

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้ได้นำหลักการระบบการวิเคราะห์อันตรายและการควบคุมจุดวิกฤติ (Hazard Analysis Critical Control Point : HACCP) มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตซอสหอยนางรม โดยการวิเคราะห์อันตรายทางด้านเคมี ด้านชีวภาพ และด้านกายภาพ ของวัตถุดิบ จนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาได้เริ่มจากการประเมินความเสี่ยงของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแป้ง และ น้ำ ถือว่าเป็นวัตถุดิบหลักสำคัญ จึงนำมาวิเคราะห์อันตรายและส่งตรวจจุลินทรีย์ก่อโรคที่อาจพบได้ในวัตถุดิบหลัก ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จากการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนวัตถุดิบรองเช่น น้ำตาล น้ำปลา หรือ วัตถุดิบอื่นๆ เราควบคุมจาก ใบวิเคราะห์ (Certificate of Analysis: COA) จากผู้ผลิต หลังจากนั้นได้นำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผลิตจากแป้ง น้ำ โดยแป้งทำการตรวจจุลินทรีย์ก่อโรคตามมาตรฐานของสำนักงานคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยมีการตรวจตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 200 พ.ศ. 2543 เรื่องซอสในภาชนะบรรจุปิดสนิท และน้ำทำการส่งตรวจตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 และ ใช้เกณฑ์ตามมาตรฐานเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จากผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ที่ตรวจพบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

จากการศึกษาเรื่องของอุณหภูมิและเวลาในการเคี่ยวซอสหอยนางรมในสูตรปกติ พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการเคี่ยว มากกว่าหรือเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส เคี่ยวนาน มากกว่า 2 ชั่วโมง ทำซ้ำ 3 ครั้ง ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเดือดของซอสหอยนางรมเกิน 100 องศาเซลเซียส เนื่องจาก เมื่อซอสเกิดการขึ้นหืน เกิดกระบวนการเจลาติไนต์ ทำให้โครงสร้างของแป้งเปลี่ยนไป ปริมาณของแข็งที่อยู่ในซอสมีมากขึ้นทำให้เดือดเกิน 100 องศาเซลเซียส และการที่จะทำซอสมีคุณสมบัติขึ้นหืนได้อยู่ตัวได้ จำเป็นต้องเคี่ยวนานถึง 2 ชั่วโมง (คิดที่ 120 กิโลกรัมต่อหม้อ) เมื่อเคี่ยวได้ที่แล้วทำการเก็บตัวอย่างไปตรวจเชื้อตามมาตรฐานของสำนักงานคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ สิ่งที่สังเกตได้คือ ในการบรรจุขวดจะต้องบรรจุขวดขณะร้อน อุณหภูมิที่วัดได้ในช่วงการกรอกอยู่ที่ 90 - 105 องศาเซลเซียส เพราะถ้ากรอกขณะเย็น ซอสจะหนืดขึ้นไม่สามารถกรอกได้ และเกิดอากาศแทรกในเนื้อซอสอีกด้วย ในการตรวจสอบทางกายภาพ พบว่าซอส มีปริมาณของแข็งที่ 26 % และ a_w เท่ากับ 0.59 ผลทางจุลินทรีย์ที่ก่อโรคอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ในการใช้อุณหภูมิที่สูงมากกว่า 110 องศาเซลเซียส นานมากกว่า 2 ชั่วโมง จึงคิดว่า อุณหภูมิและเวลาระดับนี้สามารถฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนได้ จึงได้การทดลองผลิตซอส

หอยนางรมสูตรไม่ใส่โปดัสเทียมซอร์เบท และศึกษาว่าซอสจะสามารถเก็บไว้ได้นานเท่าไร หลังจากเปิดใช้

จากการศึกษาผลของโปดัสเทียมซอร์เบท ที่มีผลต่อการเก็บผลิตภัณฑ์หลังเปิดใช้ จึงได้ออกแบบการทดลองโดย จะตรวจซอสทุก 7 วัน คือ ที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ซอสหอยนางรมที่ไม่ใส่โปดัสเทียมซอร์เบท จะเกิดเชื้อราขึ้นที่ผิวหน้าและผิววด้านใน หลังจากเปิดขวดไปแล้ว 7 วัน ดังนั้นซอส ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน

หลังจากนี้จึงศึกษาซอสหอยนางรมที่ไม่ใส่โปดัสเทียมซอร์เบท ได้พบว่ามีเชื้อราเกิดขึ้นหลายชนิด จึงทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราที่เกิดขึ้นบนอาหารแข็ง ลงใน หลอดทดลองที่มี potato dextrose agar (PDA) ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์พันธุวิศวกรรม เพื่อแยกประเภทของเชื้อรา ที่สามารถพบได้ในน้ำมันหอย จากการวิเคราะห์ พบว่ามี *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Acremonium* sp., และ *Eurotium* sp. นอกจากนี้คุณลักษณะของซอสหอยนางรมที่มีการปนเปื้อนจากเชื้อราที่ผิวหน้าและผิวภาชนะด้านใน ส่วนของซอสจะมีลักษณะที่เหลวขึ้นอย่างมาก และ มีกลิ่น คล้าย แอลกอฮอล์ เนื่องจาก เชื้อรา มีการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต ทำให้ สภาพของเจลาตินเกิดการเปลี่ยนสภาพไปอันเนื่องมาจากการย่อยสลายโครงสร้างให้สายพันธะให้สั้นลง จึงสรุปได้ว่า ถ้า ซอสหอยนางรมที่ใช้อุณหภูมิในการต้มอย่างเดียวยังไม่สามารถที่จะยับยั้งเชื้อราได้ แต่ถ้าซอสหอยนางรมที่มีการใส่โปดัสเทียมซอร์เบท จะพบว่า ไม่พบเชื้อรา และ ยีสต์ ถึงจะเปิดขวดซอสหอยนางรมไว้นานถึง 1 เดือน แต่อาจพบปริมาณ แบคทีเรียมีพบบ้าง แต่ยังไม่เกินจากมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้

เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราได้แล้ว จึงนำมาศึกษาว่าเชื้อราแต่ละประเภท มีความต้านทานกับความเข้มข้นของโปดัสเทียมซอร์เบทเท่าไร จึงศึกษาความเข้มข้นของโปดัสเทียมซอร์เบท ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อราที่พบโดยนำเชื้อราที่ได้ มาทดสอบกับโปดัสเทียมซอร์เบท ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ ที่ 0.02%, 0.04%, 0.06% และ 0.08% ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำเชื้อราที่เพาะไว้ในหลอดทดลอง นำมาปรับความเข้มข้น และ หยดลงไปที่กึ่งกลางของจานเพาะเชื้อ ในปริมาณ 0.01 มิลลิลิตร ถ้าเปรียบเทียบปริมาณของเชื้อที่ใส่เข้าไป อยู่ที่ 10^6 cfu/g จากผลการทดลองพบว่า มีผลไปในทิศทางเดียวกันคือ เชื้อราทั้ง 7 ชนิดสามารถเกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่มีปริมาณโปดัสเทียมซอร์เบทที่แตกต่างกันได้ ภายใน 24 เริ่มเห็นว่า มีความขุ่นของเชื้อราที่เจริญขึ้น และลักษณะการเกิดตรงรอยหยด แต่จะเกิดไม่เท่ากันจานเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของโปดัสเทียมซอร์เบทมากจะเห็นว่าความขุ่นเกิดช้ากว่าจานเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของโปดัสเทียมซอร์เบทน้อยๆ แต่ถ้าหาก ทิ้งไว้นาน 48 ชั่วโมงจะไม่เห็นถึงอัตราการเจริญว่า เชื้อราบนอาหารจานใดเจริญได้เร็วหรือช้า สรุปได้ว่าพบเชื้อราทั้ง 7 ชนิดนี้ไม่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตโดยโปดัสเทียม

ซอร์บเพียงอย่างเดียว แต่ โปดัสเซียมซอร์เบท สามารถชะลอการเติบโตของเชื้อราได้ แต่ถ้าหากปริมาณเชื้อราที่มีอยู่มากเกินไป ความเข้มข้นของโปดัสเซียมซอร์เบทก็ต้องมีการเปลี่ยนไปอย่างใดก็ตาม ในการผลิตซอสหอยนางรมนี้ เราจะไม่สามารถใช้ โปดัสเซียมซอร์เบทเพียงอย่างเดียวได้ เราจะต้องมีวิธีการที่จะต้องลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นก่อน จึงได้มีการนำเชื้อราที่ได้ไปศึกษาเรื่องของอุณหภูมิและความเข้มข้นของโปดัสเซียมซอร์เบทที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา

ในการทดลองศึกษาผลของความร้อนกับความเข้มข้นของโปดัสเซียมซอร์เบท ที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อราที่พบ นำเชื้อราทั้ง 7 ชนิด ผสมในอาหารเหลวที่มีโปดัสเซียมซอร์เบทที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน และ นำคัมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส วิเคราะห์เชื้อทุก 15 นาที โดยทำ 3 ซ้ำ พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีโปดัสเซียมซอร์เบท เชื้อสามารถลดลงจากการถูกทำลายด้วยความร้อนภายใน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อใดที่ปริมาณโปดัสเซียมซอร์เบทผสมอยู่จะทำให้เชื้อไม่สามารถเจริญได้เมื่อนำมาวิเคราะห์ ในระยะเวลาที่สั้นกว่าปกติ

ดังนั้นจากผลการศึกษาพบว่าการใช้โปดัสเซียมซอร์เบทเพียงอย่างเดียว หรือ ใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถยับยั้ง เชื้อราทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp, *Aspergillus japonicus*., *Penicillium* sp., *Acremonium* sp., และ *Eurotium* sp. การใช้อุณหภูมิเพียงอย่างเดียวจะฆ่าเชื้อและได้ผลดีในช่วงแรกเท่านั้นแต่เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องสปอร์เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในอากาศไม่ว่าจะเป็น *Bacillus* sp. หรือ เชื้อรา สามารถกลับมาปนเปื้อนในซอสหอยนางรมและกลับมาเจริญเติบโตได้ภายใน 7 วัน ทำให้อายุการเก็บรักษาของซอสหอยนางรมสั้นลงเก็บไว้ได้ไม่นานหรือหากใช้โปดัสเซียมซอร์เบทเพียงอย่างเดียวฤทธิ์ของโปดัสเซียม-ซอร์เบทไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาจากกระบวนการผลิตได้แต่อาจชะลอการเจริญของเชื้อราที่มีการปนเปื้อนได้

จากการศึกษาข้างต้นที่กล่าวมา จึงนำมาตรการต่าง มาการประเมินขั้นตอนของ การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุม ในกระบวนการผลิตน้ำมันหอย

นำผลการวิเคราะห์และมาตรการควบคุมมาพิจารณาหาจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมโดยใช้ Decision tree ช่วยในการ เนื่องจากการทดลองนี้มุ่งเน้นเรื่องการศึกษาระบบ HACCP กับกระบวนการผลิตซอสหอยนางรมของโรงงานขนาดเล็ก จึงไม่ได้ออกแบบการทดลองและเก็บข้อมูลดังกล่าวว่า เพื่อประยุกต์ใช้ในระบบ HACCP จากการวิเคราะห์อันตรายและหาจุดวิกฤต พบว่า จุดที่ต้องควบคุมเป็นพิเศษ (CCP) ในกระบวนการผลิตซอสหอยนางรม มี 1 จุด ดังนี้

CCP 1 เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น สปอร์ *Clostridium botulinum*, สปอร์ *Bacillus cereus*, สปอร์เชื้อรา *Penicillium* sp.ที่สามารถปนเปื้อนจากการเตรียมวัตถุดิบ สัญลักษณ์ส่วนบุคคล หรือ โปรแกรมมาตรฐานต่างๆ เกิดความไม่ต่อเนื่องของระบบ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสื่อมเสีย ดังนั้นต้องควบคุมอุณหภูมิการต้มไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และ นาน มากกว่า 2 ชั่วโมงและ ต้องมีการเดิมสารกันรา เช่น โซเดียมเซียมซอร์เบต ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

นอกจากจุดควบคุมเหล่านี้แล้ว จุดที่เป็นโปรแกรม สัญลักษณ์ที่ดีในการกระบวนการผลิตต่างๆ จะต้องมีการควบคุมอย่างถูกต้องเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ในการนำหลักการของระบบ HACCP มาประยุกต์ใช้ ทีมงานของผู้ผลิตจะต้องมีความรู้และเข้าใจในหลักการของระบบ GMP และ HACCP อย่างถ่องแท้ และมีความรู้ด้านการกระบวนการผลิต นั้นเป็นอย่างดี เพื่อให้การวิเคราะห์อันตรายเป็นไปอย่างถูกต้อง
2. ในการกำหนดค่าวิกฤตสำหรับการควบคุมอันตรายในแต่ละจุด CCP จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบอย่างถูกต้อง (Validation) และ เหมาะสม หากกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลง สูตรการผลิต วัตถุดิบ และ เวลา ที่ใช้ หรือ ขนาดของถังที่ใช้ ทีมงาน HACCP จะต้องมีการทวนสอบอย่างถูกต้องอีกครั้ง เพื่อให้สามารถปฏิบัติได้จริงและควบคุมอันตรายให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้
3. การนำ HACCP ไปใช้ ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องผ่านการฝึกอบรม และ มีความรู้ ความเชี่ยวชาญกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงข้อควรระวังและหามาตรการควบคุมได้อย่างถูกต้อง
4. การทวนสอบระบบจะต้องทำอย่างเคร่งครัด ไม่ว่าจะต้องมีการตรวจประเมินด้าน GMP และ HACCP เพื่อพิจารณาในด้านความปลอดภัย การตรวจประเมินสามารถทำได้ทั้งภายในและภายนอก หากผู้ดำเนินการไม่มีผู้ที่เชี่ยวชาญมากพอ ควรจัดหาผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกเข้ามาตรวจประเมิน ซึ่งอาจเป็นหน่วยงานราชการ หรือ เอกชนที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานรัฐ
5. บุคลากรที่อยู่ในสายงานผลิตจะต้องตระหนักในเรื่องความปลอดภัยในอาหาร และ ผลักดันกิจกรรม ด้าน HACCP ให้ดำเนินต่อไป เพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภค และ บริษัท