

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

กุ้งเป็นสินค้าสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก อุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งของไทยได้พัฒนาอย่างรวดเร็วหลัง พ.ศ. 2508 ซึ่งเป็นปีที่เริ่มมีการส่งกุ้งสดเยือกแข็งไปจำหน่ายต่างประเทศ จนปัจจุบันกุ้งเป็นสินค้าเกษตรที่ทำรายได้สูงและนำเงินตราต่างประเทศเข้าประเทศมาก ในปี 2535 ประเทศไทยส่งออกกุ้งเป็นจำนวนกว่า 31,709 ล้านบาท รองจากข้าวที่เป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่นำเงินตราต่างประเทศเข้ามากที่สุด คือ 35,665 ล้านบาท โดยใช้พื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งเพียง 475,000 ไร่ หรือร้อยละ 0.15 ของพื้นที่ทั้งหมดในประเทศ ขณะที่การปลูกข้าวใช้พื้นที่มากถึง 60 ล้านไร่ หรือร้อยละ 18.58 ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบการเพาะเลี้ยงต่อพื้นที่แล้ว กุ้งเป็นสินค้าเกษตรที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมหาศาล

2.1 สภาวะกุ้ง

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็นที่ประกอบกิจการอาหารทะเลแช่เย็นและแช่แข็งอยู่ประมาณ 80 ราย อยู่ในกรุงเทพ 24 ราย ที่เหลือกระจายอยู่ตามจังหวัดชายฝั่งทะเลเป็นส่วนใหญ่ มีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 555,000 ตัน โดยที่ความต้องการสัตว์น้ำทะเลแช่แข็งในประเทศมีประมาณ 40,000 ตัน และเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 15 ต่อปี ในช่วง 2519-2528 เฉพาะกุ้งแช่แข็งจะมีปริมาณประมาณครึ่งหนึ่งของการผลิตอาหารแช่แข็งทุกประเภท

การค้ากุ้งระหว่างประเทศขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 ปัจจุบันมูลค่ากุ้งคิดเป็นเกือบร้อยละ 20 ของมูลค่าสัตว์น้ำที่ซื้อขายกันในตลาดโลก สูงกว่าสัตว์น้ำชนิดใด ๆ เป็นกุ้งจากเขตร้อนประมาณร้อยละ 70 ของทั้งหมด โดยมีอินเดีย อินโดนีเซีย ไทย และเม็กซิโก เป็นผู้ผลิตและส่งออกรายสำคัญ

ธุรกิจเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำของไทยยังคงเป็นธุรกิจที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการขยายตัวของธุรกิจนี้เป็นไปอย่างต่อเนื่องในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ในขณะที่เดียวกันการเลี้ยงก็ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มรูปแบบมากขึ้น เพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดต่างประเทศซึ่งมีตัวเลขการส่งออกเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ประเทศไทยได้ก้าวขึ้นมาเป็นประเทศผู้ผลิตกุ้งรายใหญ่ของโลกตั้งแต่ ปี 2534 จากการจัดอันดับของ The Asian Shrimp Culture Council ประเทศไทยมีการผลิตกุ้งจำนวนมากที่สุดในเอเชียเป็น 153,000 ตัน แทนที่ประเทศจีนที่ผลิตได้จำนวน 145,000 ตัน

ในปี 2535 ประเทศไทยยังคงครองอันดับหนึ่งของการผลิตกุ้งอยู่เช่นเดิมโดยมีผลผลิต จำนวน 163,000 ตัน ทวนกระแสการผลิตกุ้งของโลกที่มีการชะลอตัวลง ขณะที่ประเทศรองลงมา คือ จีนผลิตได้ 140,000 ตัน และอันดับ 3 คือ อินโดนีเซียผลิตได้ 130,000 ตัน โดยตลาดส่งออกสำคัญของไทย คือ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และ สิงคโปร์ ประมาณการว่าการผลิตของแต่ละประเทศผู้ผลิตรายใหญ่จะเพิ่มขึ้นทุกปีแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ เพราะความหนาวเย็น ความแห้งแล้ง น้ำท่วม พายุ และสิ่งแวดล้อมล้วนมีผลต่อการผลิตทั้งสิ้น โครงสร้างตลาดกุ้งแช่เยือกแข็งของไทย ประกอบด้วย

● ตลาดเอเชีย	38 %
● ตลาดสหรัฐอเมริกา	26 %
● ตลาดญี่ปุ่น	20 %
● ตลาดยุโรป	8 %
● ตลาดอื่น ๆ	8 %
รวม	100 %

ตารางที่ 2.2-1 กุ้งสดและกุ้งแช่แข็งส่งออกของประเทศไทย (เครื่องเจริญโภคภัณฑ์, 2537-2540)

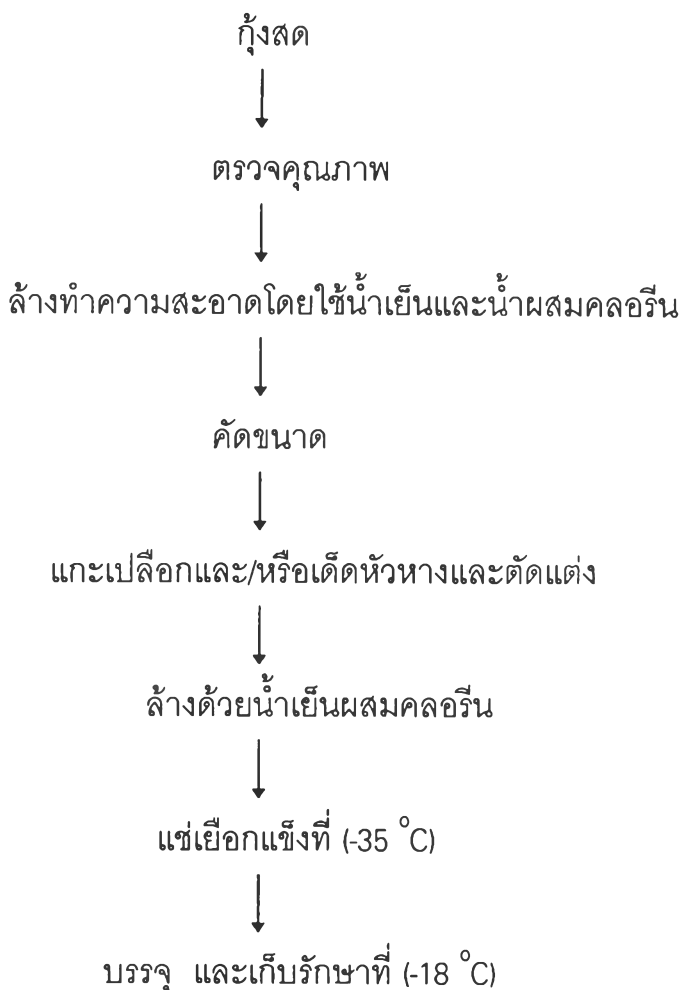
ปี	เมตริกตัน	มูลค่า (ล้านบาท)
2537	187,070	48,190
2538	174,974	50,278
2539	161,486	43,404
2540	184,000*	-

หมายเหตุ * ค่าประมาณการ

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

2.2 อุตสาหกรรมสินค้ากุ้งแช่เยือกแข็ง

อุตสาหกรรมกุ้งแช่เยือกแข็งทำการผลิตภายในประเทศเป็นเวลานานกว่า 10 ปี เนื่องจากวัตถุดิบกุ้งมีมากและสม่ำเสมอ มีทั้งกุ้งเลี้ยงและกุ้งธรรมชาติ ซึ่งแนวโน้มการผลิตมีเพิ่มขึ้นในลักษณะกุ้งสดแช่เยือกแข็ง และมีขั้นตอนการผลิต แสดงในรูปที่ 2.1-1



รูปที่ 2.2-1 การผลิตกุ้งสดแช่เยือกแข็ง

2.3 อุตสาหกรรมผลิตกุ้งต้ม กุ้งชุบแป้งหรือขนมปังแช่เยือกแข็ง

สินค้าสำเร็จรูปพร้อมบริโภค เช่น กุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็ง กุ้งชุบแป้งหรือขนมปัง ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าการส่งออกกุ้งสดแช่แข็งจากเดิมที่เคยส่งในลักษณะที่ผู้นำเข้าจะนำไปเข้ากระบวนการใหม่ (reprocess) ผลิตภัณฑ์ใหม่ข้างต้นจะผ่านขั้นตอนการต้มกุ้งก่อนแล้วจึงแกะเปลือกแล้วแช่แข็ง หรือแกะเปลือก

ก่อนแล้วจึงต้มและแช่เยือกแข็ง และส่งไปขายในลักษณะที่บรรจุพร้อมนำไปทำสุกเพื่อการบริโภค โดยวางขายในระดับขายปลีกให้แก่ผู้บริโภค เช่น ขายในซูเปอร์มาร์เกต กุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็ง มีทั้งกุ้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (เครื่องเจริญโภคภัณฑ์ , 2540)

ตารางที่ 2.3-1 รายชื่อผู้ผลิตกุ้งต้มสุกแช่เยือกแข็งและกำลังการผลิตสูงสุด

หน่วย : ตัน/วัน

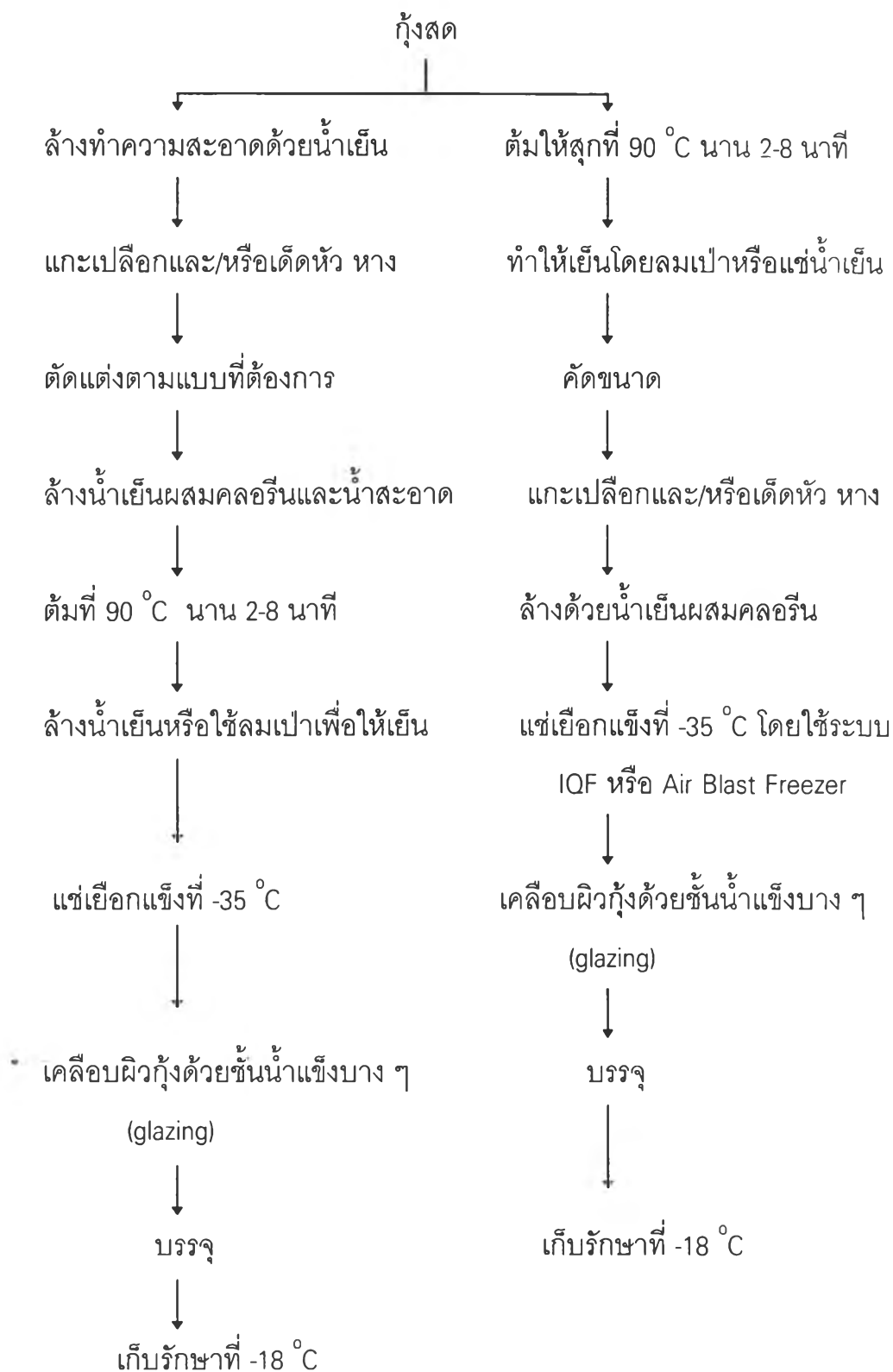
บริษัท	กำลังการผลิตสูงสุด
1. บริษัท ซาฟโคล (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสงขลา	5
2. บริษัท ซาฟโคล (ประเทศไทย) จำกัด สาขามหาชัย	15
3. บริษัท ปากพนัง โคลด์สตอเรจ จำกัด	5
4. บริษัท ซีฮอर्स (ไทยแลนด์) จำกัด	3
5. บริษัท ซีฮอर्स (สุราษฎร์) จำกัด	7
6. บริษัท ประมงไทยพาณิชย์สัมพันธ์ จำกัด	5
7. บริษัท สุรพล ซีฟู้ดส์ จำกัด	25
8. บริษัท ทรอปีคอล ซีฟู้ดส์ โปรดักส์ จำกัด	18
รวม	83

ที่มา : กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

เป็นกำลังการผลิตที่โรงงานแต่ละแห่งผลิตได้เต็มที่ในแต่ละวัน

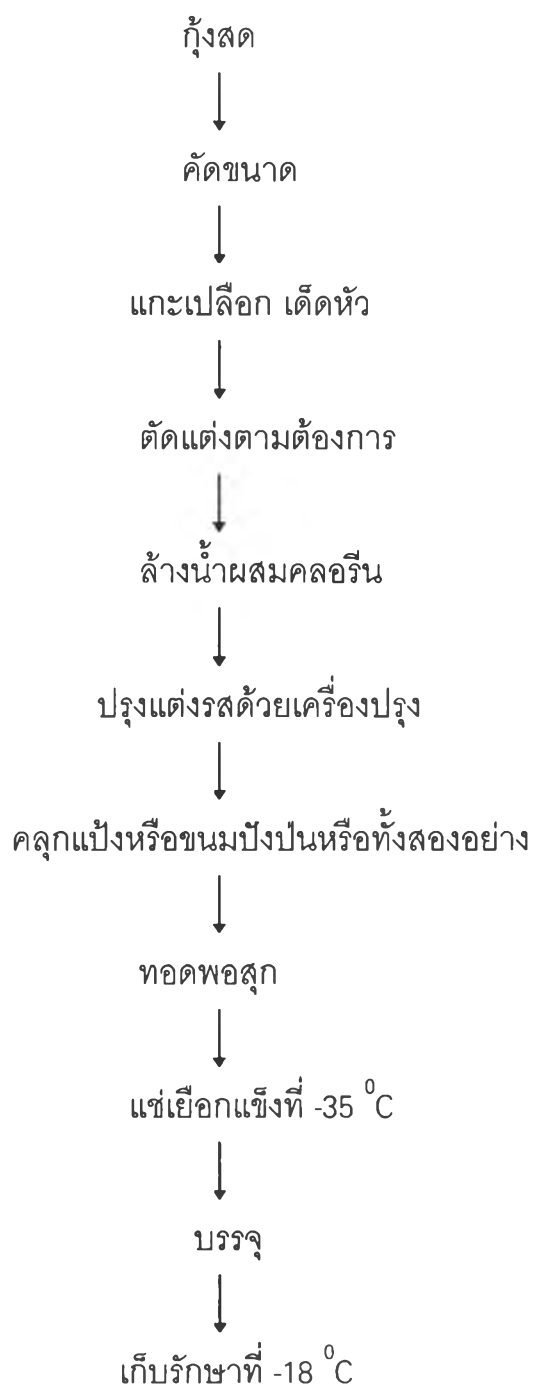
ขั้นตอนการผลิตกุ้งแช่เยือกแข็ง อาจทำได้ 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3-1

(เครื่องเจริญโภคภัณฑ์ , 2535)



รูปที่ 2.3-1 การผลิตกุ้งต้มแช่เยือกแข็ง

กุ้งชุบแป้งหรือขนมปังป่น การผลิตในระบบที่ทันสมัยจะใช้เครื่องจักรในการชุบแป้งหรือขนมปังป่น แต่ก็อาจใช้แรงงานคนได้ในกรณีที่มีปริมาณการผลิตไม่มากนัก ขั้นตอนการผลิตแสดงดังในรูปที่ 2.3-2 (เครื่องเจริญโภคภัณฑ์ , 2535)



รูปที่ 2.3-2 การผลิตกุ้งชุบแป้งและ/หรือขนมปังป่น

2.4 การแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งมีใช้กัน 3 ระบบ คือ

ก. Air Blast Freezer ระบบการทำเยือกแข็งจะประกอบด้วยห้องเย็นขนาดใหญ่ มีลมเย็นจัด (-35 ถึง -40 °C) เป่ามายังผลิตภัณฑ์ เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ และทำให้เกิดการเยือกแข็ง เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งขึ้นกับขนาดของผลิตภัณฑ์

ข. Contact Plate Freezer คือ ระบบความเย็นแบบแผ่นสัมผัส ซึ่งขนาดของห้องแช่เยือกแข็งจะเล็กกว่าแบบ ก. มาก อาหารควรทำให้มีรูปทรงเรขาคณิตที่เหมาะสมในการวางอยู่ระหว่างชั้นของแผ่นความเย็นและจัดให้แผ่นความเย็นสัมผัสทั่วทั้งด้านล่างของชิ้นอาหาร อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ -35 ถึง -40 °C แต่ใช้เวลาน้อยกว่าแบบ ก. ปัจจุบันมีการใช้กันในโรงงานอย่างกว้างขวาง

ค. Individual Quick Freezing (IQF) นิยมใช้กับอาหารที่มีลักษณะเป็นชิ้นเดี่ยว ๆ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ -35 ถึง -50 °C นาน 15-30 นาที เป็นวิธีที่มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าแบบ ก และ ข มีโรงงานที่ใช้ระบบนี้เพียงไม่กี่รายเท่านั้นในประเทศไทย แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากความต้องการของผลิตภัณฑ์ในลักษณะ IQF มีเพิ่มขึ้น

2.5 ลู่ทางการปรับปรุงการใช้ประโยชน์

ก. หานนทางผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมนี้ เช่น เปลือกและหัวกุ้งใช้ทำอาหารเลี้ยงกุ้ง น้ำต้มกุ้งนำไปเคี้ยวให้เข้มข้นจะได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า มันกุ้ง ซึ่งนิยมบริโภคทางภาคใต้ของไทย

ข. ศึกษาสู่ทางในการประหยัดพลังงานและน้ำใช้ โดยไม่เกิดผลเสียแก่คุณภาพของผลิตภัณฑ์

ค. จัดระบบการบริหารและการควบคุมคุณภาพให้เหมาะสมกับสภาพการผลิต และฝึกอบรมบุคลากรและคนงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการสูญเสียในขั้นตอนการปฏิบัติงาน

2.6 ส่วนสูญเสียกุ้ง (Shrimp Waste)

ส่วนสูญเสียของกุ้ง (shrimp waste) ประกอบด้วยส่วนหลัก คือ ส่วนหัว หาง เปลือก รวมทั้งส่วนตัวกุ้งที่เกิดจากการผ่าที่ไม่สมบูรณ์ และกุ้งที่สีไม่ดี (discoloured) ทั้งนี้ขึ้นกับสปีชีส์ (species) ของกุ้ง และกระบวนการผลิต ส่วนสูญเสียกุ้งอาจมีมากถึง 60 % ของน้ำหนักทั้งหมด เช่น กุ้งก้ามกราม (Giant Freshwater Prawn) กุ้งกะต๋อม และกุ้งหัวแข็ง (Macrobrachium rosenbergii) จะมีส่วนหัวถึง 60% ของน้ำหนักตัวกุ้ง กุ้งกุลาดำ (Black tiger prawns *Peraeus monodon*) จะมีส่วนหัวประมาณ 40% ของน้ำหนักทั้งหมด และสำหรับกุ้งที่ผ่าแบบเต็มตัว และชักไส้ออก (peeled deveined) จะมีส่วนที่สูญเสียเนื่องจากส่วนหาง และเปลือกอีกประมาณ 25% จำนวนส่วนสูญเสียที่มากนี้จะถูกลดลงโดยการผ่าที่มีประสิทธิภาพด้วยการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีทันสมัย ผลภาวะจากส่วนสูญเสียกุ้งนี้ เริ่มเป็นปัญหาที่รุนแรงขึ้น ทั้งในด้านการขนส่ง การจัดการ

2.7 การนำส่วนสูญเสียกุ้งไปใช้ประโยชน์

ในส่วนสูญเสียกุ้งนี้ ยังมีส่วนที่มีประโยชน์อยู่ เช่น เศษเนื้อกุ้ง (shrimp meal), โปรตีน (protein) และ ไคติน (chitin) ส่วนกุ้งที่เกิดจากการผ่าที่ไม่สมบูรณ์ จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตเนื้อกุ้ง (shrimp meal) ทำซูปก้อนและลูกชิ้นกุ้ง ส่วนหัวกุ้งจะนำมาผ่านเครื่องแยกกระดูก (debone) ทำเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส ลักษณะเป็นแป้งเปียก (shrimp paste) และผง (powder) สำหรับไคตินได้จากการสกัดจากส่วนโครงสร้างภายนอก เช่น เปลือก ไคตินและไคโตแซนสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (waste water treatment) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และใช้ในทางเภสัช ส่วนสูญเสียหรือเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกุ้งจะต้องนำมาเก็บในสภาพที่เหมาะสมและรวดเร็ว หลังจากที่ได้เศษเหลือนี้มา เนื่องจากเศษเหลือนี้จะมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนอยู่ (proteolytic enzyme) ซึ่งจะทำให้เกิดกระบวนการย่อยโปรตีน และเกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสื่อมของคุณค่าทางอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ (microbiological degradative processes) ซึ่งจะทำให้โปรตีนสูญเสียไป อาจมากถึง

10% เพื่อที่จะลดการสูญเสียนี้ จะต้องรวบรวมส่วนสูญเสียหรือเศษเหลือนี้ และเก็บไว้ในห้องเย็นซึ่งควบคุมอุณหภูมิที่ 4 °C อย่างทั่วถึง เศษเหลือกึ่งที่ต่างกัน เช่น ส่วนหัวเปลือก ควรที่จะแยกออกจากกัน เพราะแต่ละส่วนจะมีส่วนประกอบ และการนำไปใช้ประโยชน์ต่างกัน

ตารางที่ 2.7-1 องค์ประกอบของส่วนหัวและเปลือกกุ้ง (วิลเลียม เครนีย์ปรากการ, 2533)

ส่วนสูญเสีย	องค์ประกอบ (%)					
	โปรตีน	ไขมัน	โคติน	เถ้า	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
หัว	53.5	8.9	11.1	22.6	7.2	1.68
เปลือก	22.8	0.4	27.2	31.7	11.1	3.16

2.8 การย่อยโปรตีน

ก. การย่อยกรดโปรตีนด้วยกรด เป็นการย่อยโปรตีนเพียงบางส่วน (partial acid hydrolysis) เท่านั้น ของเหลวที่ได้หลังการย่อย ต้องผ่านการปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.0-6.2 โดยกรดเกลือจะถูกขจัดออกไปในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำ

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรด

- ชนิดและความเข้มข้นของกรด การเพิ่มความเข้มข้นจะเพิ่มอัตราเร็วของการย่อยสลายโปรตีน
- อุณหภูมิ ความดัน และเวลา การเพิ่มอุณหภูมิ ความดัน จะลดเวลาและเพิ่มอัตราเร็ว ของการย่อยโปรตีน (อาภัสรา สุขเจริญศักดิ์กุล, 2535)
- องค์ประกอบของวัตถุดิบ วัตถุดิบที่มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงจะชะลอการเกิดปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนด้วยกรด

ข. การใช้เอนไซม์ในการย่อยโปรตีน เอนไซม์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะต้องเป็น Food Grade และถ้าเป็นเอนไซม์ที่ได้มาจากจุลินทรีย์ก็จะต้องเป็นจุลินทรีย์ที่

ไม่ทำให้เกิดโรค (non-pathogenic) เช่น เอนไซม์นิวเทรส (Enzyme Neutrase 1.5 MG) ซึ่งเป็น proteolytic enzyme ชนิดหนึ่ง สกัดจากเชื้อ Bacillus subtilis ที่เลี้ยงโดยการหมักใต้ผิวของเหลว (submerged fermentation) เอนไซม์นี้สามารถย่อยสลายโปรตีนให้เหลือเป็นสายยาวของเปปไทด์ และกรดอะมิโนในที่สุด สภาวะในการทำงานของเอนไซม์นิวเทรส คือ ที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส pH 5.5-7.5 จากนั้นยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการเซนตริฟิวจ์ กรองและให้ความร้อน ส่วนการเก็บรักษาเอนไซม์นี้จะเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์

กระบวนการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ แสดงได้ดังนี้ (Jens Adler-Nissen, 1986)

ขั้นที่ 1 ย่อยสลายโปรตีนให้เป็นสายยาวของเปปไทด์



ขั้นที่ 2 แลกเปลี่ยนโปรตอน



จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนได้โดยการไตเตรตกรดอะมิโนด้วยด่าง



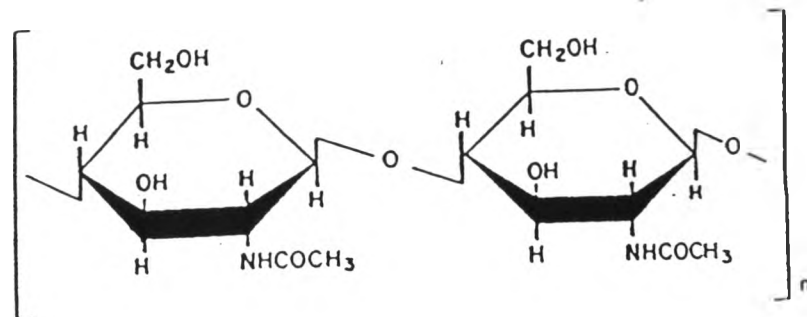
ค. การใช้น้ำเกลือในการย่อยโปรตีน การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการใช้น้ำเกลือสกัดโปรตีนเป็นดังนี้ ในช่วงแรกน้ำเกลือซึ่งมีแรงดันออสโมติกสูงกว่าน้ำจะทำให้น้ำและโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (water soluble protein) ละลายออกมาจากหัวกุ้ง น้ำเกลือจะแพร่เข้าไปสร้างพันธะกับโปรตีนแทนที่น้ำเกิดเป็นสารประกอบ เกลือ-โปรตีน (salt-protein complex) ซึ่งทำให้โปรตีนละลายออกมาได้มากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ

เกลือทำให้มี ionic strength สูงขึ้น จะเห็นได้ว่าการละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเกลือ (NaCl) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า Salting-In

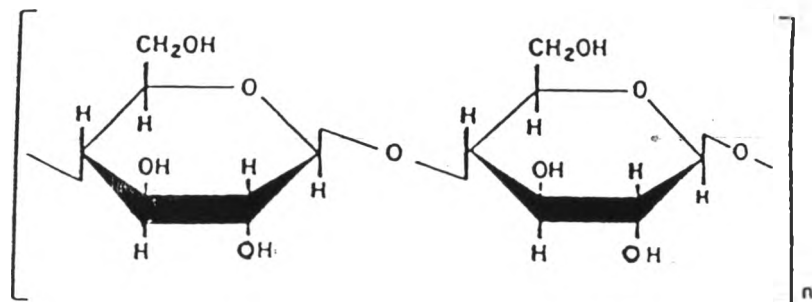
2.9 ลักษณะทั่วไปของไคตินและไคโตแซน

2.9.1 ไคติน

ไคติน เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) มีสูตรโครงสร้างโดยทั่วไป คล้ายคลึงกับเซลลูโลส (cellulose) ดังแสดงในรูปที่ 2.9.1-1 (Stelmock, Husby and Brundage, 1985)



ไคติน



เซลลูโลส

รูปที่ 2.9.1-1 สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของไคตินเปรียบเทียบกับ
สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

จากรูปที่ 2.9.1-1 ความแตกต่างของโพลีเมอร์ทั้งสอง คือ ในเซลลูโลส ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองจะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในขณะที่ไคติน คาร์บอนตำแหน่งที่สองจะเป็นหมู่ acetamido (-NH-CO-CH₃) ไคตินจึงเป็นโพลีเมอร์ของ N-acetylglucosamines นับพันหน่วย อย่างไรก็ตาม ไคตินในธรรมชาติจะมีบางหน่วยที่ไม่มีหมู่ acetyl (-CO-CH₃) Muzzarelli รายงานว่าโดยเฉลี่ยมีหน่วยที่ไม่มีหมู่ acetyl ประมาณร้อยละ 10 ในสายโพลีเมอร์ (Muzzarelli, 1975, 1985)

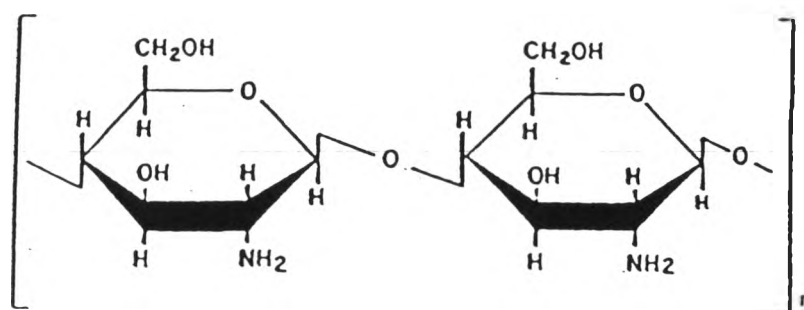
ไคติน มีชื่อทางเคมีว่า poly-β (1,4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucose และมีสูตรทั่วไปเป็น (C₈H₁₃NO₅)_n ประกอบด้วย คาร์บอนร้อยละ 47.29 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.45 ไนโตรเจนร้อยละ 6.89 และออกซิเจนร้อยละ 39.37 โดยน้ำหนัก

ไคติน เป็นของแข็งไม่ละลายในน้ำ กรดเจือจาง ด่างทั้งเจือจางและเข้มข้น อัลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ แต่สามารถละลายได้ในกรดแก่ เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 78-79 กรดฟอร์มิกที่ปราศจากน้ำ และสารละลายฟลูออโรอัลกอฮอล์ อย่างไรก็ตาม Knorr และ Austin (1984) รายงานว่า ตัวทำละลายเหล่านี้มีผลทำให้โมเลกุลของไคตินเกิดปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ (degradation) ได้ รวมทั้งการนำตัวทำละลายเหล่านี้ ไปใช้งานก็ค่อนข้างยุ่งยาก ต่อมา Knorr และ Austin (1984) ได้ค้นพบระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับไคติน คือ N,N-dimethylacetamide และ N-methylpyrrolidone หรือของผสมของตัวทำละลายทั้งสองที่กล่าวมา ร่วมกับ lithium chloride (LiCl) ในปริมาณเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้สามารถนำไคตินไป extrude ในอัลกอฮอล์หรืออะซิโตนได้เป็นเส้นใยที่ต่อเนื่องได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ระบบตัวทำละลายดังกล่าวสามารถรับสภาพของไคตินที่สูญเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ไปแล้วให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ โดยมีการทดลองวัดค่า specific rotation ของไคติน ก่อนและหลังละลายใน N,N-dimethylacetamide และ LiCl แล้วพบว่าสามารถเปลี่ยนค่า specific rotation ของไคตินให้กลับสู่ค่าเดิมได้ ไคตินเป็นสารอินทรีย์เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างแล้ว จะพบว่าไคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุ (non-

electrolytic polymer) ซึ่งทำให้ไคตินไม่ละลายในสารละลายทั่ว ๆ ไปโดยง่าย การใช้ประโยชน์จากไคตินจึงไม่แพร่หลายนัก (เขาวภา ไหวพริบ, 2534)

2.9.2 ไคโตแซน

อย่างไรก็ตามวิธีการทางเคมีจะสามารถดัดแปลงไคติน เพื่อเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น โดยการผลิตไคโตแซน ซึ่งสามารถทำได้โดยการแยกเอากลุ่ม acetyl ออก (deacetylation) จากไคติน บางครั้งจึงเรียกไคโตแซนว่า “deacetylated chitin” เนื่องจากหมู่ acetyl ($-\text{CO}-\text{CH}_3$) ของไคตินถูกตัดออกเหลือเป็นหมู่ amino ($-\text{NH}_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 โดยทั่วไปถ้าหมู่ acetyl ถูกตัดหรือหลุดไปประมาณร้อยละ 60 ไคตินจะถูกเรียกว่าไคโตแซน อนึ่งถ้า หมู่ acetyl ถูกตัดหรือหลุดไปประมาณร้อยละ 90-100 จะเรียกว่า fully deacetylated chitosan สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของไคโตแซน แสดงได้ดังรูปที่ 2.9.2-1 (Stelmock, Husby and Brundage, 1985)



รูปที่ 2.9.2-1 สูตรโครงสร้างโดยทั่วไปของไคโตแซน

ไคโตแซน มีชื่อทางเคมีว่า poly- β (1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose และมีสมบัติแตกต่างจากโพลีแซคคาไรด์ หรือสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงอื่น ๆ กล่าวคือ ไคโตแซนมีสมบัติเป็น cationic polyelectrolyte เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของไคโตแซนแล้วจะเห็นว่า ไคโตแซนสามารถมีประจุบวกบนหมู่ NH_2 ได้ เป็นเหตุให้ไคโตแซนละลายได้ในสารละลายหลายชนิดที่มี pH ในช่วงที่เป็นกรด จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญ ซึ่งทำให้การใช้ประโยชน์จากไคโตแซนมีสูงกว่าไคติน ไคโตแซนเมื่อละลายในกรดอินทรีย์อ่อนเกิดเป็นสายของ polyamine ที่อยู่ในรูปของ protonated form ซึ่งมีความเข้มข้นของประจุบวกสูงและมีสมบัติที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้นในรูป neutralized form จะสามารถเกิดสารเชิงซ้อนได้เป็นอย่างดีกับโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง โครเมียม แคดเมียม แมงกานีส โคบอลต์ ตะกั่ว เหล็ก สังกะสี พอลเลเดียม และเงิน เนื่องจากไคโตแซนไม่สามารถละลายได้ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 6.5 แต่ถ้านำไคโตแซนมาบดแห้ง (dry blending) กับกรดอินทรีย์ จะได้ไคโตแซนที่สามารถละลายน้ำได้ (water-soluble chitosan) (Englewood, Fort Lee)

2.10 แหล่งของไคติน

ไคติน เป็นโพลิเมอร์ที่มีมากในธรรมชาติ เป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ ในสัตว์จะพบไคตินมากตามบริเวณโครงร่างแข็งภายนอก (exoskeleton) ของสัตว์ใน Phylum Arthropoda ซึ่ง Muzzarelli (1977) รายงานว่า ปริมาณไคตินถึงร้อยละ 85 จะพบได้ในสัตว์ Phylum Arthropoda โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน Class Crustacean ได้แก่ กุ้ง ปู กุ้ง ตลอดจนใน Class Insecta ได้แก่ แมลงสาบ ตัวด้วง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบไคตินได้ตามผนังเซลล์ของเห็ดรา และ ยีสต์ อีกด้วย โดยปริมาณไคตินที่พบจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไป แสดงได้ดังตารางที่ 2.10-1

ตารางที่ 2.10-1 ปริมาณไคตินที่พบในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ (Knorr, 1984)

Type	Chitin Content (%)	Type	Chitin Content (%)
<u>Crustacea</u>		<u>Insect (continued)</u>	
Cancer (crab)	72.1c	Tenebrio (beetle)	2.1a
Carcinus (crab)	0.4-3.3a		4.9b
	8.29b		31.3c
	64.2c	May beetle	16b
Paralithodes (king crab)	35b	Diptera (true fly)	54.8b
Callinectes (blue crab)	14a	Pieris (sulfur butterfly)	64c
Pleuroncodes (red crab)	1.3-1.8b	Grasshopper	2-4a
Crangon (shrimp)	5.8b		20c
	69.1c	Bombyx (silk worm)	44.2c
Alaskan shrimp	28d	Calleria (wax worm)	33.7c
Nephrops (lobster)	69.8c	Molluscan Organs	
	6.7b	Clamshell	6.1b
Homarus (lobster)	60.8-77.0c	Oyster shell	3.6a
Lepas (barnacles)	58.3c	Squid, skeletalpen	41.0c
		Oyster shell	3.6a
<u>Insects</u>		Squid, skeletalpen	41.0c
Periplaneta (cockroach)	2.0a	Krill, deproteinized shell	40.2c
Blatella (cockroach)	18.4c		
	10b	<u>Fungi</u>	
	35c	<u>Aspergillus niger</u>	42.0e
Colcoptera (beetle)	5-15b	<u>Penicillium notatum</u>	18.5e
	27-35c	<u>Penicillium chrysogenum</u>	20.1e
		<u>Saccharomyces cerevisiae</u>	2.9e
		<u>Mucor rouxii</u>	44.5e
		<u>Lactarius vullereus</u>	19.0e

a = Wet body weight

c = Organic weight of cuticle

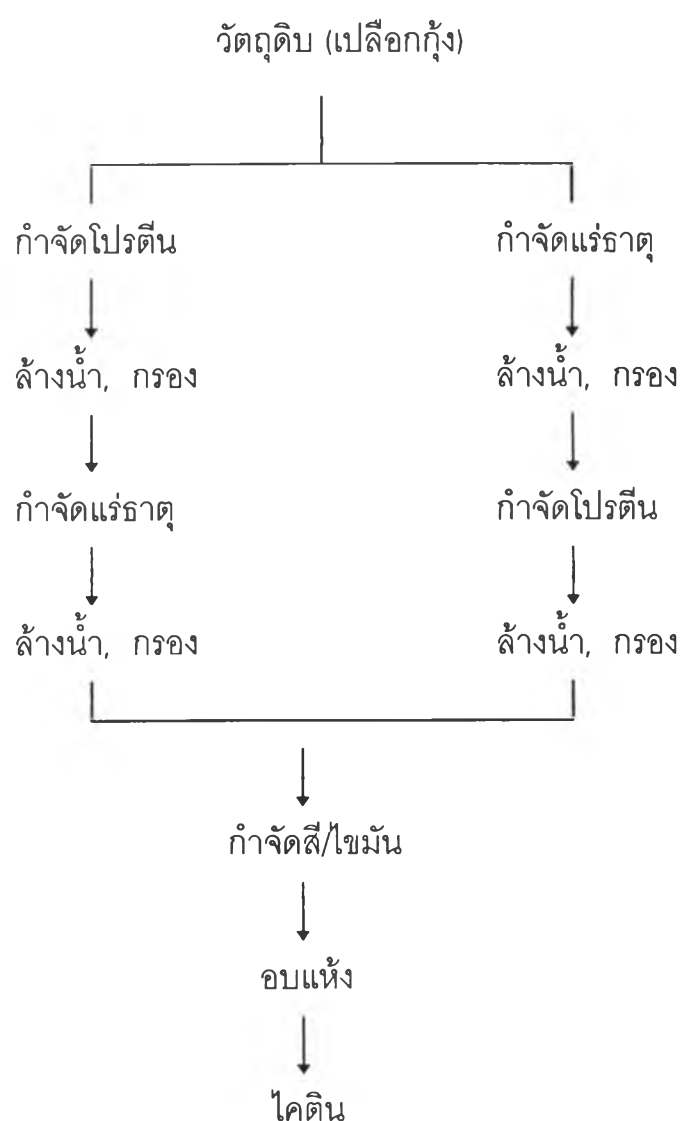
e = Dry weight of the cell wall

b = Dry body weight

d = Total dry weight of cuticle

2.11 กระบวนการแยกไคติน (เยาวภา ไหวพริบ, 2534 ; สุทนต์วัฒน์ เบญจกุล และ ไดรรัตน์ โสภณดร, 2533)

กระบวนการแยกไคติน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนกำจัดแร่ธาตุ (demineralization) และ ขั้นตอนการกำจัดโปรตีน (deproteinization) ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการแยกไคติน แสดงได้ดังรูปที่ 2.11-1



รูปที่ 2.11-1 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการแยกไคติน

จากรูปที่ 2.11-1 โดยทั่วไปกระบวนการแยกโคตินแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การกำจัดโปรตีนก่อนการกำจัดแร่ธาตุ และการกำจัดแร่ธาตุก่อนการกำจัดโปรตีน (Blumberg, Southall and Volckman, 1951 ; Peniston, 1978 ; Cosio, Fisher and Carroad, 1982 ; Bade, 1985)

ก. การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อแยกโคติน เริ่มจากการนำวัตถุดิบ ได้แก่ เปลือกกุ้งมาล้างด้วยน้ำให้สะอาดหลาย ๆ ครั้ง ในกรณีที่ต้องเก็บสะสมวัตถุดิบไว้ระยะหนึ่งก่อน อาจนำเปลือกกุ้งที่ล้างน้ำจนสะอาดแล้ว ไปตากหรืออบให้แห้ง เพื่อจะได้เก็บสะสมที่อุณหภูมิห้องได้ และสะดวกต่อการขนส่ง หลังจากนั้นอาจมีการลดขนาด เช่น บดละเอียด

ข. การกำจัดแร่ธาตุ

แร่ธาตุที่อยู่ในเปลือกกุ้ง ส่วนใหญ่เป็นพวกแคลเซียม ฟอสฟอรัส มีอยู่ประมาณร้อยละ 14-15 ของเปลือกกุ้ง การกำจัดแร่ธาตุทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การใช้สารละลายกรด ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจางเป็นตัวละลายแร่ธาตุ ตลอดจนการใช้ ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ในการกำจัดแร่ธาตุ เพื่อให้ภาวะในการกำจัดอ่อนลง และการเลือกใช้เอนไซม์ที่เหมาะสมในการกำจัด (Bade and Maria, 1985)

ค. การกำจัดโปรตีน

โปรตีนในเปลือกกุ้งมีอยู่ประมาณร้อยละ 20-25 Bade และ Maria (1985) รายงานว่า ขั้นตอนการกำจัดโปรตีน มี 2 วิธี ได้แก่ การใช้สารละลายด่าง (ส่วนใหญ่นิยมใช้สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือบางครั้งใช้สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์) นอกจากการใช้สารละลายด่างในการกำจัดโปรตีนแล้ว ยังมีการเลือกใช้เอนไซม์ในการกำจัดโปรตีนด้วย อย่างไรก็ตาม Bough และคณะ (1978) พบว่า

การใช้เอนไซม์ในการกำจัดโปรตีน จะทำให้ความหนืดของสารละลายโคโคเทรนลดลง (Dunn, Lomita and Farr.,1974)

ง. การกำจัดสีและไขมัน

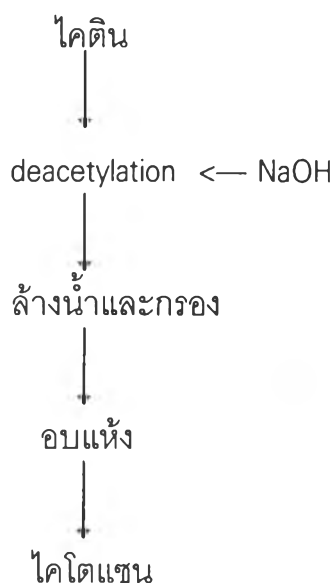
ขั้นตอนการกำจัดสีและไขมัน โดยมากนิยมใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ เช่น อัลกอฮอล์ อะซีโตน และ อีเทอร์ หรือ สารละลายเปอร์มังกาเนต (permanganate solution) แต่ Bade และ Maria (1985) รายงานว่า การใช้ oxidizing agent ที่รุนแรง เช่น สารละลายเปอร์มังกาเนต จะมีผลต่อการทำลายสภาพธรรมชาติของโคโคตินได้ ซึ่ง Dunn และคณะ (1974) ได้ใช้ Quackenbush solution ซึ่งประกอบด้วยเฮกเซน อะซีโตน อัลกอฮอล์ และโทลูอีน ในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการฟอกสี เพื่อป้องกันการเสียสภาพธรรมชาติของโคโคตินโดยทั่วไป ซึ่งขั้นตอนการกำจัดสีและไขมัน อาจทำ ในระหว่างขั้นตอนการกำจัดแร่ธาตุและโปรตีน หรือภายหลังจากกำจัดแร่ธาตุ และ โปรตีนแล้ว อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการกำจัดสีและไขมันนี้ไม่จำเป็นต้องทำก็ได้

จ. การกำจัดน้ำและการทำให้แห้ง

ขั้นตอนการกำจัดน้ำและการทำให้แห้ง อาจทำโดยใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ เช่น อัลกอฮอล์ และอะซีโตน ซึ่งเป็นผลพลอยได้ จากขั้นตอนการกำจัดสีและไขมัน แล้ว อบให้แห้งภายใต้ภาวะบรรยากาศ หรืออบให้แห้งภายใต้ภาวะสุญญากาศ

2.12 กระบวนการผลิตโคโตแซน

กระบวนการผลิตโคโตแซน มีขั้นตอนหลักอยู่เพียงขั้นตอนเดียว คือ ขั้นตอนการกำจัดหมู่ acetyl (deacetylation) ในโคตินด้วยสารละลายด่างร้อน ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการผลิตโคโตแซน แสดงดังรูปที่ 2.12-1



รูปที่ 2.12-1 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการผลิตโคโตแซน

2.12.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพโคโตแซน (Bough, Salter and Perkins, 1978 ;

ภาณี วัฒนโฬาร, 2535)

ก. ชนิดของสารละลาย

โดยทั่วไปสารละลายต่างที่นิยมใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl ในโคติน คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ สารละลายโปแตสเซียม ในการ

กำจัดหมู่ acetyl ซึ่งมีผลทำให้ได้สารละลายโคโคแซนที่มีความหนืดสูงกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ข. ความเข้มข้นของสารละลายต่าง

โดยทั่วไปนิยมใช้ต่างในการกำจัดหมู่ acetyl ในรูปของสารละลาย ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีการใช้ต่างในรูปอื่น เช่น การเตรียมโคโคแซน ด้วยวิธี Alkali Fusion โดยหลอมโคโคติน 30 กรัม กับโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัม ใน nickel crucible ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีการเตรียมโคโคแซน ในหลอดทดลอง โดยผสมโคโคติน 10-15 มิลลิกรัม กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 มิลลิกรัม และ benzenethiol 100 มิลลิกรัม ละลายในน้ำ 1 ml. แล้วให้ความร้อนในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ซึ่งการใช้สารละลายต่างที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้โคโคแซนที่ผลิตได้สูญเสียสภาพธรรมชาติได้ เนื่องจากภาวะที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl เป็นภาวะที่รุนแรง ทั้งอุณหภูมิที่สูงและเวลาที่ค่อนข้างนาน แต่การใช้สารละลายต่างที่มีความเข้มข้นต่ำเกินไป ก็มีผลต่อสมบัติการละลายของโคโคแซนในสารละลายกรดอ่อน โดยจะทำให้ละลายได้ยากขึ้นหรือไม่สามารถละลายได้เลย

ค. อุณหภูมิในการกำจัดหมู่ acetyl

อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl โดยมากจะทำที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 80-100 °C, 100 °C และที่สูงกว่า 100 °C เช่น 145-150 °C, 180 °C อัตราเร็วในการทำ deacetylation ที่อุณหภูมิ 110 °C จะมากกว่าที่อุณหภูมิ 60 °C เกือบ 2 เท่าตัว แต่ที่อุณหภูมิสูง คือ ที่ 110 °C จะทำให้ได้โคโคแซนที่มีมวลโมเลกุลลดลง การใช้อุณหภูมิในการกำจัดหมู่ acetyl ที่สูงเกินไปจะทำให้โคโคแซนที่ผลิตได้สูญเสียสภาพธรรมชาติได้ และทำให้โมเลกุลของโคโคแซนเกิดปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ (degradation) ได้ ทำให้โคโคแซนมีมวลโมเลกุลลดลง ถ้าใช้ความเข้มข้นของสาร

ละลายต่างสูงขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl ควรจะลดลง เพื่อไม่ให้ภาวะที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl รุนแรงเกินไป

ง. เวลาในการกำจัดหมู่ acetyl

ผลของเวลาที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl ในการผลิตโคโตแซน พบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl มากขึ้น โคโตแซนจะมีจำนวนหมู่ acetyl น้อยลง และขนาดของโมเลกุลลดลง แต่มีความหนาแน่นสูงขึ้น อนึ่งพบว่าการใช้เวลามากกว่า 2 ชั่วโมงไม่ได้มีผลต่อการเพิ่ม degree of deacetylation มากนัก การกำจัดหมู่ acetyl เป็นปัจจัยที่ใช้ในการแบ่งโคโตแซนเป็นเกรดหรือ คุณภาพต่าง ๆ อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl มีตั้งแต่ 5-15 นาที ถึง 2-15 ชั่วโมง ขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการกำจัดหมู่ acetyl อาทิเช่น ความเข้มข้นของสารละลายต่างและอุณหภูมิ เป็นต้น

จ. ปฏิริยาออกซิเดชัน

ปฏิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น เนื่องจากออกซิเจนในอากาศมีผลต่อขนาดของโมเลกุลของโคโตแซน โดยถ้ามีปฏิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น หรือมีก๊าซออกซิเจนปรากฏในขั้นตอนระหว่างการกำจัดหมู่ acetyl จะทำให้โคโตแซนเกิดปฏิริยา degradation ได้ ทำให้โคโตแซนที่ผลิตได้มีมวลโมเลกุลลดลง และรายงานว่ามีการศึกษาผลของปฏิริยาออกซิเดชันในขั้นตอนการกำจัดหมู่ acetyl โดยเติม oxidizing agent เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า ทำให้โคโตแซนที่ผลิตได้มีความหนืดลดลง ดังนั้นในขั้นตอนการกำจัดหมู่ acetyl จึงจำเป็นต้องกระทำภายใต้บรรยากาศของก๊าซเฉื่อย (inert gas) ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน พบว่า โคโตแซนที่ผลิตภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน มีขนาดของมวลโมเลกุลและความหนืดสูงกว่าโคโตแซนที่ผลิตภายใต้บรรยากาศธรรมดา นอกจากนี้ อาจมีการเติมสารดักจับออกซิเจน เช่น thiophenol ซึ่งนอกจากสามารถดักจับออกซิเจนแล้ว ยังมีผลเป็นตัวเร่งปฏิริยา (catalyst) อีกด้วย

จ. คุณภาพของไคติน

คุณภาพของไคติน มีผลต่อคุณภาพของไคโตแซนที่ผลิตได้ เนื่องจากไคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตแซน สมบัติของไคตินที่มีผลต่อการกำจัดหมู่ acetyl ที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดอนุภาคของไคติน (particle size) และความหนาแน่น โดยมีผลต่ออัตราการ penetrate ของต่างในขั้นตอนการกำจัดหมู่ acetyl เป็นอย่างยิ่ง โดยทั่วไปสมบัติและคุณภาพของไคตินจะขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 อย่าง คือ แหล่งของไคตินหรือวัตถุดิบที่นำมาแยกไคติน และกรรมวิธีที่ใช้ในการแยกไคติน

2.13 ประโยชน์ของไคติน ไคโตแซน (พัชรี รัตนวรานันท์ และ

รัชดา สาดตระกูลวัฒนา, 2538)

- ไคตินสามารถเร่งการเจริญเติบโตในไก่กระทง เมื่อผสมไคตินในอาหารไก่ปริมาณ 0.5 % จะทำให้มีอัตราการกินอาหารลดลง แต่กลับมีน้ำหนักหลังฆ่าเพิ่มขึ้น 12 % เมื่อเทียบกับการเลี้ยงไก่ด้วยอาหารธรรมดา ผลที่ได้ คือ ผู้เลี้ยงไก่ได้กำไรเพิ่มขึ้นถึง 70 % และเมื่อทดลองเติม ไคตินลงในอาหารสำหรับเลี้ยงไก่ พบว่า Bifidobacteria ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะอาหารของไก่ มีการเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว แบคทีเรียชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถผลิตเอนไซม์แลคเตส (lactase) ได้ จึงทำให้คาดหวังได้ว่า การทดลองในเรื่องนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อมนุษย์และสัตว์ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเอนไซม์แลคเตสได้ แต่เมื่อได้รับเอนไซม์ชนิดนี้ จากการสร้างของแบคทีเรียดังกล่าว จะช่วยให้ร่างกายเกิดการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไคตินที่อยู่ในรูป micro crystalline chitin สามารถทนต่อ อุณหภูมิสำหรับการฆ่าเชื้อโรคและการแช่แข็งสลับการหลอมละลาย (freeze thaw) หลายครั้ง (วิไล เศรษฐีปราการ, 2533)
- micro crystalline chitin ใช้ใส่ในขนมปังเพื่อเพิ่มปริมาตรขนมปัง เพราะ micro crystalline chitin สามารถจับกับน้ำได้ดี ไคตินมีโครงสร้างทางไบโอโพลิเมอร์คล้ายกับเซลลูโลส คือ มีลักษณะเป็นมิวโคโพลีแซคคาไรด์ (mucopolysaccharide) มีอัตราการย่อยสลายและการละลายต่ำ ไคตินมีความแข็งแรง คงตัว และไม่เป็

พิษ จึงนิยมใช้เติมในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เช่น ขนมนมปังจะช่วยทำให้ขนมนมปังฟู โดยไม่ยุบตัว ให้คุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้ยังไม่ให้เกิดกลิ่นหรือทำให้สีของขนมนมปังเปลี่ยนแปลงขณะที่มีการอบอีกด้วย

- โคตินใช้ในการผลิตโปรตีนเซลเดียว เมื่อผสมโคตินกับจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์โคติเนส (chitinase) ได้ จุลินทรีย์จะย่อยสลายโคตินเป็นโมเลกุลย่อย คือ N-acetyl glucosamine ซึ่ง เป็นสารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาก เมื่อนำไปเป็นส่วนของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงยีสต์สำหรับ ทำขนมนมปัง หรือยีสต์สำหรับผลิตอาหารสัตว์ จะได้เซลล์ยีสต์จำนวนมากมาย (วิลโล เครณีปรากฏ, 2533)
- โคตินนำไปใช้เป็นสารช่วยเพิ่มกลิ่น หรือประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์หรือเทียมเป็นต้น
- โคโตแซนเป็นยาลดคอเลสเตอรอลที่มีประสิทธิภาพสูง
- โคโตแซนใช้ในการสมานแผล มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถจะต่อต้านเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดไม่ให้เกิดการเจริญเติบโต ใช้ในการรักษาบาดแผล ทำเนื้อเยื่อไตเทียม
- โคโตแซนใช้เคลือบบนผ้าปิดตา
- โคโตแซนใช้ในการทำ porous grindable contact lens
- โคโตแซนใช้ในงานทันตกรรมเกี่ยวกับการผ่าตัด ศัลยกรรมตกแต่งผิวหนัง
- โคตินใช้เป็นตัวเพิ่มการละลาย การกระจายของยาเม็ด Bruscato and Danti ทดลองเติม โคติน 2-20 % w/w ในขั้นตอนการผลิตยาเม็ด จะทำให้ยาเม็ดที่ได้มีประสิทธิภาพเพิ่มการปลดปล่อยตัวยาได้มากขึ้น (พรรณเพ็ญ อาจเจนพาร์, 2537)
- โคโตแซนใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผิวหนังและเส้นผม เพื่อทำให้เกิดการเคลือบ
- โคโตแซนใช้เป็นตัวประสานความเหนียวและความเหนียว การเคลือบ การรักษาความชุ่มชื้น โดยเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ครีมทาผิวและป้องกันแสงแดดและแชมพู

- ไคโตแซนใช้เป็น matrix สำหรับการ immobilization เซลล์และเอนไซม์
- ไคโตแซนใช้เพื่อเป็นเยื่อกรองในการกรองแยกสารออกจากกัน โดยเฉพาะการกรองแยกโปรตีนขนาดต่าง ๆ กันที่ผสมกันอยู่ในสารละลาย (สุวลี จันทรกระจ่าง, 2535)
- ไคโตแซนใช้ในงานโครมาโตกราฟีสำหรับเอนไซม์และเซลล์
- ไคโตแซนใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยลดปริมาณ total solids และ ตกตะกอนโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่
- ไคโตแซนใช้ทำเป็นเยื่อหรือแผ่นกรองน้ำ (สุภาพร สถาปานิกันนท์, 2535)
- ไคโตแซนใช้เป็นสารกำจัดสารแขวนลอยและกรดอินทรีย์บางประเภท ตกตะกอนพวกโปรตีน ที่มีประจุต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้ และเครื่องดื่มที่ได้จาก กระบวนการบ่มหมัก เช่น ไวน์ เบียร์ และใช้กับ food processing stream เนื่องจากเป็นสารธรรมชาติที่ปลอดภัยและย่อยสลายในธรรมชาติได้ (สุวลี จันทรกระจ่าง, 2535)
- ไคโตแซนใช้กำจัดโลหะหนักและเชื้อแบคทีเรียในด้านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตโรงงานชุบโลหะ น้ำทิ้งเหล่านี้จะต้องทำการบำบัดก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำ แต่ก็ยังมีปัญหามลพิษจากตะกอนที่เกิดขึ้นตามมา ไคโตแซนซึ่งเป็นสารไบโอโพลิเมอร์ จึงเป็นมิติใหม่ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมชุบด้วยไฟฟ้า ไคโตแซนสามารถเกิดสารเชิงซ้อนได้เป็นอย่างดีกับโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง โคโรเนียม แคดเมียม แมงกานีส โคบอลต์ ตะกั่ว เหล็ก พอลเลเดียม เงิน ไซยาไนต์ นิกเกิล และสังกะสี เป็นต้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2540)
- ไคโตแซนใช้เป็นสารเคลือบบนเส้นใยและผ้าที่ไม่ใช่ผ้าขนสัตว์
- ไคโตแซนใช้เป็นตัวยึดหรือเชื่อมในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและเป็นสารเชื่อมดินเหนียว และเยื่อเซลลูโลส ทำให้ได้ภาชนะบรรจุที่มีคุณภาพดีขึ้น (สุวลี จันทรกระจ่าง, 2535)

- ไคโตแซนใช้เป็นสารกำจัดไส้เดือน ใช้เป็น seed treatment และเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ที่ $\leq 0.1\%$
- ไคโตแซนใช้เติมในอาหารเพื่อเป็นสารคงตัว (stabilizer) และสารเพิ่มความหนืดของอาหาร (ฉกามาศ วงศ์ข้าหลวง, 2529)
- ไคโตแซนมีคุณสมบัติในการเป็นฟิล์มที่ดีมาก ใช้ทำเป็นแผ่นฟิล์มเคลือบผิวพืช เพื่อป้องกันเชื้อรา หรือเคลือบผลไม้ เพื่อยืดอายุ การเก็บรักษา และแผ่นฟิล์มนี้ยังสามารถบริโภคได้อีกด้วย สามารถนำไคโตแซนมาเคลือบบนกระดาษได้ กระดาษเคลือบไคโตแซน ใช้ห่อเนื้อปลา และสัตว์อื่นที่เป็นอาหารได้ดี ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้น คาดว่า จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบรรจุผลิตภัณฑ์ เพราะแผ่นไคโตแซนทนความร้อนได้ดี ไม่เป็นพิษ ง่ายต่อการกำจัด และไม่มีสารตกค้างเหมือนพลาสติก ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ ซึ่งจะสามารถช่วยลดมลภาวะเป็นพิษได้ด้วย (พัชรี รัตนวรานันท์ และ รัชดา สาดตระกุลวัฒนา, 2538)
- ไคโตแซนใช้เป็นสารทดแทนกลูเต็น
- ไคโตแซนใช้เป็นสารตัวพาและปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร
- ไคโตแซนใช้ในการกำจัดแทนนิน และลดความเป็นกรดของผงกาแฟสกัดได้เป็นอย่างดี

2.14 ซีดจำกัดในการใช้โคตินและโคโตแซนทางด้านต่าง ๆ (Muzzarelli, 1977)

2.14.1 ด้านอาหารและยา (Food and Pharmaceutical Approvals) : ในปี 1990 โคโตแซนได้ผ่านการขึ้นทะเบียนเป็น Food Processing Aids โดยคณะกรรมการอาหาร (Codex Committee on Food Additives and Contaminants) ที่กรุงเฮก ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในปี 1993 โคโตแซนได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารในประเทศญี่ปุ่น โดยมีการระบุในรายการ Japanese Natural Additive และเมื่อไม่นานมานี้โคตินและโคโตแซนได้ถูกระบุอยู่ในรายการ “List of Food Additives other than Chemical Synthetics” โดยหน่วยงานของญี่ปุ่น คือ The Japanese Ministry of Health and Welfare, Public Health Bureau และ Food Chemistry Division”

การใช้โคตินและโคโตแซนเพื่อเป็นส่วนผสมในอาหารและผลิตภัณฑ์ยานั้นจะต้องผ่านการตรวจสอบความเป็นพิษ โดยศึกษา animal toxicology และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้กับคน ซึ่งต้องได้รับการรับรองและควบคุมความปลอดภัย (Regulatory approvals) โดยการศึกษา Standard laboratory animal toxicology ตามข้อกำหนดของ Federal and International Practice Guidelines

2.14.2 ด้านอาหารสัตว์ (Animal Feed Approval) : การตกตะกอนน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตอาหารโดยใช้สารโคโตแซน จะได้ตะกอนโปรตีนแยกออกมา เมื่อนำส่วนตะกอนนี้ไปอบแห้งจะสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ โดยอัตราการสะสมของโคโตแซนในอาหารจะต้องไม่เกิน 0.1 % ซึ่งเป็นข้อกำหนดขององค์การ AAFCO (Association of American Feed Control Officials) ส่วนองค์การ FDA (The United States Food and Drug Administration) ไม่ได้สนใจในวัตถุประสงค์เดียวกับ AAFCO ในการใช้โคโตแซนเป็นอาหารสัตว์ คำจำกัดความของโคโตแซนได้รับการบรรจุอยู่ใน Official Publication of American Feed Control Officials, Inc.

2.14.3 ด้านการบำบัดน้ำ (Water Treatment Approval) : การใช้ไคโตแซนเป็น prepolymer ในการบำบัดน้ำ มี 3 บริษัทได้ยื่นขอการพิจารณาอนุมัติภายใต้ระเบียบการของหน่วยงาน EPA-Toxic Substance Control Act และ Notice และได้รับการตีพิมพ์อย่างเป็นทางการใน Federal Register โดย EPA อนุญาตให้ผลิตสาร specific agent ที่มีคุณสมบัติตามที่ได้ระบุมาในการขออนุมัติ นอกจากนี้ EPA ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการควบคุมน้ำดื่ม ได้ชี้ให้เห็นว่า ผงไคโตแซนสามารถใช้เป็นตัวกรองในระบบกรองน้ำขนาดเล็กแบบ portable ได้ ภายใต้สภาวะเฉพาะซึ่งได้มาจากการทดลองพื้นฐาน อัตราการกรองสูงสุดที่สามารถใช้ได้ระบุไว้ที่ 10 mg/l

2.15 ความปลอดภัยและพิษวิทยาของไคตินและไคโตแซน

(Safety and toxicology review of chitin and chitosan)

ไคตินและไคโตแซนเป็นสารธรรมชาติที่พบได้ทั่วไป เป็นโพลีเมอร์ประจุบวกเช่นเดียวกับ กัวกัม เซลลูโลส คาราจีแนน อีกทั้งโมเลกุลของไคตินและไคโตแซนมีขนาดใหญ่ ดังนั้นร่างกายคนไม่สามารถย่อยได้สมบูรณ์โดยระบบการย่อยอาหาร ทำให้ร่างกายไม่มีการดูดซึมสารนี้ได้ และส่วนใหญ่ขับถ่ายออกไปโดยไม่เกิดความเป็นพิษต่อการทำงานของร่างกาย

ระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ไม่สามารถย่อยสลาย β -1,4 glycosidic linkage ที่มีในโมเลกุลของไคโตแซน และยังสามารถสรุปได้ว่า glucosamine backbone ของไคติน/ไคโตแซนไม่มีพิษหรืออันตรายต่อคน เนื่องจากอนุมูลย่อย glucosamine เป็น aminosugar จากสารที่มีในธรรมชาติ และพบได้ในปริมาณมากในอาหารธรรมชาติทั่วไป เช่น ในนม ไข่ ตับ และยีสต์ ส่วนในร่างกายคนนั้นจะพบ glucosamine เป็นองค์ประกอบอยู่ใน mucopolysaccharides ใน mucoprotein และ mucolipids

อนุมูลย่อย glucosamine นี้มีระดับความเป็นพิษต่ำ และผ่านการทดสอบพิจารณาต่าง ๆ มากมายเกี่ยวกับการใช้ในด้านการแพทย์แล้ว ดังนั้น ไคตินและไคโตแซนจึงมีระดับความเป็นพิษต่ำด้วย