บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การเตรียมยีสต์แห้ง

ในการเตรียมยีสต์แห้งจากสภาพดั้งต้นที่เป็นของเหลวข้น ๆ ซึ่งมีน้ำเบียร์ปะปนอยู่กับยีสต์ ได้นำของเหลวดังกล่าวมาล้างด้วยน้ำเพื่อกำจัดกลิ่นและสิ่งเจือปนอาทิเช่น แอลกอฮอล์ ออกไป จากนั้นนำไปกรองและอบแห้งซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผนังเซลของยีสต์แตกออกซึ่งจะเป็นผลให้ร่างกายของผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่สะสมอยู่ในเซลของยีสต์นั้น (51) ยีสต์ที่อบแห้งแล้วจะเปลี่ยนสีจากเหลืองอ่อนเป็นน้ำตาลเนื่องจากการเกิดปฏิกริยาระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาล (browning reaction) ในระหว่างการอบแห้ง(10)

ราคาของยีสต์แห้งมีค่าโดยประมาณกิโลกรัมละ 14.36 บาท ดังแสดงการคำนวณในภาคผนวก ญ ซึ่งถูกกว่าราคาของปลาป่นเล็กน้อย ในการประเมินราคาของยีสต์แห้งนี้ค่าเครื่องมือรวมทั้งค่าเสื่อมราคาเป็นค่าประมาณเพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบที่ป้อนเข้าเครื่องและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับ (ในที่นี้ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งเป็นปัจจัยจำกัดของการผลิต) ราคาของยีสต์แห้งนี้เป็นราคาประมาณเบื้องต้นสำหรับการผลิตในห้องปฏิบัติการ (laboratory scale) ซึ่งถ้ามีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมโดยทำในปริมาณมาก ๆ แล้วก็น่าจะทำให้ราคาของยีสต์แห้งถูกลงกว่านี้มาก

เมื่อนำยีสต์แห้งนี้ไปใช้แทนปลาป่นในอาหารปลากะพงขาวจะทำให้ราคาของอาหารที่ใช้ยีสต์แทนร้อยละ 0,25 และ 50 มีค่ากิโลกรัมละ 14.29, 14.40 และ 14.88 บาท ตามลำดับ (ดังแสดงการคำนวณในตารางที่ ฏ-1 ของภาคผนวก ฏ) จะเห็นได้ว่าราคาอาหารปลาทั้งสามสูตรนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก

5.2 คุณค่าทางอาหารของยีสต์แห้งและอาหารปลา

ยีสต์แห้งที่เตรียมได้มีความชื้นร้อยละ 3.34 ปริมาณโปรตีน (crude protein) ต่อน้ำหนักเปียกร้อยละ 40.3 ปริมาณกรดนิวคลีอิคซึ่งเป็นผลต่างระหว่างปริมาณ crude protein และ lowry protein มีอยู่ร้อยละ 15.3 ทั้งปริมาณโปรตีน (crude

protein) และปริมาณกรดนิวคลีอิคนี้อยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยทั่ว ๆ ไปของยีสต์ที่ได้จากการผลิตเบียร์ (ตารางที่ 2-3 ในบทที่ 2) ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอิทธิพลของกรดนิวคลีอิคในปลากะพงขาวแต่อย่างใด แต่จากเอกสารบางฉบับรายงานว่าปลาเทร้า ปลาตะเพียน และปลาไหลที่เลี้ยงด้วยนอร์มัล-พาราฟินยีสต์ (n-paraffin yeast) สามารถย่อยกรดไรโบนิวคลีอิคที่มีอยู่ในยีสต์ได้เนื่องจากปลาทั้งสามชนิดนี้มีเอ็นไซม์ไรโบนิวคลีเอส (ribonuclease) (26)

คุณค่าทางอาหารของอาหารปลาสามสูตรดังแสดงในตารางที่ 4-1 ของบทที่ 4 จะเห็นได้ว่าทั้งสามสูตรมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 30 ปริมาณโปรตีนต่อน้ำหนักเปียกมีค่าเท่ากันเท่ากับร้อยละ 28 ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนต่อน้ำหนักแห้งแล้วของสูตรที่ 1,2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 36.86, 36.77 และ 36.23 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ายังคงมีค่าใกล้เคียงกันมากและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ปริมาณโปรตีนในอาหารทั้งสามสูตรมีค่าเท่ากันด้วย ส่วนปริมาณไขมันและเถ้านั้นเมื่อใช้ยีสต์แทนปลาป่นในอัตราสูงขึ้นปริมาณทั้งสองนี้มีค่าน้อยลงตามลำดับที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไขมันและเถ้ามีอยู่มากในปลาป่นและร่ำละเอียดเมื่อเทียบกับยีสต์ (2)

5.3 <u>การทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวด้วยอาหารที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กัน</u>

การทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวด้วยอาหารแบบเม็ดเปียกที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นในปริมาณต่าง ๆ กัน เริ่มแรกก่อนที่จะนำลูกปลาไปทดลองได้ฝึกลูกปลาทั้งหมดให้คุ้นเคยกับการกินอาหารปลาชนิดสำเร็จรูปก่อนเพราะธรรมชาติของปลาชนิดนี้กินสัตว์เล็ก ๆ เช่นลูกกุ้ง ปลาขนาดเล็ก ฯลฯ เป็นอาหาร การฝึกจะกระทำได้ในช่วงที่ลูกปลาเริ่มเปลี่ยนอาหารจากอาร์ทีเมีย (artemia) มาเป็นเนื้อปลาโดยปนอาหารเม็ดไปกับเนื้อปลาและปรับอัตราส่วนระหว่างอาหารเม็ดกับเนื้อปลาให้สูงขึ้น จนในที่สุดลูกปลาสามารถกินอาหารเม็ดล้วน ๆ ได้ (37) ซึ่งใช้เวลาในช่วงนี้ประมาณ 3 สัปดาห์ และอาหารที่ใช้ในระหว่างนั้นเป็นอาหารสูตรที่ใช้ปลาป่นล้วน (สูตรที่ 1)

การจัดกลุ่มปลาทดลองในที่นี้ใช้ความยาวเป็นเกณฑ์ทั้งนี้เนื่องจากวัดได้สะดวกและความผิดพลาด (error) จากการวัดมีน้อยกว่าการชั่งน้ำหนัก ขณะเดียวกันส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวของปลาในกลุ่มเดียวกันมักจะมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักด้วย

จากการทดลองเลี้ยงลูกปลากะพงขาวเป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่าการเจริญเติบโต

ของลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างไปจากสูตรที่ใช้ปลาป่นล้วน (control) อย่างมีนัยสำคัญ ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาของสูตรที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นร้อยละ 50 ก็ไม่แตกต่างไปจากสูตรที่ใช้ปลาป่นล้วนอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใช้แทนร้อยละ 25 และ 50 ซึ่งมีค่า 4.24 และ 5.23 ตามลำดับ ปรากฏว่าทั้งคู่มีความแตกต่างกันโดยสูตรที่ใช้แทนร้อยละ 50 ให้ค่าดังกล่าวสูงกว่า ซึ่งหมายความว่าปลาต้องกินอาหารมากกว่าเพื่อให้ได้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากัน สาเหตุส่วนหนึ่งอาจสืบเนื่องมาจากการที่ยีสต์มีกรดอะมิโนจำกัด (limiting amino acid) ซึ่งก็คือเมไธโอนีน จากตารางที่ 2-4 ในบทที่ 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณเมไธโอนีนในยีสต์มีน้อยกว่าในปลาป่น ดังนั้นการใช้ยีสต์แทนในอัตราสูงจึงเป็นผลให้ระดับเมไธโอนีนในอาหารปลาต่ำกว่าการใช้ยีสต์แทนในอัตราต่ำ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Mahken และคณะด้วยซึ่งกล่าวว่าการใช้ยีสต์(Candida sp.) แทนปลาป่นในอาหารปลาเทร้าในปริมาณร้อยละ 50 เมื่อเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยเมไธโอนีนจะช่วยให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาลดต่ำลง (7)

โดยทั่วไปอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาของปลาที่ทดลองเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่าง ๆ มักสอดคล้องกัน กล่าวคือถ้าอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกัน ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาก็จะไม่มีความแตกต่างกันด้วย แต่ในที่นี้ระหว่างอาหารสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 มีความแตกต่างของค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อปลาทั้งที่อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการให้อาหารปลาทดลองแม้ว่าได้ทำการควบคุมอย่างดีแล้วก็อาจผิดพลาดได้บ้างจึงทำให้ค่าดังกล่าวซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักอาหารที่ปลากินและน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นมีความคลาดเคลื่อนไปได้บ้าง

อัตราการเปลี่ยนโปรตีนเป็นเนื้อปลาของสูตรที่ใช้ยีสต์แทนปลาป่นร้อยละ 25 มีค่าสูงกว่าสูตรที่ใช้แทนร้อยละ 50 รวมทั้งสูตรที่ใช้ปลาป่นล้วนด้วย ซึ่งแสดงถึงคุณภาพของโปรตีนในอาหารสูตรที่ใช้ยีสต์แทนร้อยละ 25 เหมาะสมกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณกรดอะมิโนรวมในอาหารปลาสูตรดังกล่าวสมดุลย์กับความต้องการของปลากะพงขาว อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับความต้องการกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของปลากะพงขาว มีแต่ของปลาแซลมอน (Chinook salmon) ปลาไหลญี่ปุ่น

(Japanese eel) และปลาคาร์พ (Carp) ดังแสดงในตารางที่ พ-1 (52) ของภาคผนวก พ

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวของลูกปลากะพงขาวตลอดการทดลองได้ผลคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและความยาว (ค่า n ในสูตร $W=cL^n$) มีค่าประมาณ 3 ทั้งสามสูตรซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของปลาโดยทั่วไป(50) นอกจากนี้ตัวเลขดังกล่าวของอาหารทั้งสามสูตรยังมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งแสดงว่าระดับของการใช้ยีสต์แทนปลาป่นต่าง ๆ นี้ไม่มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักด้วย (50)

จากตารางที่ 4-4 ถึง 4-6 จะเห็นได้ว่าจำนวนลูกปลาที่ตายในระหว่างการทดลองทั้งสามสูตรมีค่าค่อนข้างต่ำมากซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุของการตายที่แน่ชัด โดยปรกติปลากะพงขาวที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์จะเกิดการตายได้จากหลายสาเหตุ ที่สำคัญก็คือการที่ปลาว่ายเสียดสีกับผิวบ่อที่ขรุขระซึ่งจะทำให้เกล็ดหลุดและเป็นผลให้เชื้อโรคที่ปะปนมากับน้ำแทรกซึมเข้าแผลได้ (37)

5.4 <u>การใช้สารกันเสียในการถนอมอาหารปลาแบบเม็ดเปียก</u>

จากการศึกษาหาความเข้มข้นของโปตัสเซียมซอร์เบตที่เหมาะสมเพื่อชะลอการเน่าเสีย (spoilage) ของอาหารปลาแบบเม็ดเปียก (ความชื้นประมาณร้อยละ 30) ที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 56 วันซึ่งเป็นระยะของการเก็บอาหารแบบนี้โดยทั่ว ๆ ไป พิจารณาจากรูปที่ 4-4 ถึง 4-7 และตารางที่ ง-4 ถึง ง-7 ในภาคผนวก ง จะเห็นได้ว่า

- อาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1 เกิดการขึ้นราเมื่อเก็บอาหารไว้ได้ 3-5 วัน ซึ่งผลเช่นนี้ไม่แตกต่างไปจากอาหาร control ขณะเดียวกันอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งที่วัดในรูป total viable plate count และ total yeast and mold count มีความคล้ายคลึงกันมากด้วย ดังนั้นความเข้มข้นของโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1 ไม่เพียงพอต่อการชะลอการเน่าเสียของอาหารปลาได้

- ความเข้มข้นของโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.3 สามารถชะลอการขึ้นราของอาหารปลาไปได้ระยะหนึ่ง กล่าวคืออาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.3 นี้เกิดการขึ้นราเมื่อเก็บอาหารไว้ได้ 22-24 วัน และจะสังเกตได้จากรูปที่ 4-5 และ 4-7 ว่าอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และราในอาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.3

นี้ช้ากว่าอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และราในอาหาร control และอาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1 ด้วย

- อาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5 ไม่ปรากฏการขึ้นราตลอดระยะการทดลอง พิจารณาจากรูปที่ 4-5 และ 4-7 จะเห็นได้ว่าอัตราการเจริญเติบโตของยีสต์และราลดลงเมื่อเก็บอาหารนานขึ้น ลักษณะเช่นนี้แตกต่างไปจากอาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.1 และ 0.3 ซึ่งแสดงว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ แม้ว่าอาหารที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5 นี้จะไม่เกิดการเน่าเสียจากเชื้อรา (กล่าวคือเห็นเส้นใยของเชื้อราปกคลุมผิวของอาหารปลา) แต่ปรากฏว่าเมื่อเก็บอาหารไว้ได้ประมาณ 25 วันอาหารเริ่มกลิ่นบูด (มีกลิ่นเปรี้ยวปนอยู่ด้วย) ซึ่งผิดไปจากกลิ่นของอาหารปลาที่ทำใหม่ ๆ กลิ่นผิดปรกตินี้เกิดจากการย่อยสลายอาหารด้วยเชื้อบัคเตรีทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่ว่าโปตัสเซียมซอร์เบตมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของบัคเตรีน้อยมาก กล่าวคือมีผลต่อบัคเตรีเป็นบางชนิดเท่านั้นซึ่งได้แก่ catalase positive bacteria และ food poisoning bacteria บางชนิด (42,43) ประกอบกับเก็บอาหารปลาไว้ในอุณหภูมิห้องซึ่งเป็นสภาวะที่บัคเตรีส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดี (40) บัคเตรีที่ทำให้อาหารเกิดกลิ่นบูดได้แก่ บัคเตรีที่ย่อยโปรตีน บัคเตรีที่ย่อยไขมัน และบัคเตรีที่สร้างกรดแลคติค นอกจากอาหารจะเกิดกลิ่นบูดแล้วผิวของอาหารเม็ดเปียกยังเกิดการร่วนขึ้นด้วยและยิ่งเก็บไว้นานจะเกิดการร่วนมากยิ่งขึ้นที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากบัคเตรีและราในอาหารปลาชนิดที่สร้างเอ็นไซม์อะไมเลส (amylase) ได้ ใช้แป้งอัลฟ่า (ซึ่งก็คือแป้งมันสำปะหลัง) เป็นอาหาร จึงทำให้แป้งอัลฟ่าเสียคุณสมบัติในการยึดวัสดุอาหารต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (53) การเกิดลักษณะผิดปรกติทั้งในด้านกลิ่นและ texture ของอาหารเช่นนี้เป็นลักษณะที่ไม่ควรจะนำไปใช้เลี้ยงปลาอีกต่อไปทั้งนี้เพราะอาจจะเป็นผลเสียต่อสุขภาพของปลาได้ (52)

- อาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.7 เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งที่วัดในรูป total viable plate count และ total yeast and mold count คล้ายคลึงกับอาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5 และที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 นี้ไม่ปรากฏการขึ้นราตลอดการทดลองแต่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งกลิ่นและ texture ของอาหารหลังจากเก็บอาหารปลาไว้ได้ประมาณ 25 วันเช่นเดียวกัน

เหตุผลที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นเช่นเดียวกับอาหารปลาที่เติมโปตัสเซียมซอร์เบตร้อยละ 0.5

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการใช้โปตัสเซียมซอร์เบตน้อยเกินไป (ในที่นี้คือความเข้มข้นร้อยละ 0.1) โปตัสเซียมซอร์เบตจะถูกเมตาบอไลซ์ด้วยเชื้อราและจะไม่มีอิทธิพลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่พอเหมาะแล้ว โปตัสเซียมซอร์เบตจะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Desrosier และคณะด้วย (14)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย