บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ปลาสวาย

มีชื่อสามัญว่า Stripped catfish หรือ Siamese shark มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Pangasius sutchi มีถิ่นที่อาศัยบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก และแม่น้ำโขง รวมทั้งสาขาและแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีทางติดต่อกับแม่น้ำดังกล่าวของไทย ลาว เขมร และเวียดนาม ปลาสวายจัดเป็นปลาน้ำจืดขนาดใหญ่ โตเต็มที่อาจยาวถึง 1.5 เมตร ไม่มีเกล็ด ลำตัวเรียวยาว แบนข้างเล็กน้อย สีลำตัวในปลาโตเต็มวัยเป็นสีเทาเข้ม หรือเทาอมน้ำตาล บริเวณท้องสีขาว มีหนวด 2 คู่ ที่ขากรรไกรบนและล่าง ปลาสวายสามารถกินอาหารได้ทั้งเนื้อสัตว์และพืช (omnivorous fish) แต่โดยทั่วไปจะชอบกินเนื้อสัตว์มากกว่า ในการเลี้ยงนิยมให้อาหารพวกผัก รำ ปลายข้าว กากถั่ว กากมะพร้าว เศษเนื้อ หอย ปลา เป็นต้น

ปลาสวาย เป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งกรมประมงส่งเสริมให้ประชาชนเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว สามารถเพาะพันธุ์โดยวิธีการผสมเทียมได้ เลี้ยงได้ทั้งในบ่อและในกระชัง ให้ผลผลิตสูง ในธรรมชาติปลาสวายจะวางไข่ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน ชอบวางไข่ในแหล่งน้ำไหล ไข่จะติดกับพืชพันธุ์ไม้น้ำ หรือวัสดุอื่น ๆ บนพื้นท้องน้ำ และฟักออกเป็นตัวภายใน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส แม่ปลาสวายแต่ละตัวจะมีไข่มากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของปลาเป็นสำคัญ แม่ปลาที่มีน้ำหนักระหว่าง 1.5-8 กิโลกรัม สามารถให้ไข่ระหว่าง 150,000 - 2,000,000 ฟอง (1) จากสถิติผลผลิตการเลี้ยงปลาน้ำจืดของประเทศไทย ปีพุทธศักราช 2528 (2) พบว่าผลผลิตปลาน้ำจืดทั้งหมด 75,254 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,565 ล้านบาทนั้น เป็นปลาสวาย 13,786 ตัน คิดเป็นร้อยละ 18.3 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด มีมูลค่าทั้งสิ้น 136 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 8.7 ของมูลค่าผลผลิตที่ได้ทั้งหมด จึงนับเป็นปลาน้ำจืดที่ผลิตได้มากเป็นอันดับ 3 รองจากปลาสลิดและปลานิล (3)

2.2 ปลารมควัน

ปลารมควันที่บริโภคกันอยู่ในปัจจุบัน มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต

และความนิยมของผู้บริโภคในแต่ละท้องที่ อาจแบ่งประเภทของปลารมควันได้ดังนี้คือ

2.2.1 ปลารมควันชนิดแห้ง (smoke-dried fish)

ปลารมควันชนิดนี้ได้จากการนำปลาสดมาต้มให้สุก หรือย่างบนเตาไฟโดยใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง แล้วจึงนำไปรมควันและตากให้แห้งเป็นเวลาหลายวัน จนความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 8-12 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นควันแรง และเนื้อสัมผัสกระด้าง ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ smoke-dried bonga (Ethmalosa spp.) smoke-dried sardine (Sardinella spp.) smoke-dried tilapia (Tilapia spp.) ของประเทศในทวีปอัฟริกา และ smoke-dried skipjack (Katsuwonus pelamis) หรือ Katsuo-bushi ของประเทศญี่ปุ่นเป็นต้น (4 5) สำหรับประเทศไทย ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ปลากรอบ ซึ่งทำจากปลาเนื้ออ่อน ปลาแดง ปลาคางเบือน ปลาสร้อย หรือปลาปากคม

2.2.2 ปลารมควันชนิดแห้งเค็ม (salted smoke-dried fish)

ปลารมควันชนิดนี้ ได้จากการทำเค็ม (heavily salted) แล้วจึงรมควันและตากให้แห้ง จนมีความชื้นประมาณร้อยละ 25 และความเค็มมากกว่าร้อยละ 10 ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติเค็มและเนื้อแข็งกระด้าง เช่น red herring (6)

2.2.3 ปลารมควันรสอ่อน (mild cure-smoked fish)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำเค็มเล็กน้อย (mild cured) แล้วจึงรมควันอ่อน ๆ จึงมีความชื้นค่อนข้างสูง คือ สูงกว่าร้อยละ 60 มีลักษณะเนื้อนุ่ม รสเค็มเล็กน้อย ปริมาณเกลือร้อยละ 2-3 มีกลิ่นควันอ่อน มีสีน้ำตาลอมเหลือง หรือน้ำตาลอ่อน เช่น ปลาแซลมอนรมควัน ปลาคอดรมควัน ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในแถบทวีปยุโรปและอเมริกาหรือปลาอลาสก้า พอลลอครมควันของชาวญี่ปุ่น (5 6)

2.3 กระบวนการผลิตปลารมควัน

การรมควัน เป็นวิธีถนอมรักษาอาหารโดยการใช้ควันปริมาณมาก (heavy smoked) ซึ่งมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากควันมีสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของบักเตรี (7) และชะลอการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน (8) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ

ผลิตในระยะแรก ๆ จะมีลักษณะเนื้อสัมผัส แห้ง กระด้าง รสเค็มจัด แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาคุณภาพใหม่ตามความนิยมของผู้บริโภค ปลารมควันที่ผลิตจำหน่ายในปัจจุบันจึงมีลักษณะเนื้อนุ่ม มีกลิ่นควันอ่อน และเค็มเล็กน้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการรมควันจึงมุ่งเน้นที่การเพิ่มรสชาติ และทำให้มีกลิ่นหอมมากกว่าการเก็บถนอม (9)

ผลิตภัณฑ์ปลารมควันมีหลายชนิด โดยแต่ละชนิดแตกต่างกันทางด้านกระบวนการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่แปรตามชนิดปลา และความนิยมของผู้บริโภคในแต่ละท้องที่ (10) แต่โดยทั่วไปการผลิตปลารมควันจะประกอบด้วย 3 กระบวนการคือ การใส่เกลือ (curing) การทำให้แห้งหมาด (dripping or drip drying) และการรมควัน (smoking) (11)

2.3.1 การใส่เกลือ

มีผลในการให้รสชาติ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ในการใส่เกลือควรใช้วิธีที่สามารถทำให้เกลือซึมเข้าสู่เนื้อปลาอย่างรวดเร็ว เพื่อไม่ให้ปลาเกิดการเน่าเสียก่อนที่จะทำแห้งและรมควัน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศที่มีอากาศร้อน วิธีใส่เกลือปลามี 2 วิธีคือ แบบใช้น้ำเกลือ (brine curing) และแบบแห้ง (dry curing) การซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาแบบใช้น้ำเกลือ จะเกิดได้สม่ำเสมอทั่วทั้งตัวปลาในเวลาค่อนข้างสั้น (11) นอกจากนั้นการใส่เกลือแบบใช้น้ำเกลือเหมาะกับปลาเมืองร้อน ทั้งที่มีไขมันน้อยและไขมันมาก เพราะเกลือซึมเข้าเนื้อเร็ว ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของปลาไว้ได้และเนื้อปลาจะไม่สัมผัสกับอากาศทำให้การเกิด oxidation ของไขมันลดลง ส่วนการใส่เกลือแบบแห้ง ต้องใช้เวลานานกว่าสำหรับการซึมของเกลือ แต่ผลิตภัณฑ์หลัง การใส่เกลือจะมีลักษณะแห้งกว่า จึงสามารถทำแห้งหรือลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่า (12)

2.3.2 การทำให้แห้งหมาด

เป็นการกำจัดน้ำที่เกาะติดที่ผิวและระเหยความชื้นในเนื้อปลาบริเวณผิวนอกออกไป เพื่อทำให้เกิดความมันเงาที่ผิว (glossy pellicle) ซึ่งจะมีผลทำให้ควันสามารถจับที่ผิวของปลาได้อย่างสม่ำเสมอ และจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีผิวสม่ำเสมอ มองดูน่ารับประทาน ในการทำให้แห้งหมาด จะนำปลาที่ใส่เกลือแล้วแขวนบนราวไม้ที่มีตะขอ (tenter stick) หรือวางเรียงบนตะแกรงลวดตาข่าย (wire-mesh tray) และทิ้งให้แห้งหมาดในอากาศและ /หรือในเครื่องอบรมควันแบบ mechanical kiln (13 14 15)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 การรมควัน

การรมควันมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มกลิ่นรสเฉพาะให้กับอาหารทำให้เกิดสีสวยชวนบริโภค และทำให้เนื้อนุ่ม นอกเหนือจากการถนอมรักษา วิธีรมควันโดยทั่วไปมี 2 วิธีคือ

<u>การรมควันเย็น</u> (cold smoking or light smoking) ใช้อุณหภูมิต่ำประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส ขณะรมควัน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะเก็บได้นาน เนื่องจากระหว่างรมควันน้ำจะระเหยออกไปด้วย การรมควันแบบนี้ไม่สามารถทำได้ในประเทศแถบร้อน เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศสูงอยู่แล้ว (16) วิธีรมควันเย็นทำโดยนำปลาที่แห้งหมาดแล้วมารมควันในเครื่องอบรมควันแบบ mechanical kiln โดยในตอนแรกใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส อย่างช้า ๆ ใช้เวลาประมาณ 4-10 ชม. แล้วแต่ขนาดของชิ้นปลา และปริมาณของไขมันใน fillets ต่อจากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 33 องศาเซลเซียส อีกประมาณ 15-20 นาที เพื่อให้น้ำมันจากปลามาเคลือบที่ผิวของ fillets ทำให้มีลักษณะปรากฏที่ชวนบริโภค ถ้าใช้ตู้อบรมควันพื้นบ้านแบบ traditional kiln ซึ่งยากแก่การควบคุมอุณหภูมิ อาจต้องใช้เวลาในการรมควันนานถึง 48 ชม. (17)

<u>การรมควันร้อน</u> (hot smoking) ใช้อุณหภูมิประมาณ 50-80 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำลายเอนไซม์ และทำให้โปรตีนตกตะกอน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้รสชาติดี (16) วิธีรมควันร้อนทำโดยนำปลาที่แห้งหมาดแล้วมาอบในเครื่องอบรมควันแบบ mechanical kiln ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชม. เพื่อเพิ่มอุณหภูมิช้า ๆ ให้ผิวหน้าปลาแห้ง เกิดความเงามันที่ผิว และขณะเดียวกันก็จะมีผลทำให้ควันจับที่ผิวของปลาได้ดีขึ้น ต่อจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิในการรมควันเป็น 60-80 องศาเซลเซียส รวมเวลาในการรมควันทั้งหมดประมาณ 3-4 ชม. แล้วแต่ลักษณะและขนาดของปลา ถ้าใช้ตู้อบรมควันพื้นบ้านแบบ traditional kiln จะต้องใช้เวลานาน 6-12 ชม. (13 14 15)

2.4 <u>ปัจจัยที่มีผลต่อการซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลา</u>

2.4.1 คุณภาพของเกลือ ควรใช้เกลือแกงที่บริสุทธิ์ เพราะเกลือบริสุทธิ์จะแทรกซึมเข้าสู่เนื้อปลาได้เร็วกว่าเกลือไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากเกลือไม่บริสุทธิ์มีสารเจือปนจำพวก Mg^{+2} และ Ca^{+2} สูง ซึ่ง ion เหล่านี้มีสมบัติในการยับยั้งการแทรกซึมของเกลือเข้าตัวปลา และนอกจากนี้การใช้เกลือที่มี Ca^{+2} สูง จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อแข็ง กระด้าง และถ้ามี Mg^{+2} สูง ผลิตภัณฑ์จะมีรสขม (18)

2.4.2 ความเข้มข้นของน้ำเกลือ หรือปริมาณเกลือที่ใช้ การใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือ หรือปริมาณเกลือสูง จะช่วยให้เกิดการ osmolysis และสามารถกำจัดน้ำออกจากตัวปลาได้เร็วกว่า (11)

2.4.3 ความสดของปลา ปลาไม่สดเกลือซึมเข้ากล้ามเนื้อได้เร็วกว่า เนื่องจากผนังเซลเกิดเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่าง ๆ ในตัวปลา และน้ำจะซึมออกได้เร็วกว่าด้วย (13)

2.4.4 ขนาดของปลาและการตัดแต่งปลา พบว่าถ้าสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดที่สัมผัสกับน้ำเกลือ หรือเกลือยิ่งมาก การซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจะยิ่งเร็วขึ้น เช่น ปลาทั้งตัวขนาดเล็กจะมีอัตราการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาเร็วกว่าปลาขนาดใหญ่ทั้งตัว และปลาที่ขอดเกล็ดหรือแล่หนังออกจะมีอัตราการดูดซึมของเกลือสู่เนื้อปลาเร็วกว่าพวกที่ไม่ขอดเกล็ด หรือยังมีหนังหุ้มอยู่ (19)

2.4.5 อุณหภูมิในการใส่เกลือ ถ้าอุณหภูมิสูงการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาเร็วขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง การย่อยสลายของเนื้อเยื่อปลา (degradation) จะเกิดได้ง่ายกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการซึมของเกลือสู่เนื้อปลาจึงเกิดได้เร็วกว่า (11)

2.4.6 การคนน้ำเกลือ การคนอย่างสม่ำเสมอเป็นครั้งคราวขณะแช่ปลาในน้ำเกลือ จะช่วยป้องกันไม่ให้มีบริเวณซึ่งความเข้มข้นของน้ำเกลือไม่สม่ำเสมอ อันจะทำให้อัตราการซึมของเกลือเข้าในเนื้อปลาต่ำกว่าปกติ (20)

2.4.7 ชั้นของไขมันในปลา ปลาที่มีไขมันสูงและชั้นของไขมันอยู่ใต้ผิวหนัง อัตราการซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลาจะช้าลง เนื่องจากเนื้อเยื่อไขมันมีความต้านทานต่อการแทรกซึมของเกลือเข้าสู่เนื้อปลา (13 20)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.8 ความหนาของชิ้นปลา ปลาชิ้นหนาและมีขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาในการใส่เกลือนานกว่า พบว่าความหนาของชิ้นปลาไม่ควรหนาเกิน 4 ซม. เพื่อให้การซึมของเกลือเข้าสู่จุดกึ่งกลางของเนื้อปลาได้รวดเร็วก่อนที่ปลาจะเน่าเสีย (13 20)

2.5 แหล่งกำเนิดของควัน

2.5.1 ควันจากธรรมชาติ เป็นควันที่ได้จากเชื้อเพลิงธรรมชาติ อาทิ ไม้เนื้อแข็ง ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด ชานอ้อยและกาบมะพร้าว องค์ประกอบทางเคมีของไม้ประกอบด้วย cellulose 40-60% hemicellulose 20-30% และ lignin 20-30% โดยทั่วไปควรใช้ไม้เนื้อแข็งมากกว่าไม้เนื้ออ่อน เพราะไม้เนื้ออ่อนจะมียาง (resin) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในผลิตภัณฑ์ ในประเทศแถบตะวันตกนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้ hickory และไม้ oak ส่วนในประเทศไทยมีการใช้ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด ชานอ้อย กาบมะพร้าว สำหรับขี้เลื่อยที่ใช้ควรได้จากไม้เนื้อแข็งที่สะอาดปราศจากยาฆ่าแมลง น้ำมันหล่อลื่น พาราฟิน หรือชิ้นส่วนของ plastic laminates เนื่องจากควันที่ได้จะเป็นพิษ และอาจปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ได้

ส่วนองค์ประกอบของควันไม้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นไอ (vapor phases) และส่วนที่เป็นสารแขวนลอย (particle phases) ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้ประกอบด้วยสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด สารดังกล่าวนี้แยกประเภทตามโครงสร้างได้เป็นสารประกอบพวก phenol, สารประกอบพวก carbonyls, organic acids, alcohols, hydrocarbons (รวมทั้งพวก polycyclic aromatic hydrocarbons) และพวกก๊าซต่าง ๆ เช่น CO_2 , CO, O_2, N_2 และ N_2O (21) ประโยชน์ของสารที่เป็นองค์ประกอบในควัน พบว่าสารประกอบพวก phenol และกรดอินทรีย์ มีผลในการยับยั้งการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ ชะลอการเกิด oxidations ของไขมัน และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสดีขึ้น (22) ส่วนสารประกอบพวก carbonyl จะมีผลในการให้สีน้ำตาลแก่อาหารรมควัน (23) ขณะที่องค์ประกอบในควันพวก polycyclic aromatic hychocarbon (PAH) โดยเฉพาะ 3,4 benzo(a)pyrene และ dibenz(a,h)anthracene เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogenic substance) ในสัตว์ทดลองมีรายงานว่าประชาชนในแถบบอลติกและไอซ์แลนด์ ที่บริโภคปลารมควันในปริมาณสูงมีแนวโน้มการเป็นมะเร็งสูงกว่าประชากรแถบอื่น ในอาหารรมควันส่วนใหญ่จะพบสารดังกล่าวในปริมาณต่ำ เช่น 0.5 มิลลิกรัมต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัมในปลา cod และ 0.3 มิลลิกรัมต่อเนื้อปลา 1 กิโลกรัมในปลา red fish พบว่าสารดังกล่าวไม่มีส่วนในการถนอมรักษา

หรือเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์รมควัน (24) เนื่องจากสารเหล่านี้ เป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ จึงสามารถกำจัดออกได้โดยการกรองควันผ่านแผ่นกรองซึ่งมีขนาดรูเปิด (mesh size) 0.5-1 มิลลิเมตร ก่อนที่ควันจะเข้าสู่ด้านในของตู้รมควัน (25) ได้มีผู้พยายามลดปริมาณสารก่อมะเร็ง โดยเฉพาะ 3,4 benzo(a)pyrene ในผลิตภัณฑ์โดยการควบคุมปัจจัยในการรมควัน อาทิ อุณหภูมิในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ความชื้นของเชื้อเพลิงที่เป็นแหล่งควัน อุณหภูมิภายในตู้รมควันและระยะเวลาในการรมควัน Chandrasekhar (24) ได้ทดลองควบคุมปัจจัยในการรมควันปลาซาร์ดีน (Sardinella longiceps) เพื่อลดปริมาณสาร 3,4 benzo (a) pyrene ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามข้อกำหนดของ International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ซึ่งกำหนดให้มีสารชนิดนี้ไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมของผลิตภัณฑ์ โดยการควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส ความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ประมาณร้อยละ 30 และรมควันปลาที่อุณหภูมิ 45±5 องศาเซลเซียส สามชั่วโมงครึ่ง จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70±5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอีกสองชั่วโมงครึ่ง โดยได้กรองควันผ่านแผ่นกรองก่อนเข้าภายในตู้รมควัน จากสภาวะที่กล่าวมาสามารถควบคุมปริมาณ 3,4 benzo(a)pyrene ในผลิตภัณฑ์ให้มีประมาณ 1.6 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดโดย IUPAC

- 2.5.2 ควันเหลว (liquid smoke) เป็นสารประกอบทางเคมีที่เตรียมได้จากการเผาไหม้ของไม้ หรือจากการผสมสารประกอบทางเคมีที่เกี่ยวข้อง เรียกว่า ควันสังเคราะห์ (synthetic smoke) ควันเหลวทั้ง 2 ประเภทเตรียมอยู่ในรูปแบบของสารละลาย ซึ่งมีน้ำเป็นตัวทำละลาย หรือให้ดูดซับบนตัวนำต่าง ๆ เช่น เครื่องเทศ น้ำตาล แป้ง เกลือ หรือไขมัน (26 27) ควันเหลวผลิตขึ้นเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารรมควันโดยเฉพาะ เนื่องจากมีความสะดวก ประหยัดเวลา แรงงาน พื้นที่ประกอบการและมีความปลอดภัยมากกว่าแหล่งควันธรรมชาติ (28 29)

การผลิตควันเหลว ทำโดยการให้ความร้อนแก่เนื้อไม้ด้วยไอน้ำ แล้วทำให้ส่วนที่ระเหยได้ควบแน่นเป็นของเหลว โดยใช้อุณหภูมิต่ำ ส่วนของของเหลวที่ควบแน่นนั้นจะประกอบด้วยสารส่วนที่อยู่ใน vapor phase ของควัน ได้แก่ phenols, organic acids, alcoholsและ carbonyl compounds ส่วน particle phase ของควันซึ่งประกอบด้วย tars และ hydrocarbon โดยเฉพาะพวก polycyclic aromatic hydrocarbons

จะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ โดยการกลั่น หรือกรองผ่านเยื่อ cellulose แต่การกรองจะไม่สามารถกำจัดสาร hydrocarbon ได้หมด นอกจากนั้นผู้ผลิตควันเหลวบางรายได้เติมสารแต่งกลิ่นรส เช่น cysteine น้ำตาล และเครื่องเทศ ในควันเหลวด้วย เพื่อช่วยเสริมรสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ (26)

วิธีใช้ควันเหลวแบ่งเป็น 4 ลักษณะคือ (16 28)

1. drenching เป็นวิธีจุ่มหรือทำให้เปียก วิธีนี้เหมาะสำหรับการผลิตแบบต่อเนื่องในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และปลารมควัน จะมีการจุ่มหรือแช่เนื้อในควันเหลวทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน เพื่อให้การดูดซึมกลิ่นรสของควันเพิ่มมากขึ้น และช่วยให้เกิดสีที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ เช่นในการทำไส้กรอก frankfurter จะให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที แล้วจึงจุ่มในควันเหลวที่เจือจางแล้วประมาณ 15 วินาที และให้ความร้อนอีกครั้ง ระดับของรสชาติผลิตภัณฑ์ที่ได้ จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายควันเหลวที่ใช้ (30)

2. atomizing เป็นการฉีดควันเหลวผ่านหัวฉีดภายใต้ความดันให้เป็นละอองขนาดเล็ก ในทางปฏิบัติต้องลดปริมาณน้ำที่ผิวปลาก่อนโดยการตากแห้งประมาณ 30 นาทีถึง 2 ชม. จนผิวปลาแห้งหมาด แล้วจึงพ่นควันเหลวบนผิวปลาเป็นเวลา 5-30 นาที

3. regenerating คือการทำควันเหลวเป็นละอองขนาดเล็กแล้วผ่านระบบให้ความร้อนจนกลายเป็นไอ แล้วจึงใช้อากาศเป็นตัวพาไอของควันไปสัมผัสกับอาหาร ใช้เวลาประมาณ 20-30 นาที เพื่อให้ควันจับอาหาร ซึ่งวิธีนี้ประหยัดเวลารมควัน และใช้ควันน้อยกว่าวิธีธรรมดาร้อยละ 30-50

4. ingredient inclusion ใช้ควันเหลวเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยตรง วิธีนี้ในอาหารบางชนิด เช่น ไส้กรอก จะมีปัญหาเนื่องจากควันเหลวมีความเป็นกรดสูง ทำให้โปรตีนในไส้กรอกเกิด coagulate และเสถียรภาพของ emulsion ลดลง ดังนั้นการเติมควันเหลวลงในส่วนผสมของเนื้อบด หรือไส้กรอกโดยตรง จึงทำได้ในปริมาณร้อยละ 0.2-1.0 ของน้ำหนักเนื้อปลาเท่านั้น (29 30)

การใช้ควันเหลวทั้ง 4 วิธีนี้ พบว่าการทำให้เกิดการจับหรือเคลือบบนผิวจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดสูงกว่า และมีปริมาณสาร phenol สูงกว่าพวกที่ใช้ในลักษณะเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยตรง ควันเหลวที่มีความเป็นกรดสูง ไม่เหมาะที่จะฉีดเข้าในชิ้นเนื้อเพราะกรดจะทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้เกิดการแปลงสภาพและสูญเสียน้ำในปริมาณมาก ขณะทำให้สุก

ด้วยความร้อน (26 28)

ในการผลิตปลารมควันด้วยควันเหลว โดยทั่วไปจะใช้วิธีใส่เกลือปลาแบบแห้ง หรือแบบใช้น้ำเกลือก่อนและทำให้ผิวปลาแห้งหมาด จากนั้นจุ่มปลาในควันเหลวแล้วให้ความร้อนอีกครั้งหลังการจุ่ม เพื่อให้ควันเหลวมีประสิทธิภาพดีขึ้นในการป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดจากการปนเปื้อน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดูดซึมรสชาติของควันได้มากที่สุด พร้อมทั้งเกิดสีและลักษณะที่ดีชวนบริโภค (30 31)

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการรมควันและการอบแห้ง

อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ และการหมุนเวียนของอากาศในตู้รมควัน มีผลต่อการซึมของควันเข้าสู่เนื้อปลา พบว่าอัตราการจับของควันจะเร็ว และความเข้มข้นของควันจะสูงขึ้นเมื่อรมควันในที่ที่มีการหมุนเวียนของอากาศ และพบว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในตู้รมควันสูง ตัวปลาจะชื้นและสามารถดูดซึมควันได้เร็วกว่าสภาวะที่ผิวของผลิตภัณฑ์แห้ง นอกจากนั้นยังพบว่าอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งเป็นสภาวะที่ผิวของผลิตภัณฑ์แห้งได้เร็ว จะเป็นผลให้ความสามารถในการดูดซึมควันของเนื้อเยื่อลดต่ำลง (10 22)

อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ และการหมุนเวียนของอากาศในตู้รมควันยังมีผลต่ออัตราการเสียน้ำจากเนื้อเยื่อปลาอีกด้วย พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการรมควันจะช่วยลดเวลาในการอบแห้งให้สั้นลง แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำให้โปรตีนที่ผิวนอกของปลาเกิดการจับตัวเป็นก้อน ทำให้ผิวผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นแข็งกระด้าง และกันไม่ให้น้ำจากภายในซึมผ่านออกมา และพบว่าถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ผ่านเข้าตู้รมควันต่ำ น้ำจะระเหยออกจากเนื้อเยื่อปลาได้เร็วกว่า

2.7 ผลของการรมควันต่อลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การรมควันมีผลต่อผลิตภัณฑ์ทางด้านสี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

2.7.1 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ ปลาที่ผ่านการรมควันจะสูญเสียวิตามินบี 12 โดยเฉพาะ thiamine และ amino acid เช่น lysine ปริมาณที่สูญเสียขึ้นกับเวลา และอุณหภูมิในการรมควัน พบการสูญเสีย lysine ที่บริเวณผิวเกิดขึ้นมากกว่ากึ่งกลางของชิ้นหรือตัวปลา เนื่องจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสาร carbonyls ในควัน ทำให้เกิด

สีน้ำตาลที่ผิวของปลารมควัน (6 21 22)

2.7.2 การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัส ปลาขณะให้ความร้อนและรมควัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส เนื่องจากการเสียน้ำ การแพร่กระจายของไขมัน การแปลงสภาพของโปรตีนในเนื้อเยื่อโครงสร้าง และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และจากปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีน นอกจากนั้นยังพบว่าโปรตีนในปลาเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยความร้อนมากกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ชนิดอื่น จึงทำให้เนื้อปลาที่ผ่านการรมควันนุ่มขึ้น (21 22)

2.7.3 การเกิดสีของปลารมควัน ผิวด้านนอกของปลารมควันมักจะเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากปฏิกิริยา Maillard reaction ของกลุ่มอะมิโนอิสระจากโปรตีนกับกลุ่ม carbonyls จากควัน สีน้ำตาลจึงเกิดขึ้นมากที่บริเวณผิวของปลารมควัน ความเข้มสีแปรตามอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการรมควัน (21 31)

2.7.4 การเกิดกลิ่นรส กลิ่นรสในอาหารรมควันเกิดจากสารพวก phenolics ในควันไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ guaiacol , 4-methyl guaiacol และ 2-6-dimethoxy phenol guaiacol และ phenol เป็นส่วนสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดรสชาติของผลิตภัณฑ์รมควัน นอกจากนี้ กลิ่นรสของควันยังขึ้นกับความชื้นของผิวของผลิตภัณฑ์ และอุณหภูมิขณะรมควัน พบว่าเนื้อเยื่อบริเวณผิวที่มีความชื้นสูงสามารถดูดซึมสารประกอบจากควันส่วนที่ให้กลิ่นรสได้ดีกว่าเนื้อเยื่อผิวที่แห้งหรือความชื้นต่ำ และควรใช้อุณหภูมิในการรมควันต่ำ เพื่อป้องกันการเกิดขอบแข็งที่ผิวของผลิตภัณฑ์ (21)

2.8 <u>อายุการเก็บของปลารมควัน</u>

ปลารมควันยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดการเสื่อมเสียได้ เนื่องจากมีความชื้นสูงและปริมาณเกลือค่อนข้างต่ำ ลักษณะการเสียมักจะมีเมือกและเชื้อราที่ผิว มีกลิ่นเหม็น ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ ดังนั้นเพื่อยืดอายุการเก็บจึงควรใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บ จากการศึกษาอายุการเก็บปลา trout ที่ผ่านการรมควันแบบ hot smoked เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บได้นานประมาณ 1 สัปดาห์ และถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นาน 2-3 วัน ขณะที่เก็บในสภาพแช่แข็ง (-30 องศาเซลเซียส) จะเก็บได้นานถึง 12 เดือน (32) ส่วนปลา

dogfish รมควันสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ได้นานถึงหนึ่งเดือนครึ่ง (33)

การยืดอายุการเก็บปลารมควันนอกจากทำได้โดยการใช้อุณหภูมิต่ำแล้ว ยังอาจใช้สารกันเสียได้ สารเคมีที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง หรือปลารมควัน ได้แก่ sodium benzoate และ potassium sorbate ซึ่งจะทำหน้าที่ยับยั้งการเจริญของยีสต์และรา ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมคุณภาพในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ลักษณะเสียซึ่งพบบ่อยได้แก่ การเกิดจุดสีเทาหรือดำ ซึ่งเรียกว่า dun ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ อันเป็นผลเนื่องจากการเจริญของยีสต์ Sporendonema epizoum (34) กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ sodium benzoate ในอาหารในขนาด 1,000 ppm หรือ 0.1% (35) และจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอนุญาตให้ใช้ sodium benzoate ในผลิตภัณฑ์ปลาหยองปลาเกล็ดและปลาแห้งป่น ได้ไม่เกิน 1,000 ppm หรือ 0.1% เช่นกัน (36) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยใช้ sodium benzoate จะลดลงเมื่ออาหารมีความเป็นกรดต่ำ นอกจากนั้นการใช้ benzoate จะไม่ให้ผลที่ต้องการเมื่ออาหารมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในปริมาณสูง ทั้งนี้ก็เนื่องจากขนาดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอาหารค่อนข้างต่ำ (37) ได้มีการใช้สาร benzoate ผสมน้ำแข็งเพื่อเก็บรักษาความสดของปลา แต่ยังไม่แพร่หลายนัก และใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาปลา cod เค็มที่มีความชื้น 40-45% รวมทั้งใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาดอง (pickle fish) และไข่ปลา carviar ดอง (38) นอกจากนี้ยังใช้ร่วมกับ potassium sorbate ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลา โดยใช้เกลือ benzoate 0.1-0.2% ผสมกับเกลือ sorbate 0.03-0.05% (39) ปริมาณการใช้ potassium sorbate เป็นสารกันเสียในปลาหยอง ปลาเกล็ดและปลาป่นนั้น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดให้ใช้ในขนาด 1,000 ppm เช่นเดียวกับ benzoate (36) ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดย potassium sorbate จะดีต่อเมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 6.5 และจะมีผลในการยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้มากกว่าบักเตรี (37)

การเสื่อมคุณภาพของปลาแห้ง หรือรมควัน อีกสาเหตุหนึ่งเกิดจาก การเหม็นหืน (rancidity) และการเปลี่ยนสีจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโปรตีนและไขมัน โดยปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า Maillard reaction และ lipid autoxidation (34 40) ดังนั้นจึงมีการใช้สารกันหืนในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้คงคุณลักษณะที่ต้องการในระหว่างการเก็บรักษา ตัวอย่างของสารกันหืนที่ใช้ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), nordehydroguayaretic acid (NDGA), propyl gallate

(PG), ascorbic acid และ sodium citrate (34) Geminder (41) ได้ทดลองใช้ potassium sorbate ร่วมกับ sodium erythorbate เป็นสารกันหืนในปลาแซลมอนรมควัน พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และรารวมทั้งช่วยรักษาสีของปลาให้คงสภาพโดยไม่เปลี่ยนแปลงได้นาน 89 และ 50 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยการบรรจุแบบสูญญากาศและปกติตามลำดับ

2.9 วิธีบรรจุปลารมควัน

ปลาหลังจากรมควันแล้วควรทิ้งให้เย็นก่อน เพราะการบรรจุขณะอุณหภูมิสูงจะทำให้ผิวมีลักษณะย่นและขึ้นราได้ง่าย การลดอุณหภูมิหลังรมควันมี 2 วิธีคือ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในที่ ๆ อากาศถ่ายเทได้ดี หรือทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปนิยมบรรจุปลารมควัน 2 แบบคือ บรรจุที่สภาวะสูญญากาศและที่ความดันปกติ การบรรจุที่สภาวะสูญญากาศมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ราคาสูง เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค เพื่อสุขลักษณะที่ดี เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ การเกิดกลิ่นหืนและการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ แต่การบรรจุดังกล่าว ต้องระมัดระวังการเจริญของเชื้อบักเตรีที่สร้างสารพิษ ซึ่งเจริญได้ถ้าอุณหภูมิเก็บไม่ต่ำพอ ดังนั้นจึงควรเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18 องศาเซลเซียส) หรือเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์บางประเภทเช่น แซลมอนรมควันนิยมบริโภคโดยไม่มีการให้ความร้อนก่อนบริโภค และจำหน่ายในรูปชิ้นเนื้อแล่ (fillets) หรือชิ้นบาง (slices) ทั้ง 2 รูปแบบนี้ เมื่อบรรจุที่สภาวะสูญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นาน 5-6 วัน แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นานกว่า 6 เดือน (17)

การบรรจุที่ความดันบรรยากาศ ภาชนะบรรจุอาจเป็นกล่องไม้ เช่น ที่ใช้กับปลา herring รมควัน หรือบรรจุในถุงพลาสติคชนิด PE หรือ PP การบรรจุที่สภาวะดังกล่าวนี้ ต้องระมัดระวังเรื่องการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าที่สภาวะแบบสูญญากาศ (42) การบรรจุปลารมควันในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้เข่งไม้ไผ่บรรจุในปริมาณมาก หรือบรรจุในถุงพลาสติคชั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงบรรจุในเข่ง เช่น ปลาเนื้ออ่อนกรอบ ปลาสลาดแห้งรมควัน เป็นต้น