บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุ้งแห้ง

กุ้งแห้ง (Dried shrimp) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกุ้งสดมาต้มให้สุก (ต้มในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3-4 ควรต้มให้สุกพอดีที่จะไม่ทำให้เนื้อกุ้งติดเปลือกหรือหดแข็งเกินไป) แล้วนำมาทำให้แห้งโดยแสงแดดหรือเครื่องให้ความร้อน โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะปอกเปลือกหรือไม่ก็ได้ และการปอกเปลือกสามารถทำได้ก่อนหรือหลังการอบแห้ง กุ้งแห้งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. กุ้งแห้งชนิดมีเปลือก ได้แก่ กุ้งแห้งทั้งตัวที่ไม่เอาเปลือกออก ต้องมีเปลือกติดกับลำตัว มีส่วนหางติดอยู่ ส่วนหัวจะติดอยู่หรือไม่ก็ได้

2. กุ้งแห้งชนิดไม่มีเปลือก ได้แก่ กุ้งแห้งทั้งตัวที่เอาเปลือกออกก่อนทำให้แห้ง ต้องไม่มีเปลือกติดกับลำตัว

3. กุ้งแห้งชนิดกะเทาะเปลือก ได้แก่ กุ้งแห้งทั้งตัวที่กะเทาะเปลือกออกหลังจากทำให้แห้งแล้ว อาจมีเปลือกติดกับลำตัวได้บางส่วน (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกุ้งแห้ง, 2533)

กุ้งแห้งเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน กุ้งแห้งที่ทำจากกุ้งทะเลมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 62.40 ในขณะที่กุ้งทะเลสด มีโปรตีนร้อยละ 17.60 ส่วนกุ้งแห้งที่ทำมาจากกุ้งน้ำจืดมีประมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 46.40 กุ้งน้ำจืดสดมีโปรตีนเพียงร้อยละ 16.20 กุ้งแห้งจัดว่าเป็นอาหารที่มีโปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสสูง องค์ประกอบทางเคมีของกุ้งสดและกุ้งแห้ง แสดงดังตารางที่ 2-1 (Institute of Nutrition Mahidol University, 1998)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-1 คุณค่าทางโภชนาการในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ของกุ้ง (Institute of Nutrition Mahidol University, 1998)

ส่วนประกอบ	ปริมาณแยกตามชนิดของกุ้ง			
	กุ้งทะเลสด	กุ้งทะเลแห้ง	กุ้งน้ำจืด	กุ้งน้ำจืดแห้ง
โปรตีน (กรัม)	17.60	62.40	16.20	46.40
ไขมัน (กรัม)	0.90	3.50	1.30	2.90
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	0.90	15.60	0.40	10.90
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	79.00	236.00	161.00	2350.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	184.00	995.00	292.00	625.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.60	4.60	2.20	20.00
ไทอะมีน (มิลลิกรัม)	0.04	0.16	0.04	0.05
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.08	0.34	0.13	0.20
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	2.30	9.50	0.20	5.70

มาตรฐานกุ้งแห้ง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) ได้กำหนดมาตรฐานของกุ้งแห้งเพื่อใช้ในการอ้างอิงคุณภาพของกุ้งแห้ง มีรายละเอียดดังนี้

1. สี ต้องมีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ห้ามใช้สีทุกชนิด
2. กลิ่นและรส ต้องไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า หรือกลิ่นอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ และต้องมีกลิ่นรสตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์
3. สิ่งแปลกปลอม ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมจากมนุษย์ สัตว์ และวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่กุ้ง เช่น เส้นผม ขน เปลือกหอย ทราย และเศษไม้ เป็นต้น ต้องไม่เกินร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
4. ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 20.0 โดยน้ำหนัก
5. เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ต้องไม่เกินร้อยละ 10.0 ของน้ำหนักอบแห้ง
6. เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ต้องไม่เกินร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักอบแห้ง
7. ความเป็นกรด-ด่าง ต้องไม่เกิน 8.0
8. สารปนเปื้อนจะมีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดแสดงดังตารางที่ 2.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-2 สารปนเปื้อน

รายการ	สารปนเปื้อน	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
1	ตะกั่ว	1
2	ปรอท	0.5

9. จุลินทรีย์ที่อาจมีในกุ้งแห้ง ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้

9.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 10^5 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.2 เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องไม่เกิน 10 ในตัวอย่าง 1 กรัม

9.3 สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (Staphy lococcus aureus) ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

9.4 ซาลโมเนลลา (Salmonella) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

9.5 คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

9.6 รา ต้องไม่เกิน 2×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

อุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้ง

กุ้งที่นำผลิตกุ้งแห้ง จะเป็นกุ้งที่อยู่ในตระกูลพีนีอีดี (Penaeidae) และพาลีโมนิดี (Palaemonidae) เป็นกุ้งที่มีขนาดเล็ก จากวัตถุดิบกุ้งทั้งหมดที่มีการจับได้ในประเทศเป็นปริมาณประมาณปีละ 3-4 แสนตัน จะนำไปผลิตกุ้งแห้งประมาณร้อยละ 6-7 กุ้งแห้งที่ผลิตจะมี 3 ขนาด คือ ใหญ่ กลาง และเล็ก คุณภาพกุ้งแห้งจะขึ้นกับความสดของวัตถุดิบและวิธีการที่ใช้ในการผลิตแต่ละแห่ง

อุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้ง แบ่งได้ 3 ระดับ คือ

1.ระดับครัวเรือน

ในการผลิตระดับครัวเรือนจะทำการผลิตภายในครอบครัว ใช้แสงแดดในการทำแห้ง ใช้แรงงานคนเฉพาะสมาชิกในครอบครัวไรการผลิต

2. ระดับกลาง

ในการผลิตจะอบแห้งโดยใช้แสงแดดร่วมกับเตาอบแห้ง โดยจะมีเตาอบ 1-2 ชุด และมีคนงานไม่เกิน 5 คน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ระดับใหญ่

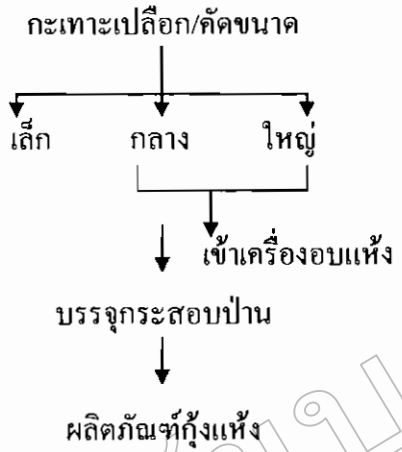
ในการผลิตจะอบแห้งโดยใช้แสงแดดร่วมกับเตาอบแห้งเช่นเดียวกับระดับกลาง แต่จะมีคนงานมากกว่า 5 คน และมีเตาอบมากกว่า 2 ชุด

จากการสถิดการประมงแห่งประเทศไทยในปี (2537) รายงานว่ามีผู้ประกอบการผลิตกุ้งแห้ง 187 แห่ง ซึ่งตั้งอยู่แถบจังหวัดชายทะเล 19 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ชุมพรประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี สงขลานครศรีธรรมราช พัทลุง ปัตตานี สตูล ตรัง ระนอง และพังงา ในปี 2549 ประเทศไทยส่งกุ้งแห้งไปจำหน่ายยังต่างประเทศมีปริมาณ 754 เมตริกตัน สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นมูลค่า 167 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550)

กระบวนการผลิตกุ้งแห้ง

กระบวนการผลิตกุ้งแห้งในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการกำหนดมาจากบรรพบุรุษที่มีการผลิตสืบเนื่องกันมาส่วนใหญ่ บริษัท ทีทีเอสไอ จำกัด (2540) ทำการสำรวจอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้งในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย พบว่ากระบวนการผลิตกุ้งแห้ง แสดงได้ดังภาพที่ 2-1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการผลิตกุ้งแห้ง (บริษัท ทีทีเอสไอ จำกัด, 2540)

ปัญหาอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้ง

ปัญหาอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้ง โดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ จิราวรรณ แย้มประยูร และคณะ (2540) ศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้งในจังหวัดต่าง ๆ ของประเทศไทย พบว่าปัญหาอุตสาหกรรมการผลิตกุ้งแห้งส่วนใหญ่ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษที่มีการผลิตสืบเนื่องต่อกันมา การไปดูแบบคนอื่น ศึกษาเอง และมีผู้แนะนำ โดยไม่มีผู้ประกอบการรายใดจ้างผู้มีประสบการณ์มาแนะนำการผลิต ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ด้าน ดังนี้

1. ปัญหาด้านคุณภาพ

1.1 ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

ผู้ผลิตไม่มีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่นำมาผลิต ขั้นตอนการต้มกุ้ง ผู้ผลิตจะใส่เกลือและสีลงไปในหม้อต้ม โดยใส่เกลือจำนวนมากสำหรับการต้มในครั้งแรกจะเติมเกลือและน้ำไปเรื่อย ๆ เมื่อมีการต้มชุดต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจมีความเค็มไม่สม่ำเสมอความเค็มมีผลโดยตรงต่อรสชาด และมีผลร่วมกับปริมาณน้ำหรือความแห้งของกุ้งในการเก็บรักษาให้ปลอดภัยจากการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์

1.2 ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

ผลิดภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดโดยเฉพาะสี พบว่าผู้ผลิตมีการเติมสีลงไปในหม้อต้ม ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) ได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์กุ้งแห้ง ห้ามใช้สีทุกชนิด สี ต้องมีสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ปัญหาด้านการผลิต

2.1 การสิ้นเปลืองพลังงานและเชื้อเพลิง

เตาอบแห้งที่ใช้ในการผลิตใช้น้ำมันเป็นแหล่งเชื้อเพลิง และพลังงานไฟฟ้าสำหรับพัดลมเป่าความร้อน

2.2 การปนเปื้อน

กุ้งที่ผ่านการต้มเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกนำไปตากแดดก่อนการนำไปอบแห้ง ซึ่งในการตากแดดนั้นจะทำการตากบนลานกลางแจ้งจึงทำให้มีโอกาสการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง

2.3 แรงงานคน

ในการผลิตกุ้งแห้งนั้นมีหลายขั้นตอนในการผลิต จึงจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการผลิตเป็นจำนวนมาก

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้ง

จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งสามารถแบ่งออกได้ 11 ปัจจัยดังนี้ (วรรณิยา โสภักดี, 2544)

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งบางชนิดมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่มากทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บ

2. คุณภาพทางวัตถุดิบ ได้แก่ ความสด ความสะอาด ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความสำคัญ วัตถุดิบที่มีคุณภาพดีทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่มีคุณภาพดี

3. ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) ความชื้นและ a_w เป็นดัชนีชี้บ่งอายุการเก็บ ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) ต่ำ จะมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าเนื่องจากปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

4. ปริมาณเกลือพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความเป็นกรดสูงสามารถเก็บได้นานกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดต่ำ

5. การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง จะมีอายุการเก็บที่สั้นกว่า

6. กระบวนการเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนการทำแห้ง เช่น การลวก การต้ม หรือนึ่ง จะทำให้การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลดลง

7. เวลาและอุณหภูมิในการอบแห้ง เวลาและอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสมของอาหารแห้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

8. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันในผลิตภัณฑ์ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วที่ปริมาณความชื้นต่ำ

9. การรบกวนของแมลง ผลิตภัณฑ์แห้งสามารถถูกรบกวนโดยแมลง เช่น มด แมลงชนิดปีกแข็ง เป็นต้น ถ้าผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกเก็บในที่ไม่เหมาะสม

10. บรรจุภัณฑ์และการบรรจุที่เหมาะสมสามารถยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ได้

11. อุณหภูมิการเก็บ การเก็บที่อุณหภูมิต่ำทำให้เวลาที่ใช้ในการเก็บนานขึ้น

การอบแห้งอาหารโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation Temperature) ที่ความดันที่กำหนด ซึ่งในที่นี้หมายถึงความดันในห้องอบแห้ง ที่ความความดันบรรยากาศ (101.3 kPa หรือ 760 mm Hg) ไอน้ำจะมีอุณหภูมิอิ่มตัวประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าไอน้ำที่สภาวะนี้เป็นไอน้ำอิ่มตัว แต่หากให้ความร้อนแก่ไอน้ำ ไอน้ำจะมีอุณภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว เรียกไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวที่ความดันที่กำหนดนี้ว่า ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

การอบแห้งอาหารด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการให้ความร้อนแทนอากาศร้อน มีไอน้ำเป็นส่วนประกอบเพียงอย่างเดียว ความดันไอย่อย (Partial Pressure of Vapor) จึงมีค่าเท่ากับความดันไอรวม (Total Pressure) และความดันไอในไอน้ำร้อนยวดยิ่ง มีค่าสูงกว่าความดันไอในอาหารจึงไม่มีการแพร่ของความชื้นซึ่งเกิดจากการแพร่ของของเหลวภายในอาหารที่เกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในอาหารส่วนต่าง ๆ ดังนั้นการทำให้อาหารมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำในอาหาร น้ำจึงระเหยได้ สามารถแบ่งการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้ (ฉัตรชัย นิมมล, 2548)

1. ช่วงเกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวอาหาร (Condensation Period)

ในช่วงต้นของการอบแห้งความร้อนที่ให้กับอาหาร จะอยู่ในรูปของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดของน้ำในอาหาร ซึ่งจะเป็นช่วงการใช้ปริมาณความร้อนสูง และถ้าอุณหภูมิของไอน้ำไม่สูงพอ (Degree of Superheat) จะทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำที่ผิวอาหาร ทำให้ความชื้นของอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไอน้ำที่ควบแน่นจะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน (Thermal Diffusivity) ของอาหาร ความชื้นในอาหาร และอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ (Constant Rate Drying Period)

เป็นช่วงที่อาหารมีความชื้นสูง และบริเวณผิวอาหารเต็มไปด้วยน้ำอิสระ ดังนั้นจึงมีการถ่ายโอนความร้อนและมวลความร้อนและมวลสารจึงเกิดขึ้นที่บริเวณผิวอาหารเท่านั้น โดยความร้อนส่วนใหญ่ที่อาหารได้รับจะถูกนำไประเหยน้ำอิสระบริเวณผิว ซึ่งอุณหภูมิจะคงที่ที่จุดเดือดของไอน้ำในอาหาร ส่งผลให้อัตราการถ่ายโอนความร้นและอัตราการทำแห้งคงที่

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Drying Period)

ช่วงนี้ความชื้นของอาหารมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต (Critical moisture content) หรืออัตราการทำแห้งของอาหารมีค่าคงที่ การถ่ายโอนความร้อนและมวลสารไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของอาหารเท่านั้น แต่เกิดการถ่ายโอนภายในอาหารด้วย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิวอาหารไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปอัตราการอบแห้งสำหรับกระบวนการอบแห้งโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนที่แตกต่างกันคือ เมื่ออบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะเกิดการควบแน่นของไอน้ำบนผิวของตัวอย่างอาหารในช่วงเพิ่มอุณหภูมิอาหารและการทำให้อุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น ซึ่งการอบแห้งแบบไหนจะเร็วกว่ากันขึ้นอยู่กับ

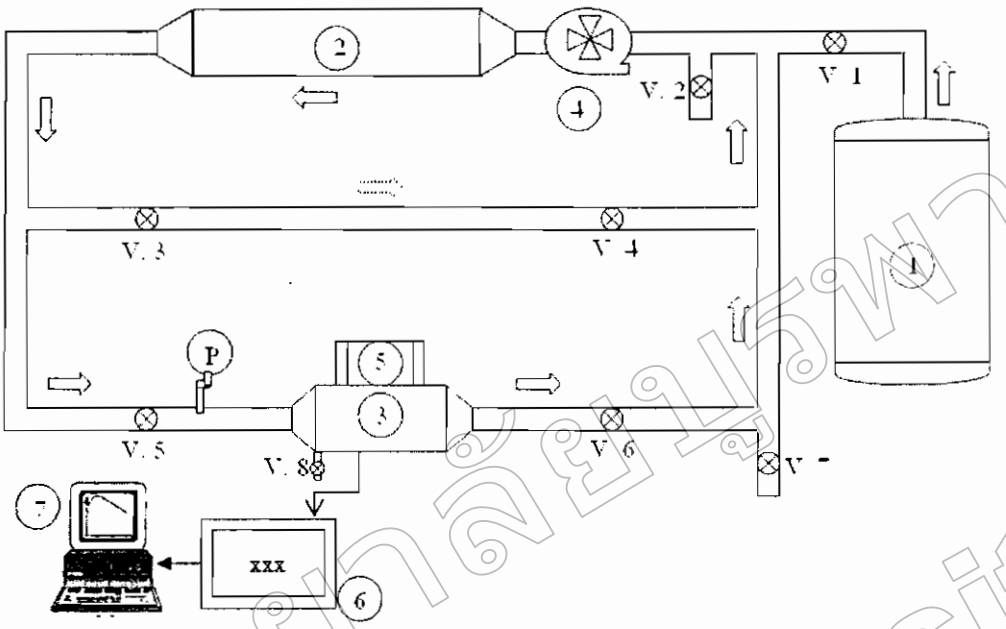
1. ปริมาณไอน้ำกลั่นตัวที่เกิดขึ้น ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้เวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถลดปัญหานี้ได้โดยให้ความร้อนแก่วัสดุอบแห้งก่อนทำการทดลอง

2. อุณหภูมิของตัวกลางสูงหรือต่ำกว่า Inversion Temperature ถ้าอุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่งสูงกว่า inversion temperature การอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะเร็วกว่าอากาศร้อน

3. ความดันไอของไอน้ำร้อนยวดยิ่งในระบบอบแห้ง ถ้าใช้ความดันไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพิ่มขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก็สูงตาม ทำให้การอบแห้งเร็วขึ้น (ศิริวัฒ สินประเสริฐ, 2548; มนตรี มนตรีพิลา, 2548; พลสันต์ วงษ์ศรี, 2548; ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน, 2544; ดลฤดี ใจสุทธิ์, 2543)

โดยทั่วไปเครื่องอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งประกอบด้วย 1. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) 2. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Super Heater) 3. ห้องอบแห้ง (Drying Chamber) 4. พัดลม (Blower) (พยุงศักดิ์ ท่าไม้สุข, 2546) ตัวอย่างภาพเครื่องอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (Superheated steam) แสดงได้ดังภาพที่ 2-2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



1. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)
2. อุปกรณ์ให้ความร้อน (Super Heater)
3. ห้องอบแห้ง (Drying chamber)
4. พัดลม (Blower)
5. เครื่องชั่ง
6. เครื่องควบคุม
7. เครื่องคอมพิวเตอร์
V วาล์วเปิด-ปิด
P เกจความดัน

ภาพที่ 2-2 เครื่องอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

อุณหภูมิอินเวอร์ชัน

ในการเปรียบเทียบการอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน ที่อุณหภูมิอบแห้งต่าง ๆ ตำแหน่งอุณหภูมิที่อัตราการอบแห้งวัสดุด้วยตัวกลางทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากันเรียก อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งนั้นว่า อุณหภูมิอินเวอร์ชัน (Inversion Temperature) ถ้าอุณหภูมิอบแห้งสูงกว่านี้พบว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งโดยอากาศร้อน แต่ถ้าอุณหภูมิอบแห้งต่ำกว่าค่านี้การอบแห้งโดยอากาศร้อนจะมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา อุณหภูมิอินเวอร์ชันมีค่าไม่คงที่ แปรเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุอบแห้ง และลักษณะทางกายภาพของการอบแห้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-3 ชนิดของวัตถุดิบ อุณหภูมิ ความเร็วของตัวกลางในการอบแห้ง และอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่อบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

วัตถุดิบ	อุณหภูมิ	ความเร็วของตัวกลางในการอบแห้ง (m/s)	อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)	รายการอ้างอิง
เนื้อไก่	120, 140, 160 °C	-	-	Nathakaranakul, Kraiwanichkul, and Soponronnarit (2007)
เนื้อหมู	130, 140, 150 °C	-	-	ธนิต สวัสดิ์เสวี, พลสันต์ วงษ์ศรี, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2549)
เนื้อไก่ปรุงรส	120, 130, 140 °C	-	-	สุตาทิพย์ คงขำ, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติโสภณรณฤทธิ์ (2549)
เนื้อหมูปรุงรส	120, 130, 140 °C	2.2 ± 0.2	-	วันชลี เพ็งพงศา, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติโสภณรณฤทธิ์ (2549)
ข้าวกล้องนึ่ง	120, 140, 160 °C	3.9	-	Soponronnarit, Nathakaranakule, Jirajindalert, and Taechapairoj (2006)
เนื้อหมู	130, 140, 150 °C	2.2 ± 0.2	-	พลสันต์ วงษ์ศรี (2548)
เนื้อวัว	130, 140, 150 °C	2.2 ± 0.2	-	ศิริวัฒ สินประเสริฐ (2548)
เนื้อวัว	130, 140, 150 °C	2	-	ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ และคณะ (2548)
ข้าวนึ่ง	130, 150, 170 °C	3.8	-	วทัญญู รอดประพัฒน์, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล, วารุณี เตีย และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2548)
ข้าวเหนียวนึ่ง	130, 150, 170 °C	1	-	มนตรี มนตรีพิลา (2548)
หัวบีท	130, 157, 183 °C	0.42, 0.32, 0.37	-	Pronyk, Cenkowski, and Muir (2004)

Burapha University

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

วัตถุดิบ	อุณหภูมิ	ความเร็วของตัวกลางในการอบแห้ง (m/s)	อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)	รายการอ้างอิง
มันฝรั่ง	125, 145, 165 °C	0.35 ± 0.02	-	Pronyk, Cenkowski, and Muir (2004)
เส้นก๋วยเตี๋ยว	110, 120, 130, 140 °C	0.02 ± 0.02	-	Pronyk, Cenkowski, and Muir (2004)
เนื้อหมู	130, 140, 150, 160 °C	2.1	-	ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร และอดิศักดิ์ นาถกรณกุล (2547)
กุ้ง	140 °C	2.08 ± 0.2	-	Namsanguan et al. (2004)
กุ้ง	140, 160 °C	2.08 ± 0.2	-	Namsanguan (2004)
ทุเรียน	140, 150, 170 °C	2.8	-	จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, สมเกียรติ ปรัชญาวรากร, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2546)
กุ้ง	140 °C	2.08 ± 0.2	-	Namsanguan, Tia, Devahastin, and Soponronnarit (2003)
ทุเรียน	140, 150 °C	2.8	-	Jamradloedluk, Nathakaranakule, Soponronnarit, and Prachayawarakorn (2003)
เนื้อหมู	130, 140, 150, 160 °C	2.1	-	Uengkimbuan, Soponronnarit, Prachayawarakorn, and Nathkaranakule (2003)
ปลาร้า	120, 140, 160 °C	-	0.071	ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และสมเกียรติ ปรัชญาวรากร (2545)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

วัตถุดิบ	อุณหภูมิ	ความเร็วของตัวกลางในการอบแห้ง (m/s)	อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)	รายการอ้างอิง
กุ้ง	120, 140, 160, 180 °C	1.6 ± 0.2	-	Prachayawarakorn, Soponronnarit, Wetchacama, and Jaisut (2002)
กุ้ง	140 °C	2.08 ± 0.2	-	Namsanguan, Tia, Devahastin, and Soponronnarit (2002)
เนื้อหมู	120, 140, 160 °C	2.08	0.071	ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน (2544)
ปลาร้า	120, 140, 160 °C	2.08	0.071	ณรงค์ อึ้งกิมบ้วน (2544)
กุ้ง	140, 150, 160 °C	-	1.036	สำราญ ธิช่างทอง (2544)
ปลากระตัก	140, 150, 160 °C	-	1.036	สำราญ ธิช่างทอง (2544)
กุ้ง	120, 140, 160, 180 °C	-	0.03486	ดลฤดี ใจสุทธิ์ (2543)
หน่อไม้	120, 140, 160 °C	1.39	-	ทวีชัย วงศ์ศักดิ์ไพโรจน์ (2543)
มันฝรั่ง	125, 145, 165 °C	0.35 ± 0.1	-	Tang and Cenkowski (2000)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อดีและข้อเสีย ของการอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

ข้อดี

1. ไม่มีปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) หรือการเผาไหม้เนื่องจากไม่มีแก๊สออกซิเจนในระบบ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น สีของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง

2. อัตราการอบแห้งสูงทั้งในช่วงอบแห้งคงที่ และช่วงอบแห้งลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ค่าการนำความร้อน และค่าความจุความร้อนของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ในช่วงการอบแห้งลดลงเมื่อใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงกว่า ทำให้อัตราการอบแห้งสูง

3. ผลิตภัณฑ์ที่มีพิษ หรือกลิ่นที่ต้องการนำมาใช้งาน สามารถสกัดนำมาใช้งานได้

4. การอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งสามารถฆ่าเชื้อโรค หรือกำจัดกลิ่นของอาหารได้

ข้อเสีย

1. ระบบมีความซับซ้อน จำเป็นต้องมีการป้องกันการรั่วซึม การนำเข้าผลิตภัณฑ์ และนำออกจะต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศ ในตอนเริ่มเดินเครื่องและหยุดเดินเครื่อง อาจเกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้นได้

2. เมื่อมีผลิตภัณฑ์เข้ามาในระบบ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการควบแน่นของไอน้ำได้ ทำให้เวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 10–15 ที่ความดันบรรยากาศ (การอบแห้งจะเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการอบแห้งคงที่ เมื่อผิวน้ำถูกระเหย)

3. ผลิตภัณฑ์ที่สามารถละลาย หรือเสียหายที่อุณหภูมิไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันหนึ่ง ๆ ไม่สามารถใช้การอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้ ถึงแม้ว่าจะมีความชื้นที่ผิวเท่านั้น แต่สามารถแก้ไขได้โดยการลดความดัน ซึ่งจะทำให้การอบแห้งเพิ่มขึ้น

4. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกระบวนการออกซิเดชันเพื่อที่จะได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ มาสามารถใช้การอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งได้ แต่สามารถแก้ไขโดยการแบ่งการอบเป็นสองช่วง (อบโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งก่อน แล้วตามด้วยอากาศร้อน)

5. ราคาของอุปกรณ์ประกอบ เช่น ระบบป้อนวัสดุอบแห้ง ระบบเก็บวัสดุอบแห้งและระบบการนำไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณามากกว่า ราคาของห้องอบห้องเดียว การอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งโดยทั่วไปจะใช้กับระบบใหญ่ ๆ และเป็นระบบต่อเนื่อง เพราะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า

ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของการอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยลมร้อน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2-4

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-4 ข้อเปรียบเทียบการอบแห้งโดยไอน้ำร้อนยวดยิ่งกับการอบแห้งโดยอากาศร้อน

ข้อเปรียบเทียบ	ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง	อากาศร้อน	รายการอ้างอิง
1.ความซับซ้อนของเครื่องมือและอุปกรณ์	มากกว่า	น้อยกว่า	พยุงศักดิ์ ท่าไม้สุข (2546)
2. ต้นทุน	สูงกว่า	ต่ำกว่า	Barbieri, Elustondo, and Urbicain (2004)
3.ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	สูงกว่า	ต่ำกว่า	สำราญ ธิช่างทอง (2544)
4. อัตราการอบแห้ง	สูงกว่า	น้อยกว่า	Moreira (2001)
5. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ไม่เกิด	เกิดที่อุณหภูมิสูง	ทวีชัย วงศ์ศักดิ์ไพโรจน์ (2543)
6. การควบแน่นของไอน้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์	เกิดที่อุณหภูมิอิ่มตัวที่ความดันที่กำหนด	ไม่เกิด	ทวีชัย วงศ์ศักดิ์ไพโรจน์ (2543)
7. ผลผลิต	สูงกว่า	ต่ำกว่า	Rordprapat, Nathakaranakule, Tia, and Soponronnarit (2005)
8. คุณภาพของผลิตภัณฑ์	ดีกว่า	ต่ำกว่า	Moreira (2001)
9. การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ	ต่ำกว่า	สูงกว่า	Moreira (2001)
10. ลดขั้นตอนการผลิต	ได้	ไม่ได้	วทัญญู รอดประพัฒน์ และคณะ (2548)

ไคตินและไคโตซาน

ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพที่สกัดได้จากของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง เช่น เปลือกกุ้ง และกระดองปู อนุพันธ์ของไคตินที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์คือไคโตซาน การผลิตไคโตซานจัดเป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งอันเป็นประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ปัจจุบันมีการค้นคว้าวิจัยในการนำไคโตซานไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น การแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

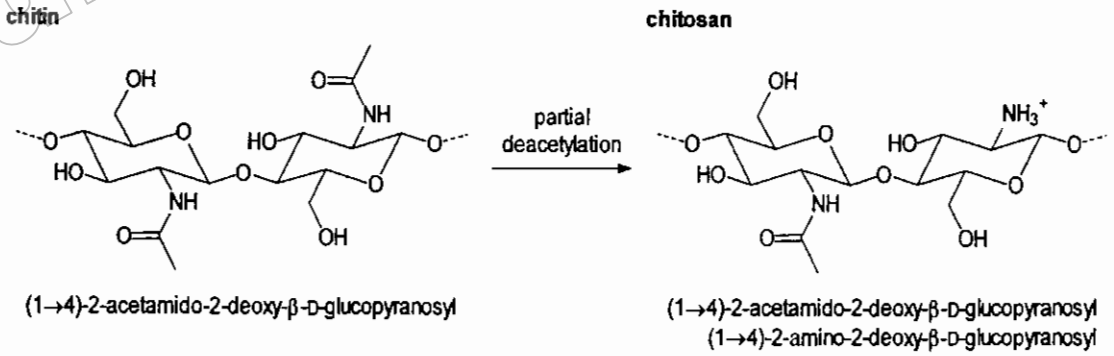
ไคติน (Chitin)

ไคติน Poly β-(1→ 4)-2-Acetamido-2-Deoxy-D-Glucose ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ธรรมชาติ พบได้ในโครงสร้างเปลือกนอกของสัตว์ทะเลจำพวกกุ้ง ปู แกนหมึก แมลง ผนังเซลล์ของเห็ดรา และสาหร่าย หน่วยย่อยของไคติน คือ *N*-Acetyl-D-Glusamine เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-(1→ 4) (Shahidi, Arachchi, & Joen, 1999) ไคตินมีโครงสร้างของผลึก (Crystal Structure) แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบมี 3 แบบ คือ อัลฟาไคติน (α-Chitin) เบตาไคติน (β-Chitin) และแกมมาไคติน(γ-Chitin) ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ (Non-Electrolytic Polymer) ทำให้ไคตินไม่สามารถละลายได้ในน้ำ กรดเจือจาง ด่างทั้งเจือจางและเข้มข้น แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ (Organic Solvent) (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวาสี, 2544; Rinaudo, 2006)

ไคโตซาน (chitosan)

ไคโตซาน Poly β-(1→ 4)-2-amino-2-Deoxy-D-Glucose เป็นอนุพันธ์ที่ได้จากการกำจัดหมู่อะซีติล (Deacetylation) หมู่อะซิตามิโด ($-NHCOCH_3$) เป็นหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ด้วยปฏิกิริยาเคมี ความร้อน ด่างเข้มข้น หรือด้วยปฏิกิริยาเอนไซม์ (Shahidi et al., 1999; ภาวดี เมธะคานนท์, อศิรา เฟื่องฟูชาติ และก้องเกียรติ คงสุวรรณ, 2543)

กระบวนการกำจัดหมู่อะซีติลเป็นการเพิ่มหมู่อะมิโนบนสายโซ่ของไคติน หมู่อะมิโนนี้มีความสามารถในการรับโปรตอนจากสารละลายแล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปประจุบวก (NH_3^+) ไคโตซานจึงมีสมบัติเป็นแคทไอออนิกโพลิเมอร์ (Cationic Polymer) ทำให้ละลายได้ดีขึ้น สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น กรดอะซิติก และกรดแลคติกเป็นต้น (จิราภรณ์ เชาวลิต-สุขุมาวาสี, 2544; ภาวดี เมธะคานนท์ และคณะ, 2543) ไคตินและไคโตซานมีโครงสร้างแสดงได้ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน (Begin & Calsteren, 1999)

สมบัติทางเคมีกายภาพของไคตินและไคโตซาน

สมบัติทางเคมีกายภาพของไคตินและไคโตซานแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ และสภาวะที่ใช้ในการผลิต ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการนำไคตินและไคโตซานไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ สมบัติทางเคมีกายภาพของไคตินและไคโตซานสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การละลาย (Solubility)

ไคตินไม่ละลายในน้ำ กรดเจือจาง ด่างทั้งเจือจางและเข้มข้น แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ แต่สามารถละลายได้ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น กรดซัลฟูริกเข้มข้น กรดฟอสฟอริก (ร้อยละ 78-97) กรดฟอร์มิก (Anhydrous Formic Acid) และ DMAc-LiCL (*N,N*-Dimethylacetamind-Lithium Chloride) สาเหตุที่ทำให้ไคตินละลายได้ยากในตัวทำละลายต่าง ๆ เป็นผลมาจากโซ่โมเลกุลที่อยู่กันอย่างหนาแน่น มีพันธะเกิดขึ้นทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลเนื่องจากหมู่ฟังก์ชันที่ต่างกัน (หมู่ไฮดรอกซิลและหมู่อะซีตามิโด)

ไคโตซานจะไม่ละลายในน้ำ ด่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำกว่า 6 เช่น กรดอะซีติก กรดฟอร์มิก กรดแลกติก เป็นกรดที่นิยมใช้ในการละลายไคโตซาน กรดอนินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก และกรดฟอสฟอริก สามารถละลายไคโตซานได้ภายใต้การคนที่อุณหภูมิปานกลาง

ความสามารถในการละลายของไคโตซานในสารละลายกรดเกิดขึ้นอยู่กับหมู่อะมิโนอิสระบนสายโซ่โมเลกุลไคโตซาน หมู่อะมิโนนี้จะรับโปรตอนจากสารละลายแล้วอยู่ในรูปประจุบวกซึ่งช่วยให้ไคโตซานละลายได้ดีขึ้น ดังนั้นระดับการกำจัดหมู่อะซีติลจึงมีผลต่อการละลายของไคโตซาน โดยพบว่าเมื่อหมู่อะซีติลถูกกำจัดไปมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป ไคโตซานจะสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด (ภาวดี เมธะคานนท์ และคณะ, 2543)

2. ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล (Degree of Deacetylation, % DD)

ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคติน ไคโตซาน เนื่องจากไคตินและไคโตซานเป็นโคโพลิเมอร์ระหว่างสองโมโนเมอร์ของ *N*-Acetyl-D-Glucosamine และ D-Glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่า คือมีระดับการกำจัดหมู่อะซีติลต่ำจะแสดงสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่า คือมีระดับการกำจัดหมู่อะซีติลสูงจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

น้ำหนักโมเลกุลเป็นสมบัติทางเคมีกายภาพของไคตินไคโตซาน ไคตินในธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 1.0×10^6 ดาลตัน ในขณะที่ไคโตซานจะมีน้ำหนักโมเลกุลของอยู่ในช่วง $0.1x10^6$ - 1.2×10^6 ดาลตัน ขึ้นอยู่กับภาวะที่ใช้ในการผลิต (วิภาวี โฮเว่น, 2544)

4. ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับการกำจัดหมู่อะซีลติล น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น Ionic Strength ความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิ (ภาวดี เมธะคานนท์ และคณะ, 2543) โดยทั่วไปความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริกจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายเพิ่มขึ้น (Chen & Tsaih, 1998)

5. Coagulating ability

ไคโตซานเป็นตัวสร้างตะกอนและตัวรวมตะกอน (Flocculant and Coagulating Agent) ที่ดี เนื่องจากการมีหมู่อะมิโนจำนวนมากที่สามารถแตกตัวเป็นประจุบวกจับกับสารที่มีประจุลบได้

6. การเสื่อมสลาย (Degradation)

ไคติน ไคโตซานก็เหมือนกับโพลิเมอร์ หรือโพลิแซคคาไรด์อื่นทั่วไป คือเมื่อเกิดการเสื่อมสลายจะทำให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็นโอลิโกเมอร์หรือโอลิโกแซคคาไรด์ และเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดที่เรียกว่าโมโนเมอร์ หรือโมโนแซคคาไรด์ การเสื่อมเสียเกิดได้ 3 ลักษณะ คือ การเสื่อมสลายโดยกรด การเสื่อมสลายโดยด่าง และการเสื่อมสลายโดยเอนไซม์ (มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์, 2544)

การเคลือบผิว (Coating)

การเคลือบผิว คือการเคลือบบริเวณผิวชั้นนอกของผลิตภัณฑ์ การเคลือบผิวสามารถทำได้โดยวิธีการด่าง ๆ เช่น การห่อหุ้ม (Enrobing) การจุ่ม (Dipping) การแปรง (Brushing) การพ่นฝอย (Spraying) (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2535) จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบผิวสรุปได้ ดังนี้

1. ชนิดของสารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวที่บริโภคได้มีหลายชนิด จากการศึกษาพบว่ามีการนำสารเคลือบผิวชนิดต่าง ๆ มาใช้ ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. น้ำมัน เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง (เสาวคนธ์ นุสติ, 2544; Bravin, Peressini, & Sensidoni, 2006)

2. โปรตีน เช่น เจลาติน (Caballero et al., 2005)

3. โพลีแซคคาร์ไรด์ เช่น เพคติน (Kang, Jo, Kwon, Kim, Chung, & Byun, 2007) สตาร์ชข้าวโพด (Bravin et al., 2006) วุ้นเซลลูโลสจากแบคทีเรีย (วราวุฒิ ครูส่ง, ณัฐพล ฟ้าภิญโญ และอพัชชา จินดาประเสริฐ, 2544) วุ้น (Agar) (Geraldine, Soares, Botrel, & Goncalves, 2007) เมธิลเซลลูโลส (Bravin et al., 2006) คอนยักกัม (ชลาธร วัฒนากร, 2546) ไคโตซาน (Beverly et al., 2007; Chien et al., 2007a; Chien et al., 2007b; Dong et al., 2004; เบญจมาศ รัตนชินกร และคณะ, 2547; Pen & Jiang, 2003; Sagoo et al., 2002; Jeon et al., 2002; สุทัศเทียม บุญทวี, 2544; วิเชียร เลี่ยมนาค, 2541)

การเลือกใช้สารเคลือบผิวต้องพิจารณาชนิดของสารเคลือบผิวให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่จะนำมาเคลือบผิว การเลือกใช้สารเคลือบผิวอาจใช้สารเพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดผสมกัน (ชลิต เขาวงศ์, 2540) Kang et al. (2007) ศึกษาการเคลือบผิวเนื้อหมูอบฉายรังสีด้วยเพคตินร่วมกับสารสกัดชาเขียว พบว่าการเคลือบผิวเนื้อหมูอบฉายรังสีด้วยเพคตินร่วมกับสารสกัดชาเขียวสามารถลดการเกิดและชะลอการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน (TBARS) ได้ดีกว่าการเคลือบผิวเนื้อหมูอบฉายรังสีด้วยเพคตินเพียงอย่างเดียว

2. วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาเคลือบผิวมีความสำคัญอย่างมากต่อการเคลือบผิว จากการศึกษาพบว่าการเตรียมวัตถุดิบขึ้นอยู่กับชนิด และลักษณะของวัตถุดิบ เช่น เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ นำมาล้างทำความสะอาด หากเป็นปลาต้องนำมาล้าง ควักเครื่องใน ลอกหนัง และแล่เป็นชิ้น ก่อนนำไปจุ่มลงในสารละลายไคโตซาน โดยพบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถลดการสูญเสียความชื้น ลดการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Jeon et al., 2002) ผักผลไม้และผลิตภัณฑ์ ทำการล้าง ปอกเปลือก และสไลด์ก่อนจุ่มลงในสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยพบว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซาน สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Chien et al., 2007b)

3. สภาวะที่ใช้ในในการเคลือบผิว

สภาวะที่ใช้ในในการเคลือบผิวจะมีความแตกต่างกัน โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเคลือบผิว และส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความเข้มข้น ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ เวลา จำนวนครั้ง มีรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. ความเข้มข้น

ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของสารเคลือบผิว การใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวมีการใช้ความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-2 Sagoo et al. (2002) ศึกษาการจุ่มไส้กรอกหมูในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 เก็บ 18 วัน พบว่าสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถลดจำนวนแบคทีเรียได้มากกว่าสารละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เสาวคนธ์ นุสติ (2544) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารอิมัลชัน (น้ำมันปาล์มต่อไข่แดง) ที่ใช้เคลือบผิวสาลี่ ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 4 1 ต่อ 9 และ 1 ต่อ 19 พบว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยสารอิมัลชันอัตราส่วน 1 ต่อ 4 มีอายุการเก็บรักษาสูงสุด

2. ความเป็นกรดด่าง

ความเป็นกรดด่างของสารเคลือบผิวโดยทั่วไปค่าความเป็นกรดด่างของสารเคลือบผิวจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคลือบผิว การใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวจะมีการใช้ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 4-5 เนื่องจากไคโตซานจะละลายได้ดีที่ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6

3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิของสารเคลือบผิวโดยทั่วไปจะมีการใช้อุณหภูมิของสารเคลือบผิวอยู่ในช่วง 5-70 องศาเซลเซียส

4. เวลาการเคลือบผิว

เวลาการเคลือบผิวโดยทั่วไปเวลาที่ใช้ในการเคลือบผิวจะอยู่ในช่วง 5 วินาที-1 นาที

5. จำนวนครั้งที่เคลือบผิว

จำนวนครั้งที่เคลือบผิวโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1-3 ครั้ง มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และคณะ (2548) ศึกษาความหนาที่เหมาะสมในการเคลือบผิวกล้วยหอมทองด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.5 จำนวน 1 2 และ 3 ครั้ง เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยหอมทองเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.5 เคลือบจำนวน 3 ครั้ง ให้ผลดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บ และช่วยรักษาสีเขียว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-5 วัตถุดิบ ชนิดสารเคลือบผิว และสภาวะที่ใช้ในในการเคลือบผิว

วัตถุดิบ	สารเคลือบผิว	วิธีการเคลือบผิว	ความเข้มข้นสารเคลือบผิว (%)	ความเข้มข้นสารละลาย (%)	ความเป็นกรดด่าง	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	จำนวนครั้ง	รายการอ้างอิง
เนื้อย่างพร้อมบริโภค	ไคโตซาน	การจุ่ม	1	กรดอะซิติก 1 %, กรดแลกติก 1 %	5.6	-	30 วินาที	1	Beverly et al. (2007)
มะม่วงสไลด์	ไคโตซาน	การจุ่ม	2	กรดอะซิติก 0.5 %	5	-	1 นาที	1	Chien et al. (2007a)
แก้วมังกรสไลด์	ไคโตซาน	การจุ่ม	1	กรดอะซิติก 0.5 %	5	-	-	1	Chien et al. (2007b)
กล้วยหอมทอง	ไคโตซาน	การจุ่ม	1.5	กรดอะซิติก 1 %	-	-	-	3	มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และคณะ (2548)
ลิ้นจี่ปอกเปลือก	ไคโตซาน	การจุ่ม	3	กรดอะซิติก 1 %	6	-	1 นาที	1	Dong et al. (2004)
ส้มโชกุน	ไคโตซาน	การจุ่ม	0.5	กรดอะซิติก 1 %	-	-	-	3	Kantahan (2003)
เนื้อปลาคอด และปลาแฮร์ริ่ง	ไคโตซาน	การจุ่ม	1	กรดอะซิติก 0.1 %	-	5 °C	30 วินาที	2	Jeon et al. (2002)
ลำไย	ไคโตซาน	การจุ่ม	2	กรดอะซิติก 0.5 %	5	-	-	1	Jiang & Li (2001)
กล้วยหอม	ไคโตซาน	การจุ่ม	2	กรดอะซิติก 0.5 %	-	อุณหภูมิห้อง	-	1	Setha (1999)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ขั้นตอนการเคลือบผิว

โดยทั่วไปขั้นตอนการเคลือบผิวประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเคลือบผิววัดถุดิบ

จากการศึกษาพบว่ามีการเคลือบผิวด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- วิธีการทา (Brushing) ทาโดยใช้แปรงทาสี จุ่มสารเคลือบผิว แล้วทาบาง ๆ รอบผิววัดถุดิบ หรือการใช้นิ้วมือทา (เสาวคนธ์ นุสติ, 2544) ฐิติยา รัตนไตรภพ (2546) ศึกษาการพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด โดยนำมังคุดล้างทำความสะอาด จุ่มผลมังคุดในสารละลายไธอาเบนดาโซล (พรอน โต 40) ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน นาน 1-2 นาที ผึ่งให้แห้ง จากนั้นทำการเคลือบผิวโดยใช้แปรงทาสีขนาดกว้าง 1 นิ้ว จุ่มสารเคลือบผิวทาบาง ๆ รอบผิวมังคุด ผึ่งให้แห้ง บรรจุใส่กล่องกระดาษลูกฟูก เก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

- วิธีการจุ่ม (Dipping) โดยการนำวัดถุดิบจุ่มในสารเคลือบผิว Chien et al. (2007b) ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพและอายุการเก็บของมะม่วงสไลด์ โดยนำมะม่วงปอกเปลือก สไลด์ขนาด 5×4×1 เซนติเมตร จุ่มสารละลายไคโตซาน นาน 1 นาที ทำแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 30 นาที บรรจุลงถาดพลาสติกขนาด 30×20 เซนติเมตร ปิดด้วย PVDC ฟิล์ม เก็บที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส

- วิธีการพ่นฝอย (Spraying) โดยการพ่นฝอยสารเคลือบผิวลงบนผิวหน้าของวัตถุดิบ Bravin et al. (2006) ทำการเคลือบผิวขนมปังกรอบโดยการพ่นฝอยสารเคลือบผิวบนขนมปังกรอบ

มีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเคลือบผิววัตถุดิบ ชลิต เขาวงศ์ (2540) ศึกษาวิธีการเคลือบผิวกล้วยไข่ที่เหมาะสม โดยวิธีการเคลือบได้แก่ การจุ่มทั้งผลและเป่าลมเย็น (ความเร็วลม 3.08 เมตรต่อวินาที) การจุ่มทั้งผลและเป่าลมร้อน (อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส) ทาด้วยพู่กันและเป่าลมเย็น (ความเร็วลม 3.08 เมตรต่อวินาที) และการทาด้วยพู่กันและเป่าลมร้อน (อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับกล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิว พบว่าการเคลือบผิวกล้วยไข่โดยการจุ่มทั้งผลและเป่าลมเย็นให้ผลดีที่สุด โดยกล้วยไข่มีความแน่นเนื้อมากที่สุด มีการเกิดโรคที่น้อยกว่า ใช้เวลาในการสุกนาน และมีอายุหลังการสุกนานที่สุด

2. การทำให้แห้ง

การทำแห้งสารเคลือบผิวหลังจากเคลือบผิววัตถุดิบ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การผึ่งให้แห้ง การเป่าพัดลม การทำแห้งในตู้อบอากาศร้อน และตู้กรองอากาศบริสุทธิ์ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งสารเคลือบผิวจะอยู่ในช่วง 24-60 องศาเซลเซียส สภาวะการทำแห้งสารเคลือบผิวแสดงได้ดังตารางที่ 2-6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-6 สภาวะที่ใช้ในการทำแห้งสารเคลือบผิว

วัตถุดิบ	สารเคลือบผิว	วิธีการเคลือบผิว	วิธีการทำแห้ง	อุณหภูมิ (°C)	เวลา	รายการอ้างอิง
ขนมปังกรอบ	สตาร์ชข้าวโพดร่วมกับเมธิล เซลลูโลส และน้ำมันถั่วเหลือง	การสเปรย์	-	60 °C	2 ชั่วโมง	Bravi et al. (2006)
เนื้อหมูอบฉายรังสี	เพคตินร่วมกับสารสกัดชาเขียว	การจุ่ม	ใน laminar flow hood	-	2 ชั่วโมง	kang et al. (2002)
เนื้อย่างพร้อมบริโภค	ไคโตซาน	การจุ่ม	ใน laminar flow hood	-	1 ชั่วโมง	Beverly et al. (2007)
เนื้อปลาคอด และปลาแฮร์ริ่ง	ไคโตซาน	การจุ่ม	ใน forced air oven	40 °C	2 ชั่วโมง	Jeon et al. (2002)
ลำไย	ไคโตซาน	การจุ่ม	ผึ่งให้แห้ง	25 °C	4 ชั่วโมง	Jiang & Li (2001)
มะม่วงสไลด์	ไคโตซาน	การจุ่ม	ผึ่งให้แห้ง	25 °C	30 นาที	Chien et al. (2007a)
แก้วมังกรสไลด์	ไคโตซาน	การจุ่ม	ผึ่งให้แห้ง	24 °C	20 นาที	Chien et al. (2007b)
ลิ้นจี่ปอกเปลือก	ไคโตซาน	การจุ่ม	ผึ่งให้แห้ง	25 °C	30 นาที	Dong et al. (2004)
กล้วยไข่	วุ้น	การจุ่ม	เป่าลมเย็นจากพัดลม (ความเร็วลม 3.08 เมตรต่อวินาที)	-	-	วราวุฒิ ครูส่ง และคณะ (2544)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การใช้สารเคลือบผิวในกระบวนการทำแห้ง

การใช้สารเคลือบผิวในกระบวนการทำแห้ง จะขึ้นอยู่วัดถุดิบ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ จากการศึกษาพบว่ามีการเคลือบผิวสามารถแบ่งได้ 2 แบบ ดังนี้

1. การเคลือบผิววัดถุดิบก่อนการทำแห้ง

การเคลือบผิววัดถุดิบก่อนการทำแห้ง เป็นการนำวัตถุดิบสดมาทำการเคลือบผิวก่อนการทำแห้ง จากการศึกษาพบว่ามีการนำเนื้อปลาคอดและเนื้อปลาแฮร์ริ่งมาทำการเคลือบไคโตซานก่อนการนำไปทำแห้ง (Jeon et al., 2002)

2. การเคลือบผิววัตถุดิบหลังการทำแห้ง

การเคลือบผิววัตถุดิบหลังการทำแห้ง เป็นการนำวัตถุดิบที่กระบวนการทำแห้งแล้วนำมาทำการเคลือบผิวจากการศึกษาพบว่ามีการเคลือบผิวปลาอบด้วยไคโตซานร่วมกับเจลาติน (Caballero et al., 2005)

การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเคลือบผิว

ปัจจุบันไคโตซานถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เนื่องจากไคโตซานมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นเฉพาะตัว อีกทั้งยังมีสมบัติในด้านต่าง ๆ ที่เหมาะสำหรับนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิว ปัจจุบันมีการนำไคโตซานมาใช้เป็นสารเคลือบผิวเพื่อประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บ จากการศึกษาพบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น (Chien et al., 2007a; Chien et al., 2007b; มาระดรี เปลี่ยนศิริชัย และคณะ, 2548; Dong et al., 2004; เบญจมาศ และคณะ, 2547; Pen & Jiang, 2003)

2. ยับยั้งและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน จากการศึกษาพบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถยับยั้งและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน (Beverly et al., 2007; Caballero et al., 2005; Sagoo et al., 2002; Jeon et al., 2003) ลดการสูญเสียความชื้น จากการศึกษาพบว่าการนำเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถลดการสูญเสียความชื้นของผลิตภัณฑ์ (Beverly et al., 2007; Caballero et al., 2005; Sagoo et al., 2002; Jeon et al., 2002)

4. รักษาสีของผลิตภัณฑ์จากศึกษาพบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานสามารถช่วยรักษาสีของผลิตภัณฑ์ (เสาวคนธ์ นุสดิ, 2544)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลือบผิววัตถุดิบด้วยไคโตซาน

ปัจจุบันมีการนำไคโตซานมาเคลือบผิวอาหารมากขึ้น จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการนำไคโตซานมาเคลือบผิววัตถุดิบ ต่าง ๆ ดังนี้

1. น้ำหนักโมเลกุล

ไคโตซานมีความสามารถในการละลายต่ำ (poor solubility) สารละลายที่เตรียมจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีความหนืดมาก ไม่สะดวกสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้กับการเคลือบผิว การลดน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานจะช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายให้ดีขึ้น และสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Xie, Xu, Wang, & Liu, 2002) แต่การใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเกินไปจะไม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้ไคโตซานที่มีความหนืดมากจะช่วยให้สูญเสียความชื้นของอาหารน้อยกว่าไคโตซานที่มีความหนืดต่ำ (Jeon et al., 2002)

2. ระดับการกำจัดหมู่อะซีติล

ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลเป็นตัวเป็นตัวบ่งชี้สมบัติของการเป็นไคโตซาน ถ้าไคโตซานมีระดับการกำจัดหมู่อะซีติลสูง จะมีความสามารถในการละลายได้ดี และมีความหนืดต่ำกว่าไคโตซานมีระดับการกำจัดหมู่อะซีติลต่ำ จากการศึกษาพบว่าระดับการกำจัดหมู่อะซีติลของไคโตซานที่นำมาใช้ในการเคลือบผิวอาหารจะอยู่ในช่วงร้อยละ 90-98 Jeon et al. (2002) ศึกษาการนำไคโตซานมาใช้เคลือบผิวปลาคอด และปลาแฮร์ริ่ง โดยใช้ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลที่ร้อยละ 86.4 89.3 และ 91.3 พบว่าการใช้ระดับการกำจัดหมู่อะซีติลที่ร้อยละ 91.3 สามารถลดการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมัน (Peroxide value Conjugated dienes value 2-thiobarbituric acid Headspace Volatiles Total Volatile Basic Nitrogen) ได้ดีกว่าไคโตซานที่มีระดับการกำจัดหมู่อะซีติลที่ร้อยละ 86.4 และ 89.3

3. ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซาน

ความเข้มข้นสารละลายไคโตซานมีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เสาวคนธ์ นุสติ (2544) ศึกษาการเคลือบผิวสาลี่ด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถชะลอการสุกและการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของสาลี่ได้ดีกว่าการไม่เคลือบผิว ส่วนการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1.5 และ 2 สามารถชะลอการสุกและการเน่าเสียของสาลี่ได้

4. ชนิดของตัวทำละลาย

ชนิดของตัวทำละลายที่ใช้เตรียมสารละลายไคโตซานจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปไคโตซานจะสามารถละลายได้ดีในกรด แต่กรดที่สามารถใช้กับอาหารได้ต้อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เป็นกรดอินทรีย์ โดยปกติกรดอินทรีย์จะมีสมบัติในการยับยั้ง และการเจริญของจุลินทรีย์ด้วยตัวของกรดเอง (นภาพร เชี่ยวชาญ และธนารัตน์ ศรีธุระวานิช, 2547) โดยที่กรดอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ต่างกัน Beverly et al. (2007) ศึกษาการใช้ไคโตซานกับเนื้อย่างพร้อมบริโภค พบว่าการการใช้กรดอะซิติคเป็นตัวทำละลายในการเตรียมสารละลายไคโตซานสามารถลดจำนวน *Listeria monocytogenes* ได้ดีกว่าการใช้กรดแลคติคเป็นตัวทำละลาย

5. สารชนิดอื่นที่นำมาผสม

มีการนำสารเคลือบผิวชนิดอื่นมาใช้ร่วมกับไคโตซานในการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น การเคลือบไคโตซานร่วมกับเจลาตินผสม (Caballero et al., 2005) การเติม glycerol (Jeon et al., 2002)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University