 °C, do not grow at 15 °C)
var. *diacetialactis*	*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii*
Lactococcus lactis subsp. *cremoris*	*Lactobacillus delbrueckii* subsp *lactis*
Enterococcus feacalis	Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus
Streptococcus salivarius subsp. *salivarius*	*Lactobacillus helveticus*
Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus*	*Lactobacillus salivarius*
Streptococcus pyrogenes	
	Streptobacteria
	(temp. opt. 30-37 °C, always growth at 18 °C)
	Lactobacillus casei
	Lactobacillus alimentaris
	Lactobacillus coryniformis
	Lactobacillus plantarum

ที่มา : Schlegel (1993)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของกรดแลคติกชนิด L และ D
ที่มา : http://www.ptonline.com/mag_images/200802fa1i.jpg



<u>ภาพที่ 3</u> แสดงการจำแนกชนิดของแบคทีเรียกรดแลคติกตามวิถีการสร้างกรด
ที่มา : Adams และ Moss (1995)

$C_6H_{12}O_6$ → $CH_3.CO.COOH$
Glucose — Pyruvic acid

$CH_3.CO.COOH + NADH_2$ → $CH_3.CHOH.COOH + NAD$
Pyruvic acid — Lactic acid

Heterofermentation

Heterofermentation หรือ heterolactic fermentation เป็นการหมักให้เกิดกรดแลคติกโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งหมักน้ำตาลกลูโคสและแลคโตสไปเป็นเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เอธานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ (Schlegel, 1993 ; Adams และ Moss, 1995) ตัวอย่างของแบคทีเรียกรดแลคติคที่มีวิถีการหมักแบบ heterofermentative ได้แก่ สกุล *Lactobacillus* บางสปีชีส์ และสกุลของ *Leuconostoc* โดยเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในสกุล *Lactobacillus* มีวิถีการหมักได้ทั้งสองแบบ (ตารางที่ 8) และผลิตภัณฑ์จากการหมักแสดงได้ในภาพที่ 4

$$\underset{\text{Glucose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Lactic acid}}{CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH} + \underset{\text{Acetic acid}}{CH_3\text{-}CH_2OH} + CO_2 \text{ or } \underset{\text{Ethanol}}{CH_3\text{-}COOH}$$

ภาพที่ 4 สมการจากการหมักแบบ heterofermentation

ตารางที่ 8 ตัวอย่างของแบคทีเรียกรดแลคติกในกลุ่ม heterofermentation

Cocci	Rods
Streptococci	**Lactobacilli**
Leuconostoc mesenteroides	*Lactobacillus bifermentans*
subsp. *mesenteroides*	*Lactobacillus brevis*
Leuconostoc mesenteroides subsp.	*Lactobacillus fermentum*
dextranicum —	*Lactobacillus kandleri*
Leuconostoc mesenteroides	*Lactobacillus viredescens*
subsp. *cremoris*	
Leuconostoc lactis	

ที่มา : Schlegel (1993)

แบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติค

การจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติคในปัจจุบัน สามารถจัดจำแนกได้เป็น 12 สกุล คือ *Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus และ Weissella* (Stiles และ Holzapfel, 1997) ซึ่งแต่ละสกุลมีลักษณะดังนี้

Aerococcus

เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวกตระกูล streptococcaceae เซลล์มีรูปร่างกลม ไม่มีการเคลื่อนที่ มีการแบ่งตัวแบบ 2 ระนาบ โดยทั่วไปจึงพบเซลล์อยู่เป็นคู่หรือ 4 เซลล์ สามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย เป็นพวก homofermentative ไม่มีการสร้างแคตาเลส แต่มีบางสายพันธุ์มีการผลิตแคตาเลสเทียม (pseudocatalase) แบคทีเรียที่พบในสกุลนี้มี 2 ชนิด คือ *A. urinae* และ *A. viridans* ซึ่งเปลี่ยนมาจาก *Pediococcus urinae-equi* และ *P. homari* ตามลำดับ (Singleton และ Sainsbury, 1988; Stiles และ Holzapfel, 1997)

Carnobacterium

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีรูปร่างเป็นแท่งคล้าย lactobacilli ซึ่งก่อนหน้านี้เคยจำแนกไว้ใน lactobacili ไม่มีการสร้างแคตาเลส เป็นพวก heterofermentative ส่วนใหญ่เจริญได้ที่ 0 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส มีบางสายพันธุ์ที่สร้างแก๊สจากการใช้น้ำตาลกลูโคส ไม่สามารถเจริญบนอาหารที่มีอะซิเตท และไม่สร้างกรด oleic มี GC content ประมาณ 33.0-37.2 โมลเปอร์เซ็นต์ พบได้ตามเนื้อสัตว์ที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ ปลา และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ปีก (Jay, 1996; Schleifer และ Ludwing, 1995)

Enterococcus

เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีเซลล์เป็นรูปไข่ พบการจัดเรียงตัวของเซลล์เป็นเซลล์เดี่ยวหรือเป็นคู่ หรืออาจพบเป็นโซ่สายสั้นๆ สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียส เจริญได้ในสภาพที่มีโซเดียมคลอไรด์ 6.5 เปอร์เซ็นต์ และน้ำดี 40 เปอร์เซ็นต์ เจริญได้ที่ความเป็นกรดด่าง 9.6 มีกระบวนการทางชีวเคมีเป็นแบบการหมัก มี GC content ประมาณ 37-45 โมลเปอร์เซ็นต์ แบคทีเรียสกุลนี้ประกอบด้วย 20 สปีชีส์ เปลี่ยนชื่อมาจาก *Streptococcus* (Devriese and Pot, 1995; Jay, 1996; Schleifer และ Ludwing, 1995)

Lactobacillus

เป็นกลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติกกลุ่มใหญ่ที่สุด มีความหลากหลายของลักษณะทางฟีโนไทป์ ลักษณะทางชีวเคมี และลักษณะทางสรีวิทยาอันเนื่องมาจากมีความแตกต่างของ GC content ภายในสกุลค่อนข้างสูง โดยอยู่ระหว่าง 32-53 โมลเปอร์เซ็นต์ (Axelsson, 1998) เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งหรือเป็นรูปทรงรี มีการจัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรือเป็นโซ่ ไม่เคลื่อนที่ ไม่มีการสร้างแคตาเลส มีบางสายพันธุ์เป็นแคตาเลสเทียม มีคุณสมบัติในการใช้เป็นโปรไบโอติกได้เป็นอย่างดี พบได้ทั่วไปในมนุษย์และสัตว์ ในนมและผลิตภัณฑ์นม อาหารหมักชนิดต่างๆ และเครื่องดื่ม พบในพืชเพียงเล็กน้อย เช่น ในหญ้าหมักและผักดอง โดยทั่วไปไม่เป็นพิษ (Harrigan, 1998)

Hammes และ Vogel (1998) ได้กล่าวถึงการจัดแบ่งแบคทีเรียสกุลนี้โดยพิจารณาจากกระบวนการหมักสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

ก. Obligately homofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลแลคโตสได้เป็นกรดแลคติคได้มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ โดยผ่านวิถี Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) ผลิตเอนไซม์ 1,6-biphosphate-aldolase ได้ แต่ไม่ผลิต phosphoketolase ดังนั้น เชื้อกลุ่มนี้จึงไม่สามารถหมักน้ำตาลเพนโตสได้ ประกอบด้วย 18 สปีชีส์

ข. Facultative heterofermentative lactobacilli เชื้อกลุ่มนี้หมักเฮกโซสได้เป็นกรดแลคติกโดยผ่านวิถี EMP มีกิจกรรมที่เกิดจากทั้ง aldolase และ phosphoketolase จึงสามารถหมักน้ำตาลเพนโตสได้ ประกอบด้วย 18 สปีชีส์

ค. Obligately heterofermentative lactibacilli เชื้อกลุ่มนี้หมักน้ำตาลเฮกโซสและน้ำตาลเพนโตสได้โดยผ่านวิถี phosphogluconate ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติค เอธานอล และคาร์บอนได้ออกไซด์ ประกอบด้วย 19 สปีชีส์

Lactococcus

เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด มีรูปร่างเป็นรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 ไมครอน ไม่มีการเคลื่อนที มีการจัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือต่อกันเป็นสายโซ่ กระบวนการทางชีวเคมีเป็นแบบการหมัก ได้ผลิตภัณฑ์เป็น L-lactic เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส มี GC content ประมาณ 34-43 โมลเปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 5 สปีชีส์ (Schleifer และ Ludwing, 1995)

Leuconostoc

เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด เครื่องดื่มที่ได้จากการหมักและผักดองหลายชนิด ลักษณะของเซลล์มีรูปร่างกลม มีการจัดเรียงตัวเป็นคู่หรือเป็นโซ่ จัดเป็นพวก heterofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส เป็นกลุ่มที่ไม่สร้างแคตาเลส มักพบอยู่ร่วมกับ lactobacilli มี CG content ประมาณ 38-44 โมลเปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย 8 สปีชีส์ (Dessart และ Steenson, 1995; Jay, 1996; Schleifer และ Ludwing, 1995)

Oenococcus

มีรูปร่างทรงกลม ซึ่งถูกเปลี่ยนมาจาก *Leu. oenus* เดิม เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจาก *Leuconostoc* และทนต่อกรดได้ดีกว่า (Dicks และคณะ, 1995)

Pediococcus

มีรูปร่างกลม มีการแบ่งตัวแบบ 2 ทิศบนระนาบเดียวกัน พบการจัดเรียงตัวอยู่เป็นคู่หรืออยู่เป็น 4 เซลล์ติดกัน เป็นพวก homofermentative ต้องการสารอาหารที่มีความซับซ้อน มักพบร่วมกับพืชที่นำมาหมัก เช่น ผักดองเค็ม นอกจากนั้นยังพบว่ามีการปนเปื้อนในเครื่องดื่มที่หมักด้วยยีสต์ มี GC content ประมาณ 34-44 โมลเปอร์เซ็นต์ (Harrigan, 1998; Jay, 1996)

Streptococcus

เป็นแบคทีเรียรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8-1.2 ไมครอน มีการจัดเรียงตัวเป็นคู่หรือเป็นโซ่ ต้องการสารอาหารหลายชนิด เจริญได้ที่อุณหภูมิ 20-40 องศาเซลเซียส เป็นได้ทั้ง homofermentative และ heterofermentative พบได้ในอาหารเป็นส่วนใหญ่ นิยมใช้เป็นกล้าเชื้อในอุตสาหกรรมนมหมัก ประกอบด้วย 39 สปีชีส์ (Hadie และ Whiley, 1995)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

Tetragenococcus

เป็นจีนัสที่เปลี่ยนมาจาก *Pediococcus halophillus* เดิม ลักษณะส่วนใหญ่จึงเหมือนกัน มีรูปร่างทรงกลม ต้องการโซเดียมคลอไรด์ในการเจริญและสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 18 เปอร์เซ็นต์ และมีลำดับของ 16s rRNA ต่างจาก *Pediococcus* (Simpson and Taguchi, 1995)

Vagococcus

เป็นแบคทีเรียที่แยกมาจาก *Streptococcus* กลุ่ม N เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้ ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ (Stiles and Holzapfel, 1997)

Weissella

เป็นแบคทีเรียกรดแลคติกสกุลเดียวที่มีทั้งรูปร่างทรงกลมและเป็นท่อน ประกอบด้วย 7 สปีชีส์ ซึ่งเดิมจำแนกอยู่ในสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* คือ *Weissella paramenteroides* (*Leuconostoc paramenteroides*) *W. cofusus* (*Lactobacillus cofusus*) *W. halotelerans* (*Lb. halotelerans*) *W. kandleri* (*Lb. kandleri*) *W. minor* (*Lb. minor*) *W. viridescens* (*Lb. viridescens*) และสปีชีส์ใหม่ที่แยกได้จากไส้กรอกเปรี้ยวคือ *W. hellenica* (Stiles and Holzapfel, 1997) คุณลักษณะที่แตกต่างกันของแบคทีเรียกรดแลคติกจีนัสต่างๆ พอสรุปได้ในตารางที่ 9

การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

1. คุณสมบัติของแบคทีเรียกรดแลคติกในการผลิตสารจากกระบวนการเมแทบอลิซึม

การค้นพบกรดแลคติกเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อพบว่านมซึ่งมีน้ำตาลแลคโตสเป็นองค์ประกอบมีรสเปรี้ยวเกิดขึ้น หลักการหมักกรดแลคติกในอุตสาหกรรมจึงเริ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1857 ซึ่งมีการตีพิมพ์ผลงานของหลุยส์ ปาสเตอร์ ตั้งแต่นั้นมาได้มีการแยกแบคทีเรียกรดแลคติกหลายชนิดจนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการพัฒนาของมนุษยชาติ เช่น การเตรียมอาหารหมักจากนม ผัก ธัญชาติ และเนื้อสัตว์ ตลอดจนการใช้เชื้อเพื่อการเก็บรักษาวัตถุดิบหลายชนิด (Rehm และ Reed, 1996) เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกมีประโยชน์หลายด้าน จึงได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ การใช้ในผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ถั่วและธัญชาติ ผลิตภัณฑ์ปลา ตลอดจนผลิตภัณฑ์เนื้อ (วิเชียร ลีลาวัชรมาศ, 2539; Geoffrey, 1987)

แบคทีเรียกรดแลคติก ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตอาหารหมักของมนุษย์และสัตว์หลายชนิด และพบว่าในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำให้เกิดการพัฒนาด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ต้องการอีกด้วย โดยการยับยั้งเป็นผลมาจากการผลิตสารหลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และไดอะซิทิล และยังมีรายงานว่ามีแบคทีเรียกรดแลคติคหลายที่ชนิดสามารถผลิตสารที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ ซึ่งต่อมาเรียกว่า bacteriocin และยังจัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็น biopreservative (Kelly และคณะ, 1996)

ตารางที่ 9 แสดงคุณลักษณะของแบคทีเรียกรดแลคติกจีนัสต่างๆ

Character	*Carnob.*	*Lactob.*	*Aeroc.*	*Enteroc.*	*Lactoc. Vagoc.*	*Leucon. Oenoc.*	*Pedioc.*	*Streptoc*	*Tetra genoc.*	*Weissella* [b]
Tetra Formation	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-
CO_2 from Glucose[c]	-[e]	+ -	-	-	-	+	-	-	-	+
Growth at 10 °C	+	+ -	+	+	+	+	+ -	-	+	+
Growth at 45 °C	-	+ -	-	+	-	-	+ -	+ -	-	-
Growth at 6.5 % NaCl	ND[f]	+ -	+	+	-	+ -	+ -	-	+	+ -
Growth at 18 % NaCl	-[f]	- -	-	-	-	-	-	-	+	+ -
Growth at pH 4.4	ND	+ -	-	+	+ -	+ -	+	-	-	+ -
Growth at pH 9.6	- -	- -	+	+	-	-	-	-	+	-
Lactic acid [d]	L	D,L,DL	L	L	L	D	L,DL[g]	L	L	L,DL[g]

[a] +, possitive; -, negative; +/-, response varies between species;
ND not determined.

[b] Weissella strains may be also be rod-shape.

[c] Test for homo-or heterofermentation of glucose; negative and positive denotes homofermentative and heterofermentative, respectively.

[d] Configuration of lactic acid produced from glucose.

[e] Small amounts of CO_2 can be produce, depending on media.

[f] No growth in 8 % of NaCl has been reported.

Production of D-,L- or DL- lactic acid varies amount species.

ที่มา : Axelsson (1998)

การนำแบคทีเรียกรดแลคติกมาใช้ในการถนอมอาหารโดยเฉพาะอาหารหมัก ระหว่างการหมักจะมีผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึม ทั้งชนิดที่เป็น primary metabolite และ secondary metabolite และผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ ได้แก่

กรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์ที่เกิดจากแบคทีเรียกรดแลคติก คือ กรดแลคติกและกรดอะซิติก มีการศึกษาที่พบว่ากรดอะซิติกมีความสามารถในการยับยั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรียได้ดี และทั้งกรดแลคติกและกรดอะซิติกเมื่อทำงานร่วมกันจะมีผลในการลดการเจริญของ *Salmonella*

typhinurium ได้เป็นอย่างดี ในอาหารหมักส่วนใหญ่ทั้งกรดแลคติคและกรดอะซิติคที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติคมีผลทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลง ในผลิตภัณฑ์เนื้อกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่พบว่าเป็นกรดแลคติกและมีกรดอะซิติกเพียงเล็กน้อย (Lucke, 2000)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในภาวะที่มีออกซิเจน แบคทีเรียกรดแลคติกบางกลุ่มโดยเฉพาะ lactobacilli สามารถสร้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำลายเซลล์แบคทีเรีย โดยส่วนของ sulphydryl ของโปรตีนและลิปิดที่เมมเบรนจะถูกออกซิไดซ์อย่างรุนแรง การสะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์จะมีผลต่อการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* และ *Pseudomonas* spp. นอกจากนั้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังทำปฏิกิริยากับสารประกอบตัวอื่นๆ เกิดเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ขึ้นมา เช่น ในนมดิบ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จากแบคทีเรียกรดแลคติคจะทำปฏิกิริยากับ endogenous thiocyanate ซึ่งถูกเร่งปฏิกิริยาโดย lactoperoxidase เกิดเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ (Ouwehand, 2002; Daeschel, 1989)

ไดอะซิทิล (Diacetyl) ไดอะซิทิล (2,3 – butanedione) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมที่สังเคราะห์จากสารตัวกลางในการสังเคราะห์ไพรูเวท เป็นสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในเนย และมีคุณสมบัติในการยับยั้ง โดยพบว่าที่ความเข้มเข้น 20 ไมโครกรัม/มล. จะยับยั้งยีสต์ และความเข้มข้น 300 ไมโครกรัม/มล. สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก ส่วนในแบคทีเรียกรดแลคติคพบว่ามีผลเพียงเล็กน้อย ซึ่งที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 350 ไมโครกรัม/มล. ไม่มีผลในการยับยั้ง (Daeschel, 1989)

แบคเทอริโอซิน (Bacteriocins) แบคเทอริโอซินเป็นสารประกอบโปรตีนที่มีคุณสมบัติในสารต่อต้านจุลินทรีย์ (proteinaceous antimicrobial substance) ชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตจากแบคทีเรียบางชนิด มีคุณสมบัติในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ในสปีชีส์หรือสายพันธุ์ที่ใกล้เคียงกัน กลไกการทำลายมีความจำเพาะต่อเซลล์เป้าหมายที่แน่นอน แบคเทอริโอซินบางชนิดสามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จึงใช้ร่วมกับการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนได้ แบคเทอริโอซินจะถูกยับยั้งด้วยเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีน เช่น ทริบซิน ตัวอย่างของแบคเทอริโอซินที่ผลิตจากแบคทีเรียกรดแลคติกและอนุญาติให้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารได้แก่ ไนซิน

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักนับว่าเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปที่มีความสำคัญ เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารโปรตีน วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ รูปแบบของการใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์จึงเป็นการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ ทั้งนี้เพื่อช่วยพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น เป็นการควบคุมกระบวนการหมักอีกวิธีหนึ่ง ซึ่ง Varnam และ Sutberland (1995) ได้กล่าวถึงมาตรฐานที่เหมาะสมของแบคทีเรียกรดแลคติกที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการหมักไส้กรอกเปรี้ยวไว้ดังนี้ มีประสิทธิภาพในการแข่งขันกับแบคทีเรียที่เกิดขึ้นตามสภาพธรรมชาติได้ ต้องผลิตกรดแลคติกได้ในปริมาณที่พอเพียง ต้องมีความทนต่อเกลือโซเดียมคลอไรด์และสามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้นของเกลืออย่างน้อย 6 เปอร์เซ็นต์ ต้องมีความทนต่อโซเดียมไนเตรทและสามารถเจริญได้ที่ความเข้มเข้นของโซเดียมไนเตรทอย่างน้อย 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้องเจริญ

ได้ในช่วงอุณหภูมิ 15-40 องศาเซลเซียส ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหมักอยู่ระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส ต้องมีวิถีการสร้างกรดแลคติกแบบ homofermentative ต้องไม่ผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่มากเกินไป ควรเป็นแบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างแคตาเลส (catalase negative) ควรมีคุณสมบัติในการรีดิวซ์ไนเตรท มีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรคในอาหารได้ ควรมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมหรือทำงานร่วมกับกล้าเชื้ออื่นได้เป็นอย่างดี

2.6 การใช้สมุนไพรเป็นส่วนผสมในการหมักแหนม

พืชสมุนไพรที่ปลูกไว้ตามบ้านเรือนหลายชนิดสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้เป็นอย่างดี เช่น มะกรูด ตระไคร้ และขิง ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดต่างมีคุณสมบัติต่างกัน คือ

มะกรูด (Porcupine Orange, Kiffir Lime, Leech Lime, Mauritius papeda)

มะกรูดถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างมาก โดยใช้เป็นได้ทั้งเครื่องเทศและยาสมุนไพร สามารถนำไปประกอบอาหารดับกลิ่นคาวและเป็นยารักษาโรค เช่น ช่วยแก้อาการท้องอืด แก้ปวดท้อง บำรุงโลหิตสตรี ขับเสมหะ ฯลฯ นอกจากการบริโภคเป็นอาหารและเป็นยารักษาโรคแล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางประเภทต่างๆ ได้อีกด้วย เช่น แชมพู ครีมนวด ครีมหมักผม เป็นต้น ส่วนต่าง ๆ ของมะกรูด สามารถเก็บรักษาไว้ในรูปของแห้ง คือ ใบมะกรูดแห้ง และผิวมะกรูดแห้ง หรือน้ำมันหอมระเหย สารสกัดวิธีต่างๆ ปัจจุบันความต้องการมะกรูดของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เนื่องด้วยสรรพคุณของมะกรูดที่มีความหลากหลาย แต่เกษตรกรมักจะปลูกมะกรูดกันในลักษณะเป็นพืชผักสวนครัว หรือพืชรองเท่านั้น

การใช้ประโยชน์จากมะกรูด

1. ใช้ส่วนต่างๆ ของมะกรูด เป็นยาหรือส่วนผสมของยาต่างๆ ดังนี้

1.1 ใบมะกรูด มีรสปร่า กลิ่นหอม แก้ไอ แก้อาเจียนเป็นเลือด แก้ช้ำใน ดับกลิ่นคาว

1.2.ผลลูกมะกรูด มีรสเปรี้ยว กัดเสมหะ แก้น้ำลายเหนียว กัดเถาดานในท้อง แก้ระดูเสีย ฟอกโลหิต ขับระดู ขับลมในลำไส้

1.3 ผิวลูกมะกรูด มีรสปร่า กลิ่นหอมร้อน ขับลมในลำไส้ ขับระดู ขับผายลม

1.4 น้ำในลูกมะกรูด มีรสเปรี้ยว แก้ไอเสมหะ ฟอกโลหิต ขับระดู ขับลมในลำไส้

1.5 ราก มีรสจืดเย็น แก้ไข้ ถอนพิษสำแดง แก้ลมจุกเสียด กระทุ้งพิษไข้ แก้พิษฝีภายใน แก้เสมหะ

2. ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอางต่าง ๆ

3. กรดซิตริกที่อยู่ในมะกรูด ช่วยขจัดคราบสบู่ที่หลงเหลืออยู่ ทำให้ผมหวีเรียบง่าย น้ำมันจากผิวมะกรูดช่วยให้ผมดกเป็นเงางาม

4. ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร ดับกลิ่นคาวของอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงต่าง ๆ

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของมะกรูด

1. ประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผิวมะกรูดอยู่ที่ส่วนน้ำมันหอมระเหย ซึ่งผิวมะกรูดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ดีกว่าใบมะกรูด (เนื่องจากมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่น้อยกว่าผิวมะกรูด) จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งได้ง่าย คือ รา ดังนั้นจึงมีการนำ

น้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดไปเป็นส่วนผสมในแชมพูสระผม เพื่อกำจัดรังแค ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา สำหรับจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้ง ได้แก่

ตารางที่ 10 ส่วนประกอบจากมะกรูดและการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและรา

ส่วนประกอบที่นำมาใช้	เชื้อแบคทีเรีย	เชื้อรา
ใบมะกรูด	*E .coli*	Alternaria, Cunninghamella,
	Bacillus megaterium	Rhizopus
		Fusarium
ผิวมะกรูด	*Salmonella tiphy*	Alternaria
	Staphyloccocus	Aspergillus
	Pseudomonas aeruginosa	Cunninghamella
	E. coli	Rhizopus
	Bacillus cereus	Fusarium
	Bacillus megaterium	Curvularia
	Proteus vulgaris	มูเคอร์
	ซาลโมเนลลา เลกซิงตัน	

ที่มา : http://www.khaokhonaturalfarm.com/thai/index.php?option=com_content&view=article&id=94:2009-04-25-08-25-02&catid=35:2008-08-30-09-28-44&Itemid=59

2. สารเคมีที่สำคัญ

สารสำคัญที่พบในมะกรูดนี้จะอยู่ในส่วนของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีทั้งในส่วนของใบและเปลือกของผลที่เรียกว่าผิวมะกรูด โดยที่ผิวมะกรูดจะมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และใบจะมีน้ำมันหอมระเหย 0.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารเคมีที่พบในใบและผิวมะกรูดจะแตกต่างกันไปตามข้อมูลในตารางที่ 10

3.กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

การที่มะกรูดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้นั้นเนื่องจากมีสารพวกเจอรานิออล นิโรลิออล ไอโซพูลีกอล ลินาลูล และเทอร์ไปนีนออลอยู่ด้วย ซึ่งมีรายงานว่าสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่กลไกในการยับยั้งยังไม่ทราบแน่ชัด

4. ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

น้ำมันใบมะกรูดมีฤทธิ์ไล่ยุงได้นาน 3 ชั่วโมง ต้านเชื้ออะมีบา d-limonene เป็นสารหลักในน้ำมันผิวมะกรูด มีฤทธิ์ในการยับยั้งสารก่อมะเร็งในหนู

ตารางที่ 11 สารเคมีชนิดต่างๆ ที่พบในมะกรูด

สารเคมี	% สารเคมี		สารเคมี	% สารเคมี	
	ใบมะกรูด	ผิวมะกรูด		ใบมะกรูด	ผิวมะกรูด
Alpha - Pinene	0.2	2.5	Beta - Cubinene	0.1	0.5
Camphene	เล็กน้อย	0.2	Caryophyllene	0.4	0.3
Beta - Pinene	4.9	30.6	Terpinene-4-ol and P-elemene	-	0.2
Sabinene	-	22.6	Citronellene acetate	5.4	0.2
Myrcene	0.6	1.4	Alpha - Terpineol	-	0.7
Limonene	0.6	29.2	Geraniol	-	0.1
1,8 - Cineol	-	1.3	Elemene	-	0.3
Gramma- Terpinene	0.2	0.1	Nerolidol	-	0.1
P - Cymene	0.1	0.1	Geranyl acetate and Citronellol	6.4	0.4
Terpinolene	0.2	0.1	Delta - Cadinene	-	0.3
Trans- Sabinene hydrate	-	0.6	Trans - Ocimene	0.3	-
Citronella	65.4	4.2	ISO - Pulegol	4.9	-
Copaene	0.1	0.6	สารที่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้	7.6	2.8
Linalool	2.9	0.5			

ที่มา : http://www.khaokhonaturalfarm.com/thai/index.php?option=com_content&view=article&id=94:2009-04-25-08-25-02&catid=35:2008-08-30-09-28-44&Itemid=59

ความเป็นพิษ

สำหรับความเป็นพิษ มีรายงานทางการแพทย์ว่าพบผู้ป่วยที่มีอาการแพ้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันมะกรูดเป็นส่วนผสมน้ำมันผิวมะกรูดมีสาร oxypedamin มีผลทำให้เกิดอาการแพเมื่อโดนแสงแดด (photo toxicity) สาร d-limonene เมื่อถูกอากาศเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดอาการแพ้ได้

ตระไคร้ (Lemongrass : *Cymbopogon citratus* (De ex Nees) Stapf)

ตะไคร้ เป็นส่วนประกอบของเครื่องแกงชนิดต่างๆ อาหารประเภทยำก็ขาดตะไคร้เสียไม่ได้ ต้มยำก็ต้องมีตะไคร้เป็นพระเอก แกงสารพัดชนิดก็ต้องการตะไคร้ เช่นเดียวกับอาหารประเภทตุ๋น เช่นเนื้อตุ๋น หมูตุ๋น หรือจะเป็นเมี่ยงก็นิยมรับประทานตะไคร้เป็นเครื่องเคียง คุณสมบัติของคะไคร้นอกจากนิยมใช้ดับกลิ่นคาวต่างๆ ของอาหาร เช่น ปลา เนื้อแล้ว ตะไคร้ยังมีส่วนสำคัญในการถนอมอาหารได้อย่างดีด้วย ตัวอย่าง เช่น หากตู้เย็นบ้านคุณเสีย คุณลองนำเนื้อมาต้มกับตะไคร้ ใบมะกรูด ขิง ใส่เกลือนิดหน่อย ก็จะสามารถเก็บเนื้อนั้นไว้ได้โดยไม่ต้องแช่เย็น จะบูดช้ากว่าเนื้อที่ต้มโดย

ปราศจากเครื่องเทศเหล่านี้ ในอีกด้านหนึ่งของคุณค่าตะไคร้ที่คนไทยนิยมรับประทานก็เพราะมีคุณสมบัติเป็นยา อาหารที่มีส่วนประกอบของตะไคร้ เมื่อรับประทานลงไปแล้วจะรู้สึกสบายท้อง

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ของตะไคร้

1. ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ น้ำมันหอมระเหยของตะไคร้มีสารที่ออกฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ คือ menthol, cineo, camphor, และ linalool จึงช่วยลดอาการจุดเสียด

2. ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุอาการแน่นจุกเสียด สารเคมีในน้ำมันหอมระเหย คือ citral , citronellol, geraneol และ cineole มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้แก่เชื้อ *E. coli* ส่วนน้ำมันหอมระเหยก็มีฤทธิ์ ฆ่าแบคทีเรีย

3. ฤทธิ์ขับน้ำดี ตะไคร้มีสารช่วยในการขับน้ำดีมาช่วยย่อย คือ borneol และ fenchone และ cineole

4. ฤทธิ์ขับลม ยาชงตะไคร้เมื่อให้รับประทานไม่มีผลขับลมแต่ถ้าให้โดยฉีดทางช่องท้องให้ผล

5. สารสำคัญในการออกฤทธิ์ขับลม สารเคมีในน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้ ช่วยขับลมจึงลดอาการแน่นจุกเสียด และมี menthol, camphor และ linalool ช่วยขับลม

6. การทดสอบความเป็นพิษ

6.1 ทดลองพิษของน้ำมันตะไคร้ในหนูขาว โดยการกิน พบว่าอัตราส่วนระหว่างขนาดที่ทำให้สัตว์ทดลอง ตาย 50% ของจำนวนที่ทดลอง และขนาดที่สัตว์ทดลองทนได้

6.2 เมื่อให้หนูกินน้ำยาชงตะไคร้เป็นเวลา 2 เดือน ในขนาดมากกว่าคน 20 เท่า ไม่พบอันตราย

6.3 ให้คนไข้กินยาชงจากตะไคร้ครั้งเดียว หรือทุกวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเคมีใน เลือด ปลอดภัยต่อตับและไต

ขิง (Ginger : *Zingiber offcinale* Rosc)

ขิง เป็นทั้งพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ มีสรรพคุณด้านการรักษาโรคได้ เช่น รักษาโรคท้องอืด เฟ้อ คลื่นไส้ อาเจียน รักษาอาการไอที่มีเสมหะ รักษากลากเกลื้อน เป็นยาอายุวัฒนะ การผลิตขิงแบ่งออกเป็น การปลูกขิงเพื่อบริโภคสด ส่งโรงงานอุตสาหกรรม และการปลูกเพื่อผลิตพันธุ์ ขิงเป็นพืชที่ปลูกได้ดีในเขตร้อน แหล่งที่ปลูกที่สำคัญได้แก่ อินเดีย และสาธารณรัฐประชาชนจีน รองลงมาได้แก่ ออสเตรเลีย ฟิจิ ไต้หวัน และไทย

ขิง (Ginger) เป็นสมุนไพรไทย ที่มีสรรพคุณและให้คุณประโยชน์มากมาย สามารถนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องดื่ม ตลอดจนเป็นยาสมุนไพรได้ทั้งลำต้น เช่น ใบ ใช้บำรุงกำเดา แก้ฟกช้ำ แก้นิ่ว แก้ขัดปัสสาวะ แก้โรคตา และฆ่าพยาธิได้ ในส่วนลำต้นใช้ขับลมให้ผายเรอ แก้จุกเสียด แก้ท้องร่วง ดอกขิงใช้แก้โรคประสาทซึ่งทำให้ใจขุ่นมัว ช่วยย่อยอาหาร แก้ขัดปัสสาวะ ส่วนของขิงที่นิยมนำมาทำเป็นอาหารมากที่สุดคือ เหง้าขิง ซึ่งมีสรรพคุณในการขับลม แก้ท้องอืด จุกเสียด แน่นเฟ้อ คลื่นไส้อาเจียน หอบ ไอ ขับเสมหะ เจริญอาหาร มีรสหวานเผ็ดร้อน ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาทำเป็นเครื่องดื่มสำหรับสุขภาพ ที่เรารู้จักและเป็นที่นิยม คือ น้ำขิง หรือ น้ำเต้าฮวย

น้ำขิง เป็นน้ำสมุนไพรอีกทางเลือกหนึ่งของผู้ดื่มที่รักสุขภาพ มีวิธีการทำที่แสนง่ายครับ เพียงแค่นำขิงแก่มาฝานเป็นแว่นบางๆ นำไปตากแดด แล้วนำมาต้มกับน้ำ พอน้ำเดือดและรอให้สีของน้ำ

เปลี่ยนเป็นเหลืองอ่อนๆ เคี่ยวไปอีกสัก 15 นาทีจึงเติมน้ำตาลในปริมาณที่พอเหมาะ ในยามหน้าหนาวแบบนี้ดื่มน้ำขิงร้อนๆ สักถ้วยจะช่วยทำให้ร่างกายอบอุ่นขึ้นมาก แต่หากอยู่ในช่วงอากาศร้อนๆ การเติมน้ำแข็งลงไปก็จะทำให้สดชื่นได้ไม่น้อยเช่นกัน

นอกจากการใช้ขิงเป็นยาสมุนไพรแล้ว ขิงยังยังสามารถนำมาประกอบอาหารได้อีกหลายแบบครับ ทั้งขิงสด ขิงดอง ขิงแห้ง ขิงผง หรือใช้ขิงเป็นเครื่องเทศแต่งกลิ่นอาหารเพิ่มรสชาติและดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ได้ เช่น ใช้โรยหน้าปลานึ่ง โรยหน้าโจ๊กหรือผสมในน้ำจิ้มข้าวมันไก่ ต้มส้มปลา แกงฮังเล ยำกุ้งแห้ง ขิงยำ เป็นเครื่องเคียงของเมี่ยงคำ หรือทำเป็นขนมหวาน เช่น บัวลอยไข่หวาน มันเทศต้ม นอกจากนี้ขิงดองยังเป็นเครื่องประกอบในอาหารอีกหลายชนิด เช่น ข้าวหน้าเป็ด หรืออาหารญี่ปุ่น รวมทั้งยังเป็นส่วนผสมในการแต่งกลิ่นอาหารหลายชนิด เช่น คุ้กกี้ พายน์ เค้ก พุดดิ้ง ผงกะหรี่ ในประเทศแถบตะวันตกนำขิงไปทำเป็นเบียร์ คือ เบียร์ขิง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ และพะยอม เกียรติกำจร (2550) ได้ศึกษาถึงการเติมหัวเชื้อคีเฟอร์จากบริษัท Wilderness Family Naturals ลงในสูตรเริ่มต้นของไส้กรอกอีสาน พบว่าความแตกต่างของปริมาณหัวเชื้อคีเฟอร์ในแต่ละตัวอย่างไม่มีผลต่อจุลินทรีย์และค่าพีเอช มีเพียงค่าปริมาณกรดทั้งหมดของตัวอย่าง D (เติมหัวเชื้อคีเฟอร์ 15 มล.) ให้ค่าสูงกว่าตัวอย่าง C A และ B (ชุดควบคุมไม่เติมหัวเชื้อคีเฟอร์ เติมหัวเชื้อคีเฟอร์ 1 และ 7 มล. ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น รสชาติ และการยอมรับทั้งหมดของตัวอย่าง B ให้ค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตัวอย่าง C A และ D ดังนั้นการเติมหัวเชื้อปริมาณ 7 มล. สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน การเติมหัวเชื้อคีเฟอร์มีผลต่อกระบวนการสร้างกรดในเนื้อได้รวดเร็วในระยะเริ่มต้น ส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งจำเป็นสำหรับการผลิตไส้กรอกอีสาน ทำให้เกิดการปรับปรุงที่เหมาะสมของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่อร่อย ปลอดภัย และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

เกศินี จันทรโสภณ (2550) ได้ศึกษาถึงการคัดเลือกโพรไบโอติกแบคทีเรียกรดแลคติกเพื่อพัฒนาการผลิตแหนมสมุนไพรเพื่อสุขภาพจากพืชและเห็ด โดยได้คัดแยกและคัดเลือกโพรไบโอติกแบคทีเรียจากผลิตภัณฑ์เห็ด 14 ตัวอย่าง พบว่าคัดแยกได้ 104 โคโลนี โดยคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกรูปกลมหรือท่อนสั้น ที่สามารถเจริญในอาหารที่มีเกลือน้ำดีร้อยละ 0.2 และพีเอช เป็น 2 ยับยั้งจุลินทรีย์ตัวทดสอบ คือ *E. coli* และ *Staphylococcus aureus* และผลิตโฟเลต คือ แบคทีเรียกรดแลคติก รหัส H12 ผลการจัดจำแนกเชื้อโดยใช้คุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมี พบว่า แบคทีเรียกรดแลคติกรหัส H12 มีคุณสมบัติเป็น *Enterococcus* sp. การผลิตแหนมสมุนไพรจากพืชและเห็ด 10 สูตร โดยใช้แบคทีเรียกรดแลคติกรหัส H12 เป็นกล้าเชื้อ พบว่า ค่าพีเอช ปริมาณกรดและจำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เกือบทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตอาหารใดๆ จำเป็นต้องผ่านการทดสอบความปลอดภัยในทุกๆ ด้าน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการบริโภค จึงพัฒนาการผลิตแหนมเห็ดสมุนไพรหมักเปรี้ยวแบบแลคติกโดยใช้โยเกิร์ตเป็นกล้าเชื้อ เพื่อหาสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ พบว่า แหนมเห็ดสมุนไพร 4 สูตร มีค่าคะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าคะแนนจากมากไปหาน้อยคือ แหนมสมุนไพรจากเห็ดหูหนูขาว เห็ดหูหนูดำ เห็ดนางฟ้า และเห็ดหอม โดยมีค่าคะแนนเป็น 35.88 33.58 33.40 และ 31.98 คะแนน จากคะแนน 45 คะแนนตามลำดับ เมื่อจัดอบรมการถ่ายทอดการผลิตแหนมเห็ดสมุนไพรให้แก่สมาชิกกลุ่มสวนเห็ดนางฟ้าและแปรรูปเห็ด บ้านกุดหวาย ตำบลเมืองเดช อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า มีสมาชิกกลุ่มและสนใจในพื้นที่เข้ารับการอบรม 63 คน