1581

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของหอยขมที่เลี้ยงในกระชังเพื่อแปรรูปบรรจุกระป๋อง

(A preliminary study of the suitability of river snail culture in net cage, Hoi-Kom (Vivipara sp.)for canning)

โดย นายณัฐพงษ์ แซ่ตั้ง (อก.27-4291)

นายบุญไทย ธำรงลักษม์กุล (อก.27-4292)

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... 12/พ.ค./29 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ประสาร มหาวิรัชกุล) .../.../...

..../.../29 กรรมการของภาควิชา

(ผ.ศ.เจริญลักษณ์ ปริพนเตชปัญญ์)

..... 12/พ.ค./29 กรรมการของภาควิชา

(นายชวลาวุฒิ ตรีสัง)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(ประสาร มหาวิรัชกุล)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 12 เดือน พ.ค. พ.ศ. 29

13887
8 S.A. 254

ฝพ.
ณ33971
2528

13887

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ (45497)

เรื่อง

การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของหอยขมที่เลี้ยงในกระชังเพื่อแปรรูปบรรจุกระป๋อง

(A preliminary study of the suitability of river snail culture in net cage,Hoi-Kom (Vivipara sp.)for canning

T096481

โดย

นายณัฐพงษ์ แซ่ตั้ง (อก.27-4291)

นายบุญไทย ธำรงลักษณ์กุล (อก.27-4292)

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ฟพ.
ณ339ก
2528
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96481.....
วัน,เดือน,ปี.....

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2528

คำนิยม

ปัญหาพิเศษเรื่องนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี โดยความกรุณาของอาจารย์ระดิพร หาเรือนกิจ ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้ให้คำแนะนำด้วยดีตลอดมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

.....

(นายณัฐพงษ์ แซ่ตั้ง)

.....

(นายบุญไทย ธำรงลักษณ์กุล)

สารบาญ

	หน้า
สารบาญตาราง	(ก)
สารบาญตารางภาคผนวก	(ข)
สารบาญรูป	(ค)
สารบาญรูปภาคผนวก	(ง)
บทคัดย่อ	(จ)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
แผนการทดลอง	17
วิธีการทดลอง	20
ผลการทดลอง	24
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	38

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของหอยขมชนิดต่างๆ	12
2	ปริมาณเกลือแร่บางอย่างในหอยชนิดต่างๆ	13
3	น้ำหนักและขนาดของหอยขมที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน	23
4	จำนวนตัวของหอยขมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน หลังจากตัดแต่ง	24
5	องค์ประกอบทางเคมีของหอยขม (ดิบ) ที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน	24
6	ส่วนที่สูญเสียจากกรรมวิธีเตรียมเนื้อหอยขมเพื่อบรรจุกระป๋อง	25
7	ลักษณะของเนื้อหอยขม เมื่อใช้เวลาลวกต่างกัน	26
8	ความแตกต่างของ pH สารที่บรรจุหลังจากการแปรรูป	27
9	ผลของการใช้วัตถุเจือปน ภายหลังการแปรรูป	28
10	คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูป	29
11	ผลการตรวจสอบคุณภาพของหอยขมบรรจุกระป๋อง	29
12	ผลของคะแนนจากผู้ทดสอบชิมหอยขมบรรจุกระป๋อง	30

สารบาญตารางภาคผนวก

ตารางที่		หน้า
1	Heat Penetration Data	41
2	Values For Fi When F250 = 1	47

สารบาญรูป

รูปที่		หน้า
1	ลักษณะส่วนหัวของหอยขม	3
2	รูปร่างของหอยขม	4
3	การวัดขนาดของหอยขม	6
4	ชั้นต่างๆ ของเปลือกและหนังของหอยขม	7
5	การอยู่รวมกันของหอยขมและปลาบริเวณบ่อเลี้ยงปลา	9
6	ขั้นตอนการผลิตหอยขมบรรจุกระป๋อง	22

สารบาญรูปภาคผนวก

รูปที่		หน้า
1	กราฟการให้ความร้อนในขบวนการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง อุณหภูมิ 250° องศาฟาเรนไฮต์เวลา 40 นาที	42
2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง f_h/u กับ log g ที่ $m+g = 160^{\circ}F$	48
3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง r กับ log g	49
4	บริเวณบ่อเลี้ยงหอยขมในกระชัง	50
5	ลักษณะการดำรงชีวิตของหอยขมในกระชัง	51
6	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหอยขมอายุ 1-5 เดือน	52
7	การวัดความยาวของหอยขม	53
8	การวัดความกว้างของหอยขม	54
9	ลักษณะของหอยขมเมื่อแกะเนื้อออกจากเปลือก	55
10	เปรียบเทียบลักษณะเนื้อของหอยขมยังไม่ได้ตัดแต่งและตัดแต่งแล้ว	56
11	ลักษณะของเนื้อหอยขมที่ใช้บรรจุกระป๋อง	57
12	ลักษณะของเนื้อหอยขมบรรจุกระป๋องหลังจากผ่านขบวนการฆ่าเชื้อ	58
13	ลักษณะของสารละลายที่บรรจุในหอยขมบรรจุกระป๋องหลังผ่านการฆ่าเชื้อ	59
14	การเปรียบเทียบลักษณะของหอยขมบรรจุกระป๋องเมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริกแตกต่างกัน	60
15	หอยขมบรรจุกระป๋องก่อนและหลังการแปรรูปเป็นแกงคั่ว	61
16	การวัดสูญญากาศภายในหอยขมบรรจุกระป๋อง	62

บทคัดย่อ

หอยขม (Pond snail or River snail) เป็นสัตว์ในไฟลัมมอลลัสกา (Phylum Mollusca), สกุลวิวิพารา (Vivipara Sp.) ชอบอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืดทั่วๆ ไป ซึ่งในประเทศไทยพบอยู่ 6 ชนิด ส่วนใหญ่จะมีเปลือกแข็ง ซึ่งประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) ห่อหุ้มภายนอกลำตัว เนื้อส่วนออนภายใน (Exoskelaton) ลำตัวเป็นปล้อง เหมือนสัตว์จำพวกไส้เดือนและแมลง

หอยขมที่เลี้ยงในกระชังบริเวณบ่อเลี้ยงปลา ลักษณะภายนอกจะมีสีน้ำตาลอ่อนปนเขียว เมื่อแกะเนื้อส่วนในออกจะมีเนื้อแน่นสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อนๆ มีความสะอาด ไม่ดำคล้ำเหมือนหอยขมที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติ เมื่อหอยขมอายุได้ 5 เดือน จะมีความยาว 35.50 มิลลิลิตร ความกว้าง 23.85 มิลลิลิตร และมีน้ำหนัก 7.46 กรัม ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีน 14.87%, ไขมัน 1.66%, เถ้า 2.58%, และความชื้นหรือน้ำ 76.13%

หอยขมที่มีอายุตั้งแต่ 4-5 เดือน จะมีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปโดยการบรรจุกระป๋อง และการแปรรูปหอยจะถูกลวกด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80° C เวลา 2 นาที ซึ่งขั้นตอนการลวกหอย เพื่อทำให้เนื้อหอยหลุดออกจากเปลือกได้ง่าย สะดวกในการแปรรูป ลักษณะหอยขมหลังจากลวกจะมีลักษณะเหนียว การตัดแต่งส่วนต่างๆ ทำได้สะดวก เมื่อหอยขมหลังจากตัดแต่งแล้วจะบรรจุกระป๋องร่วมกับสารละลายของ NaCl 1.5%, EDTA 200ppm, และ Citric acid 1.0% ทำการฆ่าเชื้อ(Processing) โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิ 250° องศาฟาเรนไฮท์เวลา 40 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะค่อนข้างดี ส่วนคุณค่าทางโภชนาการหลังการแปรรูปหอยขมแล้วจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจยอมรับและยังแสดงข้อคิดเห็น คำแนะนำบางประการที่จะนำไปแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการผลิตหอยขมบรรจุกระป๋องในระดับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

คำนำ

Shell Fish ประกอบด้วย Crustauans, Molluscas, Invertebrates Shell fish ที่มีความสำคัญในด้านการค้าได้แก่ หอย, ปู, กุ้ง, Scallops, Abalones, Clams ปกติมักจำหน่ายในรูปของสด และแช่แข็ง แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกจำหน่ายหลายรูปแบบ เช่น การบรรจุกระป๋อง การตากแห้ง การดองเค็ม เป็นต้น

ในประเภทสัตว์น้ำจืดที่ใช้เป็นอาหาร หอยขมเป็นหอยน้ำจืดที่มีผู้นิยมบริโภคมากพอสมควร ซึ่งหอยขมจะพบตามแหล่งน้ำจืดทั่วๆ ไป และมีชุกชุมทั่วไปในประเทศไทย ก่อนนำไปปรุงเป็นอาหาร หอยขมจะถูกตัดปลายยอดของเปลือกออก แล้วจึงนำไปปรุงเป็นอาหารเช่น แกงคั่วหอยขม การบริโภคหอยขมทั้งเปลือกนั้นย่อมก่อให้เกิดความไม่สะดวก และโอกาสที่เปลือกฝาลิ้นของหอยขมจะหลุดเข้าไปติดคอผู้บริโภคย่อมเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้หอยขมทั้งเปลือกมีน้ำหนักและปริมาณมาก

ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวแล้วมา คณะผู้วิจัยจึงได้คิดค้นหาวิธีการแปรรูปหอยขมโดยการทำเป็นผลิตภัณฑ์หอยขมในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง ซึ่งจะก่อให้เกิดความสะดวกในการนำไปประกอบอาหาร อีกทั้งสามารถนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกได้ในอนาคต ผลของการวิจัยในครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการแปรรูปหอยขม การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การตรวจเอกสาร

การจำแนกชนิดของหอยขม (Classification of Vivipara species)

หอยขมได้จำแนกชนิดไว้ตามอนุกรมวิชาดังนี้

Phylum : Mollusca

Class : Gastropoda

Subclass : Streptomuera

Order : Mosogastropoda

Suborder : Basommatophora

Super families : Viviporacea

Family : Viviparidae

Genus : Vivipara

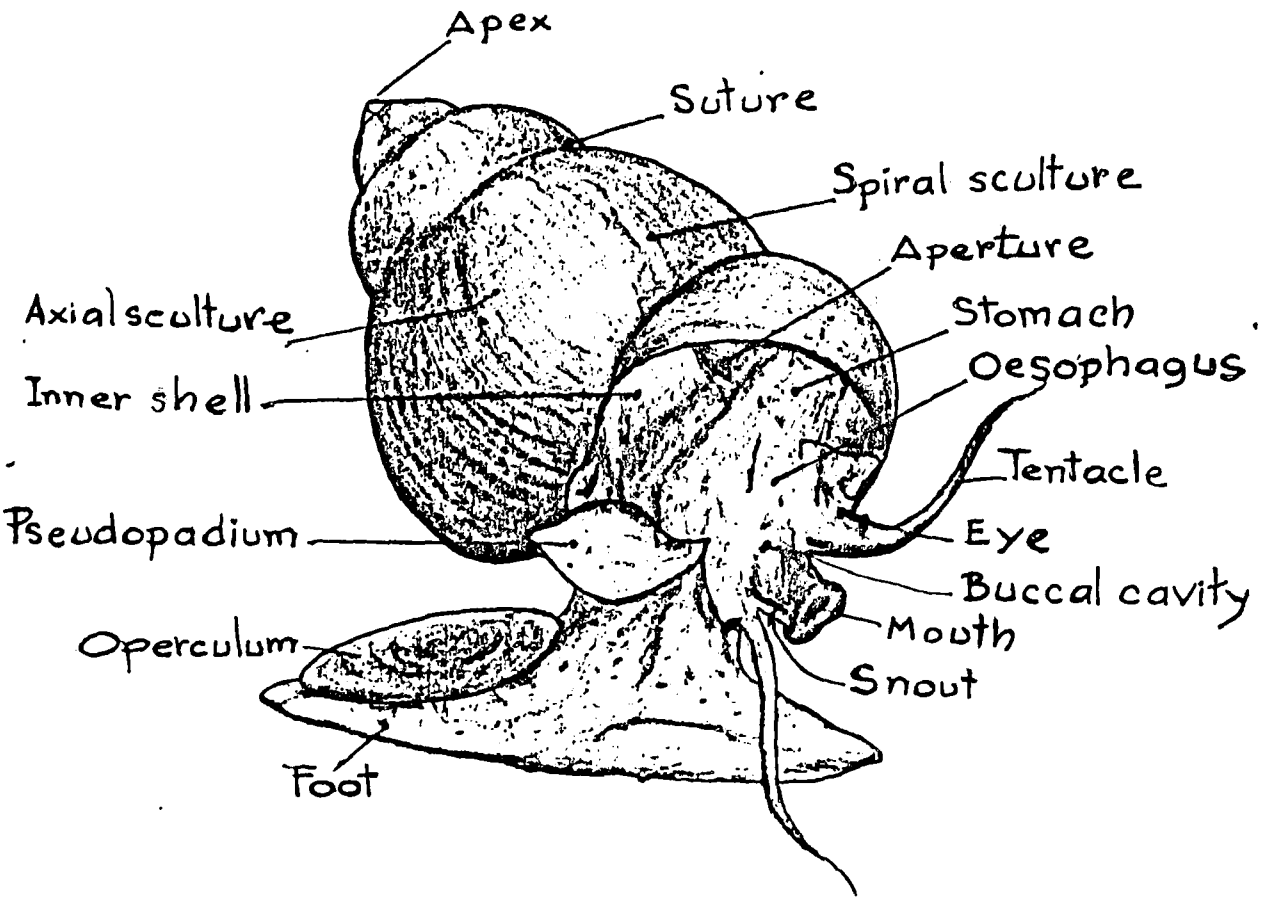
Species : Martensi

Subspecies : Martensi

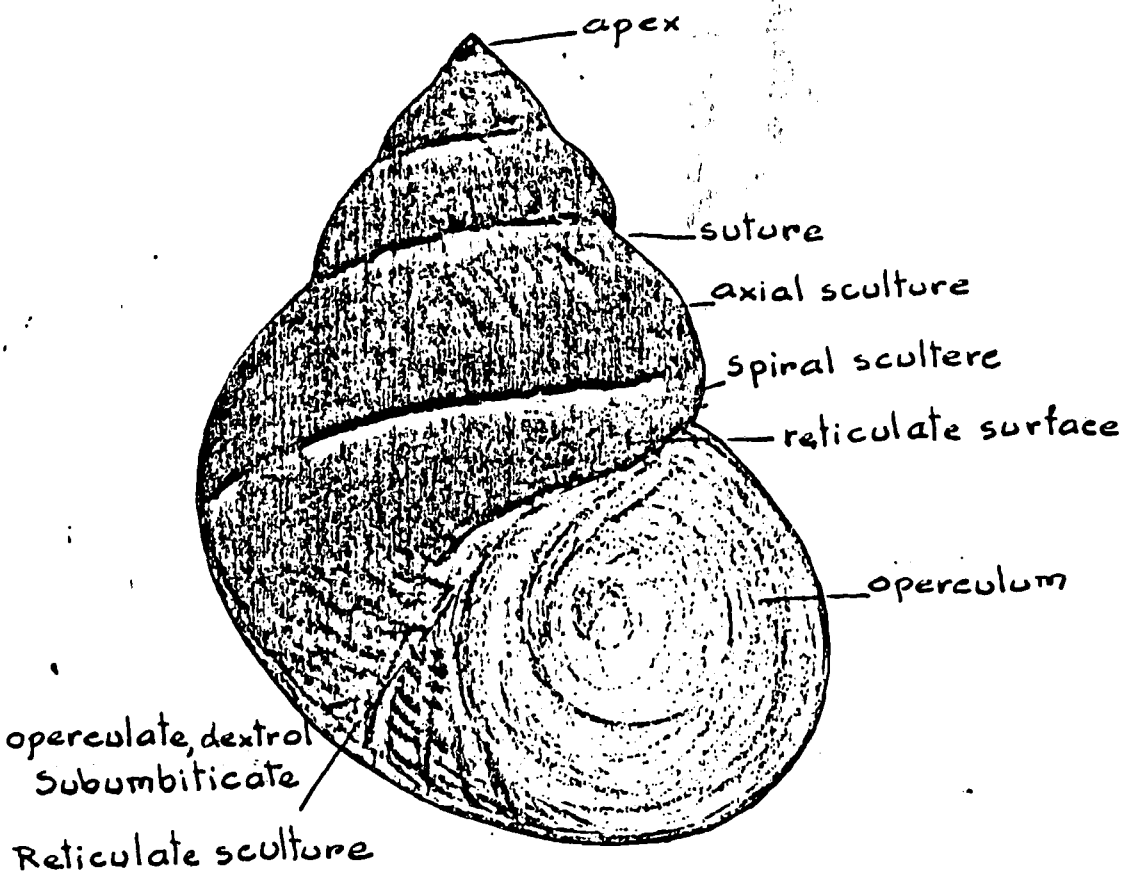
ลักษณะทั่วไปของหอยขม

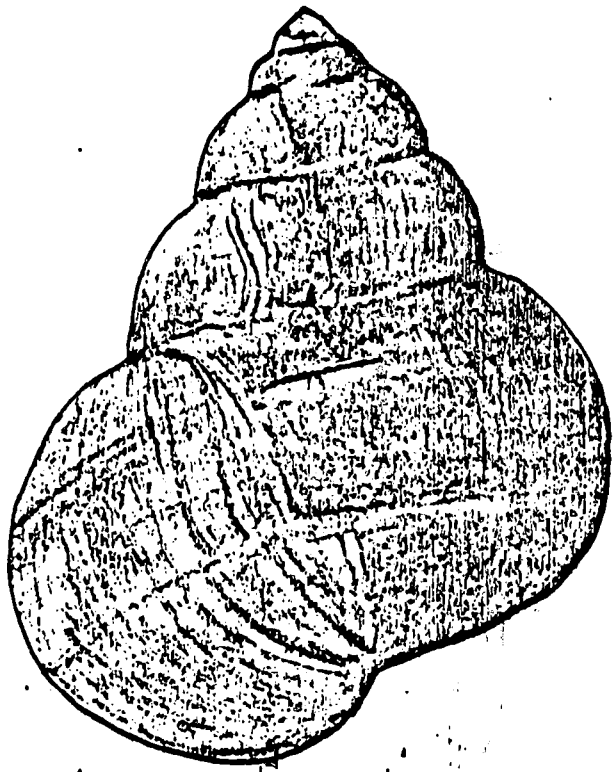
หอยขม (Pond snail or March snail or River snail) เป็นหอยน้ำจืดในวงศ์ (Family) วิวิพาริดี (Viviparidae), สกุล (Genus) วิวิพารา (Vivipara) ชอบอยู่ตามแหล่งน้ำจืดทั่วๆ ไป ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหลที่ไม่แรงนัก เช่น แม่น้ำ ลำคลอง บึง สระ ฯลฯ ในประเทศไทยมีอยู่ 6 ชนิด (Species) แต่ที่สำคัญและพบเห็นอยู่ทั่วไปมี 3 ชนิดคือ วิวิพารา เบนกาเลนซิส (V.bengalensis), วิวิพารา โดลีอารีส (V.doliaris) และวิวิพารา มาร์เทนซิ (V.martensi)

หอยขมเป็นสัตว์ในไฟลัมมอลลัสกา (Phylum Mollusca) ส่วนใหญ่มีเปลือกแข็งซึ่งประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต (Calciumcarbonate) หรือธาตุปูนห่อหุ้มอยู่ภายนอกลำตัว ซึ่งเป็นเนื้อส่วนออนภายใน (Exoskelaton) ลำตัวเป็นปล้องเหมือนสัตว์จำพวกไส้เดือนและแมลงมีกล้ามเนื้อทำหน้าที่เป็นขาอยู่ทางส่วนล่าง บางก็มีลักษณะของลำตัวซีกซ้ายกับซีกขวาเหมือนกันหรือคล้ายกัน



รูปที่ 1 ส่วนหัวของหอยขม



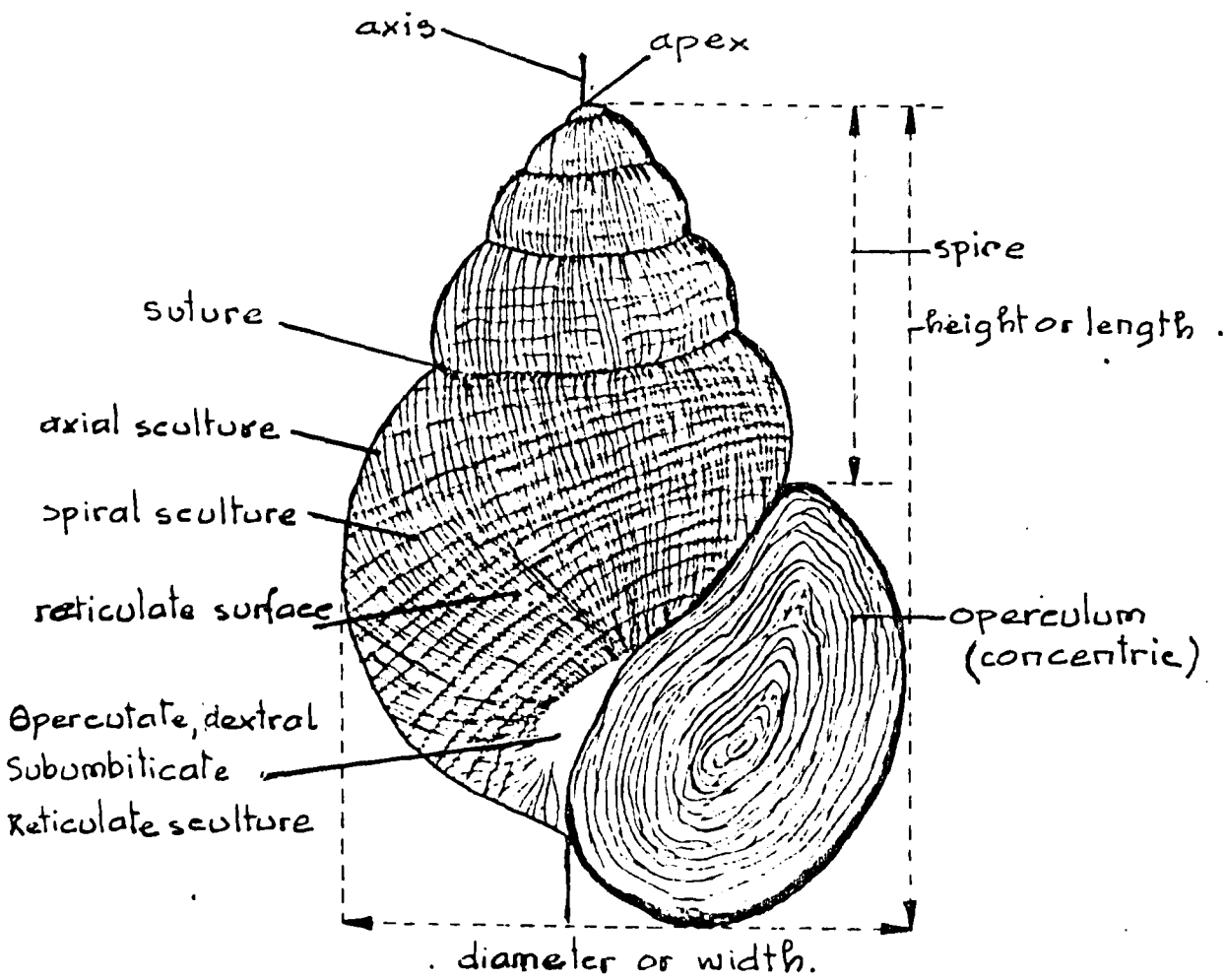


รูปที่ 2 รูปร่างของหอยขม

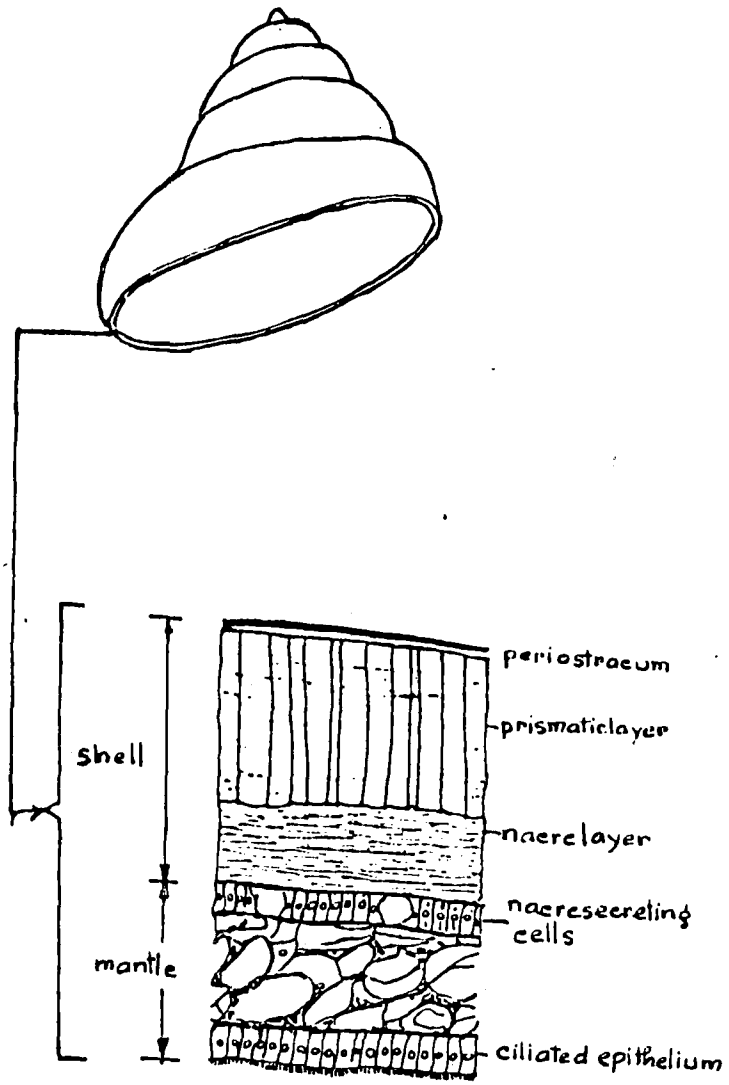
(Oilateral symmetry) บ้างก็มีลักษณะเปลือกและลำตัวส่วนอ่อนหมุนวนเป็นเกลียว ได้แก่พวกหอยกาบเดียวทั้งหมด เช่น หอยขม หอยเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (Investebrate) มีสัตว์ในไฟลัม (Phylum) นี้เพียงกลุ่มเดียว ซึ่งจัดอยู่ในชั้นที่ว่าเจริญกว่าชั้นอื่นๆ คือมีระยางค์ แสดงให้เห็นได้เด่นชัด มีกระดองแข็งอยู่ภายใน นี้ปมประสาทที่เปรียบเสมือนสมองและอวัยวะอื่นๆ ที่เจริญกว่าสัตว์ชนิดอื่นดังได้กล่าวมาแล้ว

ลักษณะเปลือกหอยขม

เปลือกหอยขมมีสีเขียวแก่ปนน้ำตาล บางครั้งจะมีสีน้ำตาลดำหนาและแข็ง ค่อนข้างใหญ่ หนาห่อหุ้มตัวไว้ สีเปลือกอาจเปลี่ยนแปลงได้บ้างตามสภาพแวดล้อม มีรูปร่างกลมปิดเป็นเกลียวรูปกรวย ยอดแหลมที่จุด apex ส่วน apex เป็นส่วนยอดบนสูงสุด และมีอายุของเปลือกมากที่สุด ซึ่งขับออกมาหุ้มตัวอ่อนไว้เป็นครั้งแรก แล้วเปลือกจะปิดเป็นเกลียวทอดต่อเนื่องกันลงมา เป็นเส้นหมุนรอบกรวย whorl และเปลือกระหว่างเส้นรอบกรวยมีลักษณะพองนูนออกทางด้านนอกเปลือกเรียกว่า Spiral sculture และมีเส้นตัดในแนวดิ่งเรียกว่า Axial sculture ทำให้มองดูผิวนอกเปลือกหอยขมเป็นสัตว์ลายตาข่าย พันตัดกันเป็นลักษณะ Reticulatesurface ลักษณะเปลือกหอยขมเป็นแบบ Sub perferate และด้านนอกฝาปิดเปลือกมีลายเส้นหมุนวนเป็นแบบ Concentric line เรียงกันเป็นชั้นๆ จำนวนของเส้นนั้นจะแสดงถึงการเจริญเติบโตของมัน Cdumellar จะแนบอยู่กับตัวด้วยกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อชิ้นนี้จะมีรูปร่างเหมือนเกือกม้า คอยยึดให้Operculum ปิดเปิดได้ ถ้าเป็นหอยชนิดที่ไม่มี Operculum กล้ามเนื้อชนิดนี้ก็ไม่มีOperculum นี้ปิดและเปิดได้โดยอาศัยกล้ามเนื้อนี้และมี Sub-central nucleus อยู่ตรงกลางฝาปิดOperculum ช่วงรอยต่อของเปลือกหอยที่วนรอบเปลือกหอยจะเป็นร่องลึกลงไปเรียกว่า "Suture" ปากเปิดของเปลือกหอยเรียกว่าPeristome หรือ Aperture ริมขอบปากเปิด –



รูปที่ 3 การวัดขนาดของหอยขม



รูปที่ 4 ชั้นต่างๆ ของเปลือกและหนังของหอยขม เมื่อตัดตามขวาง

มีลักษณะเรียบนูนเป็นมัน วงรอบปากเปิดริมนอกเรียกว่า Outer lip ขอบด้านในเรียกว่า Columellar lip เปลือกหอยช่วงที่กว้างที่สุดที่มี Suture แรกขึ้นไว้ต่อจาก Columellar ขึ้นไปเรียกว่า body whorl วงรอบถัดขึ้นไปเป็น Penultnate whorl ด้านนอกติดกับ outer lip มีช่องรูเปิดของเปลือกหอยเป็นรูเล็กๆ เรียกว่า Umbilicus เป็นชนิด Operculate dextrol subumbiticate การหมุนเป็นเกลียวของเปลือกหอยเวียนขวาเรียวแหลมขึ้นไปหา

เปลือกหอยขมแยกออกเป็น 3 ชั้น เปลือกทั้ง 3 ชั้นนี้สร้างมาจากเยื่อ mentle ทั้งสิ้น โดยเฉพาะตามขอบนอกของเยื่อแมนเติล (Mentle cellar) จะสร้างเปลือกชั้นนอก 2 ชั้นมากที่สุดและเปลือกหอยขมค่อนข้างเรียบมีลายเส้นเป็น Reticulate surface

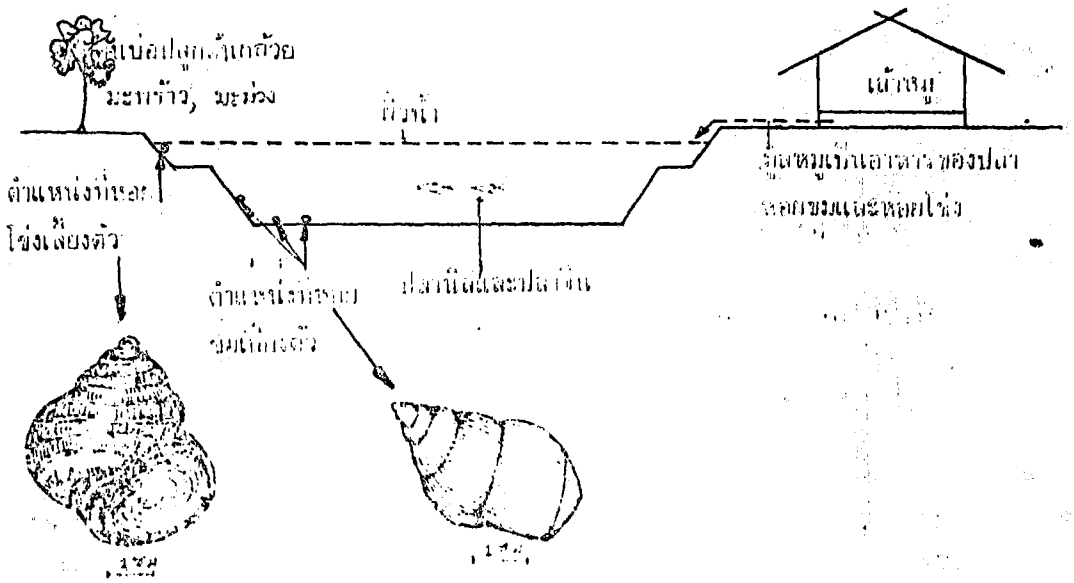
1. Periostracum ชั้นนี้เป็นเปลือกชั้นนอกสุด ค่อนข้างบาง มีสีต่างๆ กัน ส่วนมากเป็นสีเขียวเข้มปนสีน้ำตาลดำ เปลือกชั้นนี้เกิดขึ้นมาก่อนเปลือกชั้นอื่นๆ และทำหน้าที่ป้องกันเปลือกชั้นถัดๆ ไป เนื่องจากส่วนประกอบของเปลือกชั้นนี้ไม่มีสารประกอบจำพวกหินปูนอยู่เลย ดังนั้นจึงทนทานต่อกรดต่างๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในน้ำได้ดี

2. Prismatic ชั้นนี้เป็นเปลือกที่มีอยู่ถัดจากชั้นนอกเข้าไปข้างในประกอบด้วยหินปูน เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCo_3$) เป็นส่วนมาก ดังนั้นเมื่อเปลือกชั้นนอกสุดคือชั้นสึกหรอไปจึงเห็นเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวนี้ที่แท้ก็คือเปลือกชั้นPeriostracumนั่นเอง

3. Nacreous ชั้นมุกเป็นเปลือกชั้นในสุด ประกอบด้วยชั้นของหินปูนบางๆ หลายๆ ชั้นและเรืองแสง เป็นสารที่ mentle ผลิตและขับออกมาครั้งแรก

<u>การเลี้ยงหอยขมในกระชัง</u>

กระชังที่ใช้เลี้ยงทำด้วยผ้ามุ้งไนล่อน ซึ่งมีขนาดประมาณ 2×4×1 เมตร (กว้างxยาวxลึก) ใส่ลงในบ่อที่มีน้ำลึกประมาณ 1-2 เมตร ผูกกระชังไนล่อนติดกับหลักไม้ไผ่สี่ด้าน ให้ขอบกระชังสูงกว่าระดับน้ำประมาณ 1 ฟุต ควรวางกระชังไว้ในที่ร่มริมบ่อน้ำ ใส่ทางมะพร้าวลงในกระชังๆ ละ 2-3 ทาง ทิ้งไว้ 3-5 วัน ก่อนที่จะนำพ่อพันธุ์แม่พันธุ์หอยขมมาปล่อยลงกระชัง ทิ้งน้ำเพื่อให้พวกตะไคร่น้ำและเศษอาหาร หรือมูลสุกรได้ตกลงมาทับถมบนทางมะพร้าว เพื่อที่หอยขมจะได้ใช้เป็นอาหาร ใน 1 กระชังควรปล่อยหอย 1.5 - 2.0 กิโลกรัม ถ้าปล่อยมากเกินไปจะทำให้มันแย่งอาหารกันและตายลงในที่สุด



รูปที่ 5 การอยู่ร่วมกันของหอยขมและปลาในบริเวณบ่อเลี้ยง

หอยขมที่จะนำปล่อยนั้น เมื่อจับมาจากแหล่งน้ำแล้ว ควรปล่อยลงกระชังเลี้ยงให้เร็วที่สุด ถ้าเกิดเก็บค้างคืนไว้ จะทำให้หอยอ่อนแอ และเมื่อนำไปปล่อยในกระชัง จะทำให้อัตราการตายสูง หลังจากที่ปล่อยหอยขมลงในกระชังแล้ว ในระยะแรกๆ ควรหมั่นมาดูแล ประมาณ 1-2 ครั้งต่อเดือน ถ้าหากการเลี้ยงหอยเจริญเติบโตได้ดีก็แทบไม่ต้องดูแลเลย แต่ถ้าหอยขมตายหรือลดจำนวนลง จะต้องนำพันธุ์หอยขมมาปล่อยเพิ่ม

พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์

พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ใช้เลี้ยงนั้นหาซื้อได้จากตามท้องตลาดทั่วๆ ไป ในราคากิโลกรัมละประมาณ 5 บาท หรือจะงมตามแหล่งน้ำตามธรรมชาติก็ได้ หอยขมที่มีขนาดโตที่สุด เหมาะที่จะนำมาทำเป็นอาหาร

การให้อาหาร

อาหารแทบไม่ต้องให้อะไรเลย หอยขมจะกินอาหารจากธรรมชาติในบ่อปลาหรือจากใบไม้ร่วงหล่น เน่าเปื่อยอยู่ในกระชัง ถ้ามีหางมะละกอใส่หางมะละกอลงไปบ้าง หรือถ้าในน้ำไม่มีสีเขียว อาจจะใช้มูลวัวหรือมูลไก่ตากแห้งใส่ลงไปบ้างก็ได้ แต่อย่าใส่ครั้งละจำนวนมากเกินไปเพราะจะทำให้น้ำเน่า

ระบบหายใจของหอยขม

หอยขมเมื่ออยู่ในน้ำจะหายใจด้วยเหงือก เมื่ออยู่บนบกจะหายใจด้วยปอด ที่มีลักษณะคล้ายถุงลม

ระบบการย่อยอาหาร

ระบบการย่อยอาหารของหอยขมค่อนข้างสมบูรณ์ คือมีปาก หลอดอาหาร และกึ๋น ที่มีหน้าที่บดอาหาร มีกระเพาะ ลำไส้ และทวารหนัก เมื่อหอยขมล่ออาหารมันจะยื่นปากออกมา ดูดอาหารเข้าไปในปากผ่านเข้าไปในระบบการย่อยอาหาร ถ้าอาหารชิ้นโตมันจะใช้ลิ้นซึ่งมีกระดูกอ่อนอยู่ข้างในฉีกกัดอาหาร

ตามธรรมชาติหอยขมชอบอยู่ในนิ่ง หรือไหลไม่แรงและน้ำไม่ลึกนัก ชอบเกาะออกตามเสา ไม้น้ำ จะอยู่รวมเป็นกลุ่ม ไม่ชอบอยู่กับที่ มักจะคลานไปคลานมา หรือลอยตัวไปตามน้ำ หอยขมชอบกินตะไคร่น้ำ สาหร่ายสด และเน่าเปื่อย เศษใบไม้ หญ้าที่จมน้ำเน่า อินทรีย์วัตถุ แพลงตัน สัตว์น้ำเล็กๆ และโคลนตม

ระบบสืบพันธุ์

หอบขมเป็นสัตว์ชนิดที่มีทั้งสองเพศในตัวเดียวกัน คือมีทั้งไข่และเชื้อตัวผู้ เวลาจะผสมพันธุ์หอยขมสองตัวจะมาประกบกัน แล้วทำการแลกเปลี่ยนเชื้อตัวผู้ซึ่งกันและกัน บางครั้งหอยขมก็สามารถผลิตภายในตัวมันเองได้ โดยไม่ต้องอาศัยตัวอื่นๆ มาช่วยผสม ไข่ที่ได้รับการผสมกับเชื้อตัวผู้แล้ว จะเจริญเติบโตเป็นตัวลูกหอยขม เมื่อโตได้ขนาด หอยจะออกลูกออกมาเป็นลูกหอยเล็กเล็ก จะหากินได้เอง แม่หอยตัวหนึ่งจะให้ลูกครั้งละตั้งแต่ 5-50 ตัว เมื่อลูกหอยอายุได้ประมาณ 50 วัน มีความยาว 1.8-2.0 ซม. กว้าง 1.4-1.6 ซม. ก็สามารถผสมพันธุ์ได้

องค์ประกอบทางเคมีของหอยขม

องค์ประกอบทางเคมีของสัตว์ทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ทั้งหลาย ไม่ว่าเป็นสัตว์ทะเล สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ย่อมประกอบด้วยสองส่วนสำคัญคือ ส่วนหนึ่งได้แก่ของเหลว คือน้ำหรือความชื้น ส่วนที่สองได้แก่ของแข็ง ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน ไขมันคาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน

หอยขมเป็นน้ำจืด มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ น้ำ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามิน องค์ประกอบดังกล่าวย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง เพศ อายุ ฤดูกาล ฯลฯ

จากรายงานของ ปฐม และ คณะ (2524) พบว่าสามารถเลี้ยงหอยขมเพื่อนำมาปรุงอาหารได้ภายในเวลา 42 วัน จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมพบว่ามีองค์ประกอบดังนี้ โปรตีน 12%, คาร์โบไฮเดรต 4%, ไขมัน 2%, ธาตุเหล็ก 8 มิลลิกรัม/100 กรัม, แคลเซียม 1,500 มิลิกรัม/100 กรัม (กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) Gheyasuddin (1979) รายงานพบว่า Fresh water Shellfish of Bangladesh จำพวก Snail มีกรดอะมิโน ที่จำเป็นคือ Lysine 4.3 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน และมีกรดอะมีโน Arginene 13.4 กรัม/16 กรัมไนโตรเจน เพราะฉะนั้นสัตว์จำพวก Shellfish จึงเป็นแหล่งของ Lysine ที่ดี

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหอยชนิดต่างๆ

ชนิดสัตว์น้ำ	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	พลังงาน (แคลอรี่/100 ก.)
หอยลาย (clams)	7.6-19.0	0.3-4.8	73.7-87.9	0.8-3.9		
หอยกาบ (Nodulasia)	3.6	0.2	84.5	1.4	10.3	81.2
หอยขม (Vivipara Sp.)	10.3	0.2	78.2	2.2	9.1	81.5
หอยขวาน (Corbicula Sp.)	3.5	0.3	85.1	0.8	10.3	66.4
หอยโข่ง (Pachylabra carlebensis)	13.5	0.2	74.4	1.6	10.7	101.4
หอยโข่งทะเล (Haliotis Kamtschatkana)	10.4-18.2	0.3-0.7	72.6-82.4	1.0-3.0		
หอยแครง (Arca granora)	10.9-14.1	0.4-1.0	78.1-81.0	1.2-2.6		55-64

ที่มา อำนวย โชติณาณวงษ์ (พ.ศ.2524)

ตารางที่ 2 ปริมาณเกลือแร่บางในหอยชนิดต่างๆ (มก./100 ก.)

ชนิดสัตว์น้ำ	โซเดียม	โปรแตสเซียม	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	คลอรีน	แม็กนีเซียม
หอยกาบ,หอยลาย (Clams)	180-200	81-193	90-108	137-175	-	32-54
หอยขม (Vivipara Sp.)	162	164	127	83	-	-
หอยขวาน (Corbicula Sp.)	-	-	1	-	-	-
หอยโข่งทะเล (Holiotis kamtschatkana)	-	-	21-34	-	-	50-174
หอยแครง (Arca granora)	200	179	116-218	78-108	-	-

ที่มา อำนวย โชติฌาณวงษ์ (พ.ศ.2524)

นอกจากนี้หอยขมยังประกอบด้วย วิตามิน และแร่ธาตุ อำนวย โชติญาณวงค์ (2524) ได้ทำการวิเคราะห์พบว่า มีวิตามินเอมากถึง 1,350 มก./100 กรัม, Thiamine 0.01 มก./100 กรัม, Riboflavin 0.49 มก./100 กรัม ส่วนพวกแร่ธาตุมี โซเดียม, โปรตัสเซียม, แคลเซียม แมกนีเซียม, ซัลเฟอร์ (ในปริมาณสูง), ฟอสฟอรัส, เหล็ก, มังกานีส ฯลฯ ส่วนปริมาณไขมันของหอยขมมีอยู่น้อย ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะ มีสีเหลืองอ่อนเหมือนน้ำมันสัตว์โดยทั่วๆ ไป รวมกับออกซิเจนได้ง่าย เกิดกลิ่นหืนเร็ว

<u>การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังจากหอยตายแล้ว</u>

การเปลี่ยนแปลงหลังจากหอยตายแล้ว จะทำให้คุณภาพของเนื้อหอยขมเสื่อมลงไป และจะเสื่อมมากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงและการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นข้อเสีย เมื่อนำหอยขมไปแปรรูป ดังนั้นถ้าสามารถแปรรูปได้เร็วเท่าไร คุณภาพของหอยขมจะดีขึ้น

นอกจากนี้ การขังหอยในขณะหอยขมยังมีชีวิต ควรให้มีน้ำท่วมตัวหอยพอประมาณ ซึ่งจะทำให้คุณภาพของเนื้อหอยขมเมื่อนำมาแปรรูปดีขึ้น หอยขมจะถ่ายเอา ส่วนที่มันกินเข้าไปและขับถ่ายออกมาในขณะที่ขังอยู่ในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นดินโคลน เศษใบไม้ที่เน่าเปื่อย เนื้อหอยขมที่ตายแล้วจะเก็บไว้ในบรรยากาศเพียงหนึ่งหรือสองชั่วโมง เนื้อจะมีลักษณะเป็นเมือกเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของเอนไซม์และการย่อยสลายของจุลินทรีย์ สีของเนื้อจะคล้ำ มีกลิ่นเหม็น

<u>สารที่ใช้บรรจุและสารเจือปนในหอยขมบรรจุกระป๋อง</u>

สารที่ใช้บรรจุ หมายถึง ของเหลวที่บรรจุรวมกับเนื้อหอยขม แต่ไม่รวมกับวัตถุเจือปนในอาหาร

<u>ของเหลวที่บรรจุประกอบด้วย</u>

<u>น้ำ</u> ซึ่งจะต้องเป็นน้ำที่สะอาดตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค

<u>เกลือ</u> ความเข้มข้นของเกลือบริสุทธิ์ประมาณ 1.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของวัตถุดิบ และเกลือ (Nacl) ที่ใช้ต้องมีความบริสุทธิ์ มิฉะนั้นจะมีธาตุ Mg, NH_4 Phosphate ปะปนมาทำให้เกิดผลึก Struvite เมื่อทำผลิตภัณฑ์เสร็จแล้ว

เกลือที่เติมลงไปจุดประสงค์ใหญ่ เพื่อช่วยในในด้านรสชาด

วัตถุเจือปน ได้แก่

1. กรด (Acids)

วัตถุประสงค์ของการใช้

การใช้กรดเป็นวัตถุเจือปนในอาหาร เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่องการอุตสาหกรรมอาหาร เพราะกรดที่เติบลงไปในอาหารนั้น จะเป็นตัวที่ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสอาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรดด่าง ช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ และการงอกของสปอร์ ช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารป้องกันการหืน และช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อหอยผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เป็นต้น

กรดต่างๆ ที่นิยมใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารได้แก่ Citric acid Tartaric acid , acetic acid , benzoic acid , sorbic acid etc.

กรดซิตริก เป็น Bicarboxylic acid ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมกันมาก นอกจากนี้ยังใช้กรดซิตริก เป็นมาตรฐานสำหรับประเมินผลของกรดต่างๆ ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร กรดซิตริกจะคล้ายกับกรดมาลิก (Malic acid) คือพบมากในธรรมชาติ ในผลไมพวกส้มและมะนาว และเป็นกรดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับ Respiration cycle ของพืชและสัตว์ กรดซิตริกมีคุณสมบัติดีกว่ากรดชนิดอื่นๆ คือละลายน้ำได้ดี และเป็น Chelating agent ด้วย กรดซิตริกและเกลือของกรดซิตริกที่เติมในผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้เพื่อช่วยในด้านเกี่ยวกับกลิ่นรส ปรับความเป็นกรดด่างให้เหมาะสม และเป็นสารกันบูดด้วย

2. $CaNa_2$ EDTA (Cacium disodium ethylenediamine tetracetic acid

EDTA เป็น Sequestrants or chelating agent จัดเป็นกรดชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ของสารอินทรีย์ตัวหนึ่ง เกิดจากพันธะ (bond) ของAcetic acid 4 ตัว เกาะกับ Ethyl diamine ไม่มีกลิ่น ละลายได้ยาก ณ อุณหภูมิ 26° องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ประมาณ 0.2% และไม่ละลายใน Organic solvent ละลายได้ในสารละลายกรดและด่าง เนื่องจาก EDTA มีคุณสมบัติเป็น Sequestrants or chelating agent ซึ่งเป็น food additive ที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหาร

<u>วัตถุประสงค์ที่เติม</u> EDTA

ในอุตสาหกรรมเติม EDTA ลงในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นตัวช่วยในการคงลักษณะ (Stabilize) สี กลิ่น รส และลักษณะเมื่อสัมผัส แต่จะให้ผลดีเมื่อใช้ร่วมกับกรดซิตริก โดย EDTA จะไปทำปฏิกิริยาของโลหะ เพื่อ form complex และเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและปฏิกริยาของโลหะนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปอาหารพวกปลา และหอยต่างๆ นั้น พบว่าจะมีโลหะเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก ถ้าหากพวกนี้ร่วมกับสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ในขณะผ่านกรรมวิธีการแปรรูปหรือระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้ สี กลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เรียกว่า "Black spot " (Melanogensis) หรือ สี Blue green หรือ Grayesist castซึ่งเกิดในระหว่างที่เอาหอย ปู กุ้ง และ ปลา เข้าทำการฆ่าเชื้อ หรือสีน้ำตาลคล้ำ ซึ่งเกิดจากการโลหะในเมื่อปลา ทำปฏิกริยากับSulphydryl Compound หรือ สี Blue Green ซึ่งเกิดจากโลหะในเนื้อทำปฏิกริยากับสารประกอบพวกamines ทำให้เกิดเป็น Struvite ซึ่งเป็นผลึกของแมกนีเซียม, แอมโมเนียมฟอสเฟต จะเกิดขึ้นในระหว่างขบวนการทำให้เย็น (Cooling)

แผนการทดลอง

1. ศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชังบริเวณบ่อเลี้ยงปลา คณะเทคโนโลยีการเกษตรจนกระทั่งหอยขมเติบโตเต็มที่
   1.1 เก็บหอยขมทุกๆ เดือนเพื่อวัดขนาด น้ำหนัก วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
   1.2 หาอายุของหอยขมที่เหมาะสมไปแปรรูป โดยบรรจุกระป๋อง
2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง
   2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวก (Blanching) หอยขม
   2.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ (Processing)
3. ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก (Citric acid) ที่เหมาะสมเมื่อใช้กรดซิตริกในระดับ 0%, 0.2%, 0.5%, 0.8%, และ 1.0%
4. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูป โดยหาปริมาณโปรตีน,ไขมัน,เถ้า, และความชื้น
5. ศึกษาความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดยวิธี Ranking test

96481

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. เครื่องผนึกฝากระป๋อง (Seamer)
2. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)
3. เทอร์โมคอปเปิล (Thermocouple)
4. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
5. ชุดวิเคราะห์โปรตีน
6. เครื่องสกัดไขมัน
7. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
8. ตู้อบ (hot air oven)
9. โถดูดความชื้น (Dessicator)
10. เครื่องชั่งละเอียด
11. เวอร์เนียร์ แคลิเปอร์ 1/100"
12. กระป๋องเบอร์ 1 ขนาด 211 $\pm$ 400
13. เครื่องแก้วที่จำเป็น
14. กระชังใช้เลี้ยงหอยขม
15. พันธุ์หอยขม

สารเคมี

1. Citric acid
2. NaCl
3. Ca Na_2 EDTA
4. NaOH
5. Con. H_2So_4
6. Di ethyl ether anhydrous

7. Na_2Co_3

8. Se O_2

9. K_2 So_4

10. Cu So_4 $5H_2O$

11. Boric acid

12. Bromo crerol

13. Methyl red

14. Alcohol

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาการเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชัง บริเวณบ่อเลี้ยงปลา คณะเทคโนโลยีการเกษตร เขตลาดกระบัง

1.1 การเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชัง บริเวณบ่อเลี้ยงปลา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ได้ทำการเพาะเลี้ยงหอยขม โดยแบ่งการเลี้ยงออกเป็น 7 กระชัง ซึ่งใช้กระชังทำด้วยผ้ามุ้งไนล่อนที่มีขนาด 2 ×4 ×1 เมตร (กว้าง ×ยาว × ลึก) บริเวณที่ใช้เลี้ยงได้เลือกบริเวณที่อยู่ใต้ร่มของต้นไม้ริมบ่อเลี้ยง ใส่กระชังลงในบ่อเลี้ยงที่มีความลึกประมาณ 1.20 เมตร ผูกกระชังไนล่อนติดกับหลักไม้ไผ่ 4 ด้าน ในแต่ละกระชัง โดยให้ขอบกระชังสูงเหนือระดับน้ำประมาณ 1 ฟุต ใส่ทางมะพร้าวลงในกระชังฯ ละ 2-3 ทาง ทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน หลังจากนั้นนำพ่อพันธุ์แม่พันธุ์หอยขมที่ซื้อมาจากแหล่งเดียวกัน ทำการคัดเลือกหอยขมที่มีขนาดโตที่สุด ใช้ทำเป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ใส่ลงในแต่ละกระชังฯ ละ 2 กิโลกรัม เท่าๆ กันทุกกระชัง เก็บตัวอย่างหอยขมที่เกิดใหม่เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 เดือน โดยการสุ่มตัวอย่างหอยขมแต่ละกระชังฯ ละ 15 ตัว นำไปวัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ 1/100" และชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งละเอียด คำนวณหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและขนาดของหอยขม อายุ 1-5 เดือน

1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหอยขมอายุ 1-5 เดือน

นำหอยขมที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน ซึ่งได้ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักแล้ว นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีคือ

โปรตีน (Protein) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของหอยขมในวิธี Modified Micro Kjeldahl (ดูภาคผนวกที่ 1)

ไขมัน (Fat) การวิเคราะห์หาไขมันของหอยขมใช้วิธีการสกัดไขมันโดยใช้ตัวละลาย (Solvent) ตามหลักการของ Soxhlet Extration method (ดูภาคผนวกที่ 2)

เถ้า (Ash) การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของหอยขมใช้วิธีเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 500-600 องศาเซนเซียส (ดังภาคผนวกที่ 3)

ความชื้นหรือน้ำ (Moisture) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของหอยขม ใช้วิธีอบด้วยความร้อนในตู้อบ (Hot air oven) (ดังภาคผนวกที่ 4)

1.3 การหาอายุของหอยขมที่เหมาะสมไปแปรรูป โดยการบรรจุกระป๋อง

โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การวัดขนาด การชั่งน้ำหนัก และส่วนต่างๆ ที่สูญเสียในขบวนการแปรรูป

13887

2. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูป หอยขมบรรจุกระป๋อง

2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวก (Blanching) หอยขมคัดเลือกหอยขมที่มีขนาดเหมาะสม ล้างทำความสะอาด ลวกหอยขมโดยใส่ลงในตะแกรงเหล็ก พยายามทำให้หอยขมที่อยู่ด้านบนและด้านล่างได้รับความร้อนสม่ำเสมอ อุณหภูมิน้ำร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการลวกต่างกันดังนี้ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที ดูลักษณะของเนื้อหอยขม หลังจากลวกแล้ว และความยากง่ายหอยเอาตัวหอยออกจากเปลือก เพื่อความเหมาะสมในการแปรรูป โดยการบรรจุกระป๋อง

2.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ (Processing)

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ หอยขมบรรจุกระป๋องทำการหา Heat Penetration จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติไปคำนวณ โดยใช้สูตรคำนวณของ Ball (1923, 1928) ซึ่งวิธีนี้ Ball เป็นผู้คิดค้นนำมาเพื่อคำนวณปริมาณความร้อนใช้ในการถนอมเก็บรักษาอาหารบรรจุกระป๋อง

การหา Heat Penetration เป็นการวัดอุณหภูมิที่จุดที่ร้อนช้าที่สุด (Slowest heating point or coldpointของอาหารกระป๋องขณะที่ฆ่าเชื้อ (Processing) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1.ใช้ Thermocouple ขนาดที่เหมาะสมที่ใช้กับกระป๋องเบอร์ 1 เสียบลงไปในจุดกึ่งกลางกระป๋องและหมุน Packing gland ให้แน่น

2. วางกระป๋องที่บรรจุหอยขม ปิดฝาเรียบร้อยแล้วและมี Thermocouple เสียบติดอยู่ลงไปใน Retort (Autoclave) ควรจะอยู่ในลักษณะที่กระป๋องตั้งอยู่

3. ต่อลวด (Wire) จาก Thermocouple เข้า Potentionmeter แบบ Wheatstone bridge ซึ่งมี Selection Switch จะบอกอุณหภูมิของกระป๋องล็อค Stuffing box

4. เมื่อต่อเรียบร้อยแล้ว ก็จดอุณหภูมิเริ่มต้นของกระป๋อง (Initail Temperature) ก่อนเริ่มจะเปิดไอน้ำ

5. ปิด Retort และเปิดไอน้ำ จดบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 2 นาทีว่าอุณหภูมิ Cold point จะเพิ่มเท่าไร จนกระทั่ง Cold point temperature เท่ากับ Retort temperature

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

6. คำนวณ Processing time ใช้สูตรของ Ball (1923, 1928) ดังนี้

$$B = fh.\log jI + (f_2 - fh) \log gbh - f_2.\log g$$

(ดูรายละเอียด ในการคำนวณ ภาคผนวกที่ 5)

3. ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก (Citric acid) เมื่อใช้กรดซิตริกในระดับ 0%, 0.2%, 0.5%, 0.8% และ 1.0%

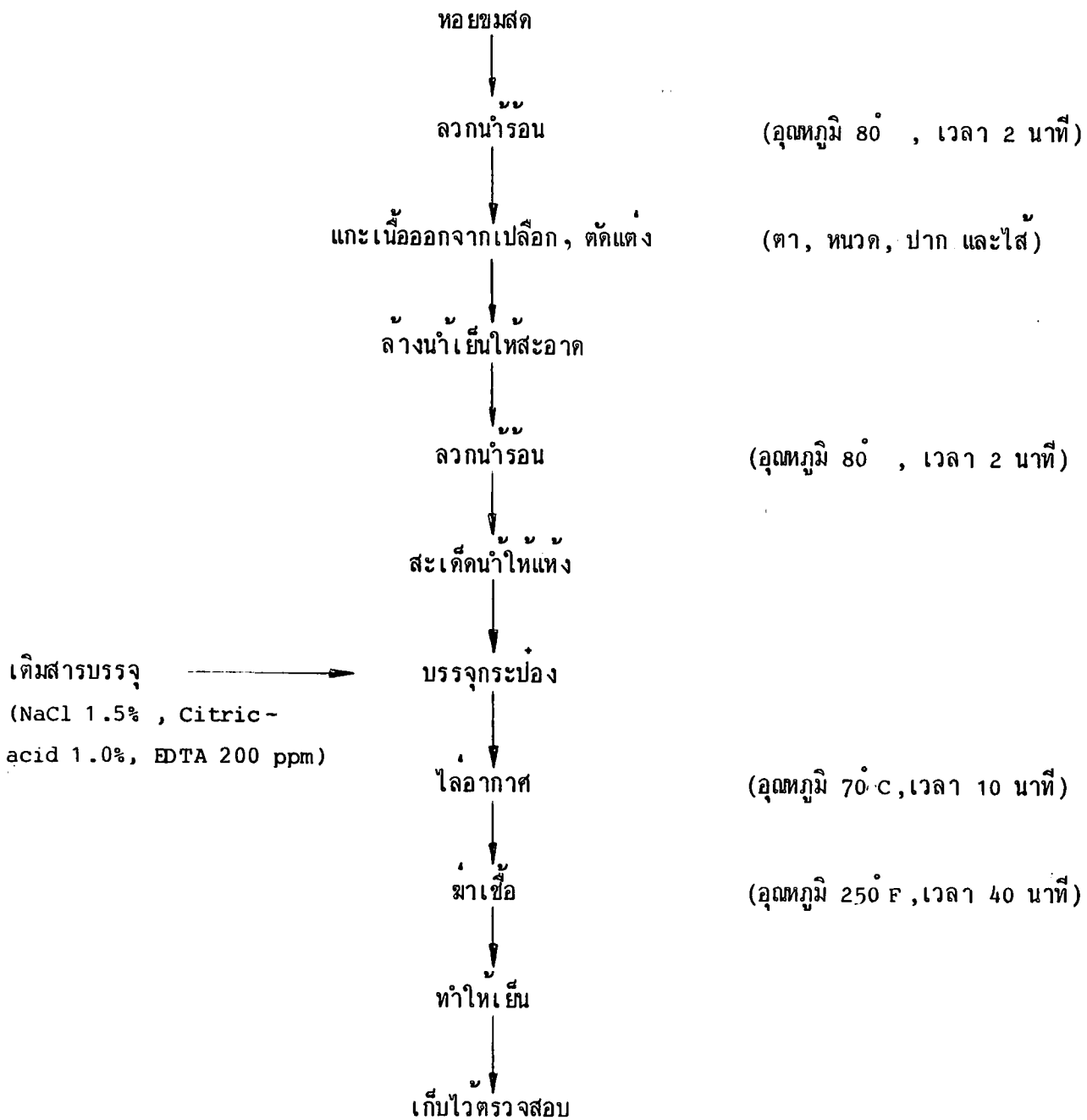
การศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดซิตริก ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ได้ใช้ร่วมกับวัตถุเจือปนชนิดอื่นคือ EDTA และ NaCl โดยการเติมกรดซิตริกในปริมาณที่แตกต่างกัน ลงในน้ำเกลือที่มี EDTA หรือไม่มีก่อนบรรจุน้ำเกลือลงกระป๋องตามปริมาณที่ต้องการ

4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

4.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังจากแปรรูป โดยหาปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เถ้า และความชื้น ตามวิธีการในข้อ 1.2

5. ศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยวิธี Ranking test

วิธี Ranking test เป็นการทดสอบเปรียบเทียบตัวอย่างหลายตัวอย่างเพื่อตัดสินว่าตัวอย่างที่ชิมนั้นแตกต่างกันอย่างไร คิดเอาคุณลักษณะของสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นเกณฑ์ตัดสิน โดยการให้คะแนน และประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ออกมา หอยขมบรรจุกระป๋องที่นำมาประเมินความชอบของผู้บริโภค ได้ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ (Processing) ที่แตกต่างกันคือ 18, 28 36 และ 40 นาที โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์หอยขมแต่ละตัวอย่างมาปรุงเป็นแกงคั่วหอยขมก่อนนำไปทดสอบความชอบ



รูปที่ 6 ขั้นตอนการผลิตหอยขมบรรจุกระป๋อง

ผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชัง บริเวณบ่อเลี้ยงปลาหลังจากได้ทำการเพาะเลี้ยงหอยขม บริเวณบ่อเลี้ยงปลา จนกระทั่งหอยขมเจริญเติบโตตามอายุที่ต้องการ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1.1 ขนาดและน้ำหนักของหอยขมอายุ 1-5 เดือน

หอยขมอายุตั้งแต่ 1-5 เดือน วัดขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ชั่งน้ำหนัก โดยใช้เครื่องชั่งละเอียด แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 3.

ตารางที่ 3 น้ำหนัก และขนาดของหอยขมที่เลี้ยงอายุตั้งแต่ 1-5 เดือน

อายุหอยขม (เดือน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ความกว้างเฉลี่ย (มม.)	ความยาวเฉลี่ย (มม.)
1	1.07	13.75	18.05
2	2.13	17.22	23.56
3	4.60	19.77	29.06
4	5.71	21.40	32.62
5	7.46	23.85	35.30

หมายเหตุ - หอยขมช่วงอายุ 1-2 เดือน บริเวณบ่อปลาไม่ได้ทำการเลี้ยงปลา
- หอยขมช่วงอายุ 3-5 เดือน บริเวณบ่อปลาทำการเลี้ยงปลาและมีการให้อาหารปลา

ตารางที่ 4 จำนวนตัวของหอยขมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ที่เลี้ยงตั้งแต่ 1-5 เดือน หลังจากตัดแต่งแล้ว

กระชังที่	จำนวนตัว/น้ำหนัก 100 กรัม				
	อายุ 1 เดือน	อายุ 2 เดือน	อายุ 3 เดือน	อายุ 4 เดือน	อายุ 5 เดือน
1	628	305	176	134	108
2	636	314	180	130	106
3	630	310	178	135	109
4	625	307	179	138	107
5	634	313	177	135	107
6	639	311	181	137	108
ค่าเฉลี่ย	632	310	179	135	107

1.2 องค์ประกอบทางเคมีของหอยขมที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน

ผลจากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของหอยขม (ดิบ) โดยวิธีต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ผลดังแสดงไว้ ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของหอยขม (ดิบ) ที่เลี้ยงอายุ 1-5 เดือน

อายุหอยขม (เดือน)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	% โปรตีน	% ไขมัน	% เถ้า	% ความชื้น	% คาร์โบไฮเดรต
1	1.07	11.58	0.70	1.70	76.52	9.50
2	2.13	13.41	1.38	2.26	76.79	6.16
3	4.60	13.93	1.59	2.48	76.49	5.51
4	5.71	14.36	1.63	2.47	76.14	5.47
5	7.46	14.76	1.66	2.58	76.13	4.87

1.3 อายุหอยที่เหมาะสมในการแปรรูป โดยการบรรจุกระป๋อง

สำหรับหอยขม ส่วนที่นำมาบรรจุกระป๋องคือ เนื้อส่วน Aperture, Oesophagus Pseudopadium และ Foot เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่นแล้ว จะเห็นว่า มีปริมาณเนื้อที่ค่อนข้างน้อย เพียง 13 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักทั้งหมด ซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ส่วนที่สูญเสียจากกรรมวิธีเตรียมเนื้อหอยขมเพื่อบรรจุกระป๋อง

ส่วนของหอยขม	เปอร์เซนต์ น้ำหนักที่สูญเสีย
เปลือกและฝาเปลือก	73.5
ลำไส้และกระเพาะ	12.0
ตา หนวด และปาก	1.5
เนื้อส่วนที่ตัดแต่งแล้ว	13.0

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี การวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และการสูญเสีย ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมเนื้อหอยขมก่อนการบรรจุกระป๋อง พบว่าหอยขมที่เลี้ยง ซึ่งมีอายุในระหว่าง 4-5 เดือน มีความเหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูป หอยขมบรรจุกระป๋อง

2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวก (Blanching) หอยขม

การลวกหอยขม โดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 80° C ใช้เวลาลวกแตกต่างกัน คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที และลักษณะของเนื้อหอยขม ดังแสดงไว้ตารางที่ 7

จากผลการทดลอง จะพบว่าการลวกหอยขมซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 นาที จะได้ลักษณะของเนื้อหอยขมที่ดี เนื้อสุกหมดทั้งตัว นุ่มเหนียว และสามารถแกะออกจากเปลือกได้ง่าย

ตารางที่ 7 ลักษณะของเนื้อหอยขมเมื่อใช้เวลา (Blanching) 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที

เวลาลวก (นาที)	ลักษณะเนื้อหอยขม
1	เนื้อดิบเล็กน้อย, นุ่มเหนียว, ฝาเปลือกติดอยู่แกะเนื้อออกจากเปลือกค่อนข้างลำบาก
2	สุกทั้งหมด, นุ่มเหนียว, ฝาเปลือกติดอยู่ แกะเนื้อออกจากเปลือกได้ง่าย
3	สุกทั้งหมด, นุ่มเหนียว, ฝาเปลือกหลุดออกบ้างบางตัว มีฝ้าขาวปนออกมาบ้างเล็กน้อย, แกะเนื้อออกจากเปลือกได้ง่าย
4	สุกทั้งหมด, เนื้อหยุ่นเล็กน้อย, ฝาเปลือกหลุดออกมามาก, มีฝ้าขาวๆ ปนออกมากับเนื้อเล็กน้อย, แกะเนื้อออกจากเปลือกง่าย
5	สุกทั้งหมด เนื้อหยุ่นเล็กน้อย ฝาเปลือกหลุดออกมามาก มีฝ้าขาวๆ ไหลปนออกมากับเนื้อมาก แกะเนื้อออกจากเปลือกง่าย

2.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ (Processing)

ผลจากการคำนวณหาระยะเวลาในการให้ความร้อนในขบวนการแปรรูป (Thermal Processing time) ของหอยขมบรรจุกระป๋อง ตามวิธีการของ Ball (1923, 1928) ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติ จะได้ค่า Processing time(B) เท่ากับ 40.10 นาที โดยมีค่า Fo = 3.36 แต่เมื่อคิดรวมกับค่า Coming up time=5.80 นาทีแล้ว Processing time จะเป็น 45.90 นาที

3. ระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เหมาะสม

จากการทดลองใช้กรดซิตริก ช่วยในการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง โดยคำนึงถึงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ หลังจากได้แปรรูปหอยขมและได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม พบว่าความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ระดับ 1.0% จะให้ค่า pH ของ brine solution ประมาณ6.8 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ของมาตราฐานหอยลายบรรจุกระป๋องตามที่สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประกาศบังคับ ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสารบรรจุหลังจากการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง

NaCl (%)	EDTA (ppm)	Citric acid(%)	pH (ก่อนแปรรูป)	pH (หลังแปรรูป)
1.5	0	0	7.4	8.7
1.5	200	0	7.4	8.7
1.5	0	0.2	2.7	8.3
1.5	200	0.2	2.8	8.3
1.5	200	0.5	2.5	8.0
1.5	200	0.8	2.2	7.4
1.5	200	1.0	1.9	6.8

ตารางที่ 9 ผลของการใช้วัตถุเจือปนภายหลังจากการแปรรูป

สภาพที่ใช้ NaCl (%)	สภาพที่ใช้ EDTA (ppm)	สภาพที่ใช้ Citric acid (%)	ลักษณะเนื้อหอยขม
1.5	200	0.2	สีค่อนข้างดำคล้ำ, มีกลิ่นคาวของหอยขมเล็กน้อย เนื้อนุ่มยุ่ยเล็กน้อย
1.5	200	0.5	สีคล้ำเล็กน้อย, มีกลิ่นคาวของหอยขมเล็กน้อย, เนื้อนุ่มยุ่ยเล็กน้อย
1.5	200	0.8	สีธรรมชาติ, มีกลิ่นคาวของหอยขมเล็กน้อย เนื้อนุ่มเหนียว
1.5	200	1.0	สีธรรมชาติ, มีกลิ่นคาวของหอยขมเล็กน้อย เนื้อนุ่มเหนียว, ค่อนข้างแข็ง

จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของ Citric acid 1.0% เมื่อใช้ร่วมกับ NaCl 1.5% และ EDTA ปริมาณ 200 ppm จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะของสีกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ค่อนข้างดี และได้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์เป็นกลาง ซึ่งจัดเป็นอาหารประเภท Low acid food

4.การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูปได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของหอยขมได้มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อย จากขบวนการแปรรูป เมื่อเปรียบเทียบกับหอยขมที่ยังไม่ได้ผ่านขบวนการแปรรูป

ตารางที่ 10 คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูป

	คุณค่าทางโภชนาการ				
	%โปรตีน	%ไขมัน	%เถ้า	%ความชื้น	%คาร์โบไฮเดรต
เนื้อหอยบรรจุกระป๋อง	12.71	0.96	2.22	68.21	16.51
ค่าเปลี่ยนแปลง	-1.85	-0.68	--0.31	-7.93	11.34

5. การตรวจสอบคุณภาพของหอยขมบรรจุกระป๋อง

โดยทำการตรวจสอบหอยขมบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 250° F เป็นเวลา 40 นาที จำนวน 3 กระป๋อง ซึ่งเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือน ผลแสดงไว้ตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการตรวจสอบคุณภาพของหอยขมบรรจุกระป๋อง
(กระป๋องเบอร์ 1 ขนาด..211x400.....)

ลักษณะที่ตรวจ	กระป๋องที่ 1	2	3
Head Space (m.m)	7.5	6.0	6.5
Net Weight (gm)	254	247	257
Drain Weight (gm)	152	148	154
Total Weight (gm)	309	300	311
Vacuum (in-Hg)	14	11	11
Salometer	5.0	4.6	4.4
pH	6.8	6.9	6.8
Seam	ปกติ	ปกติ	ปกติ

6. การทดสอบความชอบของผู้บริโภค

ผลจากการทดสอบ ของคณะผู้ชิมจำนวน 12 คน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 โดยพิจารณา สี กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส, และความชอบต่อเนื้อหอยขม โดยผู้ชิมแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ ซึ่งผลที่ได้เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย สรุปได้ดังนี้ การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน 250° ฟาเรนไฮต์, 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 40 นาที สามารถได้คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีสุด และผู้ทดสอบชิมให้ความชอบมากที่สุด

ตารางที่ 12 ผลของคะแนนจากผู้ทดสอบชิมหอยขมบรรจุกระป๋อง

เวลาใช้ฆ่าเชื้อ (นาที)	สี (5)	กลิ่นรส (5)	เนื้อสัมผัส (5)	ความชอบ (5)	คะแนนรวม
18	3	2	4	2	11
28	3	3	4	2	12
36	3	3	4	2	12
40	4	3	5	3	15

หมายเหตุ หอยขมได้นำมาแกงคั่วก่อนจะทำการทดสอบ

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชัง บริเวณบ่อเลี้ยงปลาคณะเทคโนโลยีการเกษตร เขตลาดกระบัง จนกระทั่งหอยขมเจริญเติบโตเต็มที่

การเพาะเลี้ยงหอยขมในกระชังและได้ทำการเก็บหอยทุกๆ เดือน เพื่อวัดขนาดและน้ำหนัก จากผลการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตของหอยขมในช่วงแรก 1-2 เดือน จะสม่ำเสมอ โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเท่ากับ 1.07 กรัม/เดือน อัตราเพิ่มขึ้นของความกว้าง 3.17 มิลลิเมตร/เดือน และอัตราการเพิ่มขึ้นของความยาวเท่ากับ 5.51 มิลลิเมตร/เดือน แต่หลังจากเพาะเลี้ยงหอยขมจนอายุ 3-5 เดือน อัตราการเจริญเติบโตของหอยขมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของช่วง 1-2 เดือน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอาหารที่เลี้ยงปลาบริเวณบ่อปลา ซึ่งทำการเลี้ยงปลาเมื่อการเลี้ยงหอยขมไปแล้ว 2 เดือน

ลักษณะของหอยขมที่เลี้ยงในกระชัง จะมีลักษณะเปลือกและเนื้อที่ค่อนข้างสะอาด มีเนื้อแน่น เมื่อเปรียบเทียบกับหอยขมธรรมชาติ เนื่องจากหอยขมจะอยู่ภายในกระชัง ไม่จมลงถึงพื้นผิวดินบ่อเลี้ยงที่เป็นโคลนตม อาหารที่กินส่วนมากเป็นเศษใบไม้เน่าเปื่อย ตะไคร่น้ำ และอาหารปลาบางส่วนที่ติดตามทางมะพร้าวที่มันเกาะอยู่

เมื่อนำหอยขมที่เกาะเลี้ยงในกระชัง ที่มีอายุต่างกันมาแปรรูป หอยขมที่มีอายุ 4-5 เดือน หรือมากกว่า จะมีความเหมาะสมแก่การแปรรูป โดยการบรรจุกระป๋อง เป็นช่วงอายุที่มีอัตราการเพิ่มของเนื้อสูง การแกะตัดแต่งทำได้ง่าย และเป็นขนาดที่ผู้บริโภคนิยมกัน

2.ปัจจัยที่ผลต่อการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง

2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการลวก (Blanching) หอยขม

จากผลการทดลองเวลาที่ใช้ในการลวกหอย 2 นาทีจะเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส สามารถทำให้หอยสุกและการแกะเนื้อหอยทำได้ง่าย กลิ่นสาปของหอยขมลดน้อยลงไป ลักษณะของเนื้อหอยขมที่ได้ เหนียว แข็ง การตัดแต่งส่วนต่างๆ ทำได้สะดวก การหดตัวของเนื้อเล็กน้อย และประการสำคัญเป็นการประหยัดพลังงานและเวลา เพื่อลดต้นทุนในการผลิต การลวกหอยขมก่อนแกะจะเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด

2.2 ระยะที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ

การฆ่าเชื้อเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารต่างๆ โดยการบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นการประกันความปลอดภัย ให้ผู้บริโภค จากการทดลองหา (Processing time) และการทดสอบความชอบของผู้บริโภค ต่อผลิตภัณฑ์โดยใช้เวลาที่แตกต่างกัน พบว่าเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ 40 นาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะ สี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ค่อนข้างดี และจากการทดลองเมื่อหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยการนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพปกติ และเมื่อตรวจเช็คผลภายในกระป๋อง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากจุลินทรีย์ จึงสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาฆ่าเชื้อที่กำหนดไว้นี้มีเวลาในการฆ่าเชื้อสามารถจะยาวหรือสั้นก็ได้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับนั้นต้องปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและมีคุณลักษณะที่ยอมรับได้ ดังจะเห็นได้ว่าแม้ในการทดลองนี้สามารถจะลดเวลาในการฆ่าเชื้อลงได้ แต่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์

3. ระดับความเข้มข้นของ (Citric acid) ที่เหมาะสม

ปริมาณของกรดซิตริก 1.0% ที่เจือปนในหอยขมบรรจุกระป๋อง มีผลต่อผลิตภัณฑ์มาก ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อ สี กลิ่นรส และช่วยควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH) ให้เหมาะสม แต่ถึงกระนั้นก็ตามถ้าใช้ Citric acid ในปริมาณ 1.0% เพียงอย่างเดียว ไม่ได้ใช้วัตถุเจือปนชนิดอื่นเช่น EDTA แล้ว ผลิตภัณฑ์ก็ไม่ดี ซึ่ง EDTA จะเป็นสิ่งช่วยเสริมประสิทธิภาพที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์และการตกผลึกของเกลือ NaCl

4. คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูป

จากผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมก่อนและหลังการแปรรูป สามารถสรุปได้ว่า คุณค่าทางโภชนาการของหอยขมภายหลังจากการแปรรูป มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากความร้อน ที่ใช้ในขบวนการแปรรูป และเกิดจากปฏิกริยาทางเคมีของสารเจือปนที่ใส่ลงไป แต่เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองจะเห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการของหอยขมเช่น โปรตีน ถึงแม้จะเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารบางประเภทแล้วก็ยังสูงอยู่ สามารถใช้เป็นอาหารแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูกได้

5. ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

กลิ่นรส

กลิ่นรสของเนื้อหอยขมที่ได้ภายหลังจากการแปรรูปแล้ว สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ชนิดแรก เป็นกลิ่นรสดาวเฉพาะของหอยประเภทหอยน้ำจืดทั่วๆ ไป ซึ่งกลิ่นนี้ อาจเป็นที่รังเกียจของผู้บริโภคบางคน

ชนิดที่สอง เป็นกลิ่นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ กลิ่นเหมือนกลิ่นไข่เน่า เกิดจากองค์ประกอบทางเคมีของหอยขม และอาจเกิดเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายเนื้อหอยขมภายในกระป๋อง

สี

สีของหอยขมบรรจุกระป๋อง จะมีสีคล้ำลงเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนในเนื้อหอยขม ประกอบด้วยธาตุกำมะถันมาก เกิดทั้งแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นระหว่างกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนทำให้มีสภาพเป็นกลางหรือกรดอ่อนๆ ซึ่งส่งเสริมให้เกิดเป็นเหล็กซัลไฟด์ที่แผ่น Tin Plate บางจุดอันมีการชำรุดทาง Enamel ที่เคลือบไว้ เหล็กซัลไฟด์จะซึมเข้าสู่ภายในเนื้อหอยขม ทำให้เนื้อหอยขมเกิดสีดำคล้ำมากขึ้น

สาเหตุอื่นๆ จากการเกิดสีดำ เนื่องจาก

- เกิดจากการเก็บเนื้อหอยขมไว้นานเกินไปก่อนที่จะบรรจุ เนื่องจากมีไฮโดรเจนซัลไฟด์และแอมโมเนียเกิดขึ้นมาก
- เกิดจากกระป๋องเปราะ ทำให้มีพื้นผิวเหล็กที่ไม่มีสารเคลือบมากขึ้น
- ภายในกระป๋องมีสูญญากาศไม่เพียงพอ
- กระป๋องถูกทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ

ความเหนียว

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นเวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 250° องศาฟาเรนไฮต์ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความเหนียวของเนื้อหอยขม มีความเหนียว นุ่ม ดีมาก ซึ่งอาจมีผลมาจากวัตถุเจือปนที่เติมลงไป และอาจกล่าวได้ว่าเป็นคุณลักษณะที่เปลี่ยน

แปลงทางกายภาพของหอยขม หลังจากการแปรรูป ที่มีผลดีต่อผลิตภัณฑ์มาก

6.การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หอยขมบรรจุกระป๋อง เมื่อนำมาปรุงเป็นอาหารแล้ว เช่น แกงคั่ว ทดสอบความชอบโดยผู้ชิมทั้งหมด 12 ท่าน ได้ให้ความยอมรับผลิตภัณฑ์นี้พอสมควร และบางท่านก็ให้ข้อเสนอแนะนำบางประการที่จะนำไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่อไป เช่น กลิ่นคาวของหอยขม ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของหอย น้ำจืด ถึงแม้ว่าการปรุงเป็นอาหารจะใช้เครื่องเทศบางอย่างดับกลิ่นก็ตามแต่ ก็ไม่สามารถลดกลิ่นนี้ได้

เอกสารอ้างอิง

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อำนวย โชติญาณวงค์ 2524. การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปฐม เลาหะเกษตร, ศักดิ์ชัย ชูโชติ,และวินัย คงแก้ว.2524 การเลี้ยงหอยขมในกระชัง วารสารเพื่อนเกษตรปีที่ 8 เล่มที่ 6 หน้า 28-32.

เนาวรัตน์ ศุขพันธ์ 2516. การศึกษาลักษณะทางชีววิทยาบางประการของหอยขม. ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ หน้า 1-26

ไพโรจน์ พรหมณนท์ 2507. หัวหน้าแผนกสัตว์น้ำอื่นๆ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสัตว์จำพวกหอย. กองสำรวจและค้นคว้า กรมประมง หน้า 1-7.

ศิวาพร ศิวเวชช์.2521 วัตถุเจือปนในอาหารเล่ม 1 ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มอก.430 2525. มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหอยลายกระป๋อง. สำนักงานมาตราฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ประเสริฐ สายสิทธิ์ 2514. ผลิตภัณฑ์ประมงและหลักการคำนวนอาหาร. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทนง ภัครัชพันธุ์ 2524. การใช้ความร้อนในขบวนการแปรรูป. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Gheyasuddin,S.Ranhmau,A.umtazuddin, M.1979 Biochemical of shellfish of Bangladesh.Journal of Scientific Reserch. 2 (A),15-23.

Gilleis, M.T. 1975. Fish and Shellfish Processing. Noyes data cooperation Park Ridge, New Jerey.London England.

Furia,T.E. 1964. EDTA. in food. Journal of food Technology. 18(12),50-58.

Ball, C.O.1972. Sterilization in food Technology. McGrar-Hill, New York.,

ภาคผนวก

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในหอยขมโดยวิธี Modifild micro Kjeldahl

ชั่งตัวอย่างหอยขมซึ่งได้นำบดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยและกลั่น เติมทองแดงซัลเฟต 1 กรัม โปแตสเซียม 15 กรัม และกรดกำมะถันอย่างเข้มข้น 25 มิลลิลิตร หมุนขวดย่อยและกลั่นให้ผสมกันแล้วนำไปย่อยในชุดอุปกรณ์ย่อย (Digestor) ต้มด้วยความร้อนอ่อนๆ จนกระทั่งหมดควัน เพิ่มไฟให้แรงขึ้น ขณะย่อยหมุนขวดย่อยและกลั่นเป็นครั้งคราวย่อยจนกระทั่งภายในขวดย่อยและกลั่นเปลี่ยนสีเป็นสีฟ้าหรือเขียวอ่อนๆ แล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที ปล่อยให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100 มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วยชุดอุปกรณ์การกลั่น (Distillator) ก่อนลงมือกลั่นประกอบเครื่องสำหรับกลั่นให้พร้อมก่อน เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% ลงไปในขวดย่อยและกลั่น ในปริมาณที่ทำให้สีของตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีดำ เติมลูกแก้ว 3-5 ลูก เพื่อป้องกันการเดือดที่รุนแรง ดำเนินการกลั่นทันทีและตรวจดูความเรียบร้อยของเครื่องมือที่ประกอบนั้น โดยเฉพาะส่วนของขวดจับแก๊ส จะต้องให้ปลายหลอดแก้วที่ต่อกับเครื่องควบแน่นลงในกรดบอริค ที่บรรจุอยู่ในขวดจับแก๊สพร้อมทั้งเติมอินดิเคเตอร์ลงไป 3-4 หยด (ใช้อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทธิลเรดกับบรอมครีซอลกรีน) การต้มกลั่นเพื่อไล่แก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้นให้ระเหยเข้าสู่ขวดจับแก๊ส ทำการกลั่นจนกระทั่งสารละลายในขวดจับแก๊สเปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นสีเขียวอ่อน หรือประมาณ 4 นาที ยกปลายหลอดแก้วที่จุ่มในกรดบอริคขึ้น แล้วใช้น้ำกลั่นล้างในขวดจับแก๊ส ทั้งนี้เพื่อต้องการสิ่งกลั่นที่ติดอยู่กับปลายหลอดแก้วออกให้หมด จะได้ช่วยลดข้อผิดพลาดให้น้อยลงแล้วนำสิ่งที่กลั่นได้ไปไตเตรตกับกรดกำมะถันเข้มข้นประมาณ 0.1 นอร์มอลล์ เมื่อถึงจุด End point น้ำยาจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู

<u>การคำนวณ</u>

1 มิลลิลิตร 0.1 นอร์มอลล์กรดกำมะถันทำปฏิกริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

ความเข้มข้นของกรดกำมะถันคือ	A	นอร์มอลล์
ปริมาณกรดกำมะถันใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง	B	มิลลิลิตร
ปริมาณกรดกำมะถันใช้ไตเตรตกับ	C	มิลลิลิตร
น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์	D	กรัม

นั่นคือ เปอร์เซนต์โปรตีน $= \frac{0.0014 \times A \times (B-C) \times 100 \times 6.25}{0.1 \times D}$

หมายเหตุ

ค่า 6.25 คือ Conversion factor หรือ Kjeldahl factors (ค่าคงที่) คิดคำนวณยึดหลักว่าโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ 16% ฉะนั้นไนโตรเจน 1 กรัม มาจากโปรตีน $= \frac{100}{16} = 6.25$ กรัม

2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันหอยขม โดยใช้ตัวทำละลายตามหลักการของ

ชั่งตัวอย่างหอยขมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 10-20 กรัม ซึ่งได้ทำการบดให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปใส่ลงใน Timble แล้วใส่ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง ประกอบเครื่องมือสกัดไขมัน เริ่มสกัดไขมัน เมื่อตัวทำละลาย (อีเธอร์) ถูกความร้อน จะระเหยเป็นไอขึ้นไป พอกระทบกับความเย็นของเครื่องควบแน่น ก็จะกลั่นตัวเป็นของเหลวหยดลงสู่ภาชนะใส่ตัวอย่าง แล้วทำหน้าที่สกัดไขมันออกจากตัวอย่าง ปริมาณของเหลวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไขมันจะถูกสกัดมากขึ้น เมื่อของเหลวเพิ่มปริมาณเกือบระดับที่จะไหลคืนสู่ภาชนะใส่ตัวทำละลาย ของเหลวซึ่งมีไขมัน ละลายอยู่ด้วยก็จะไหลคืนสู่ภาชนะใส่ตัวทำละลาย และมีบางส่วนเหลืออยู่ในภาชนะใส่ตัวอย่างตลอดเวลา การสกัดจะหมุนเวียนเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดไป

เมื่อไขมันถูกสกัดออกจากตัวอย่างหมดแล้ว ประมาณ 4 ชั่วโมงเอาตัวอย่างออก เทตัวละลายซึ่งมีไขมันปนอยู่ในภาชนะใส่ตัวอย่างลงในภาชนะใส่ตัวทำละลาย นำไประเหยที่อุณหภูมิต่ำๆ ส่วนที่เหลืออยู่ในภาชนะใส่ตัวทำละลายนั้นสุดท้าย คือ ปริมาณไขมันจากตัวอย่าง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator) แล้วนำไปชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าของหอยขม

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหอยขมมาประมาณ 5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (Crusible) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซนติเกรด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่อบแล้วใส่ในเตาเผา (Muffle furnace) เผา ณ อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีขาวหรือสีเทา นำตัวอย่างออกจากเตา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator) แล้วนำไปชั่งจนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในหอยขม โดยวิธีอบด้วยความร้อน (Hot air oven)

ชั่งตัวอย่างหอยขมมาประมาณ 5 กรัม ใส่ในด้วยกระเบื้องหรืออลูมิเมียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว เกลี่ยตัวอย่างออกอย่างสม่ำเสมอ ให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซนติเกรด เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Dessicator) ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่

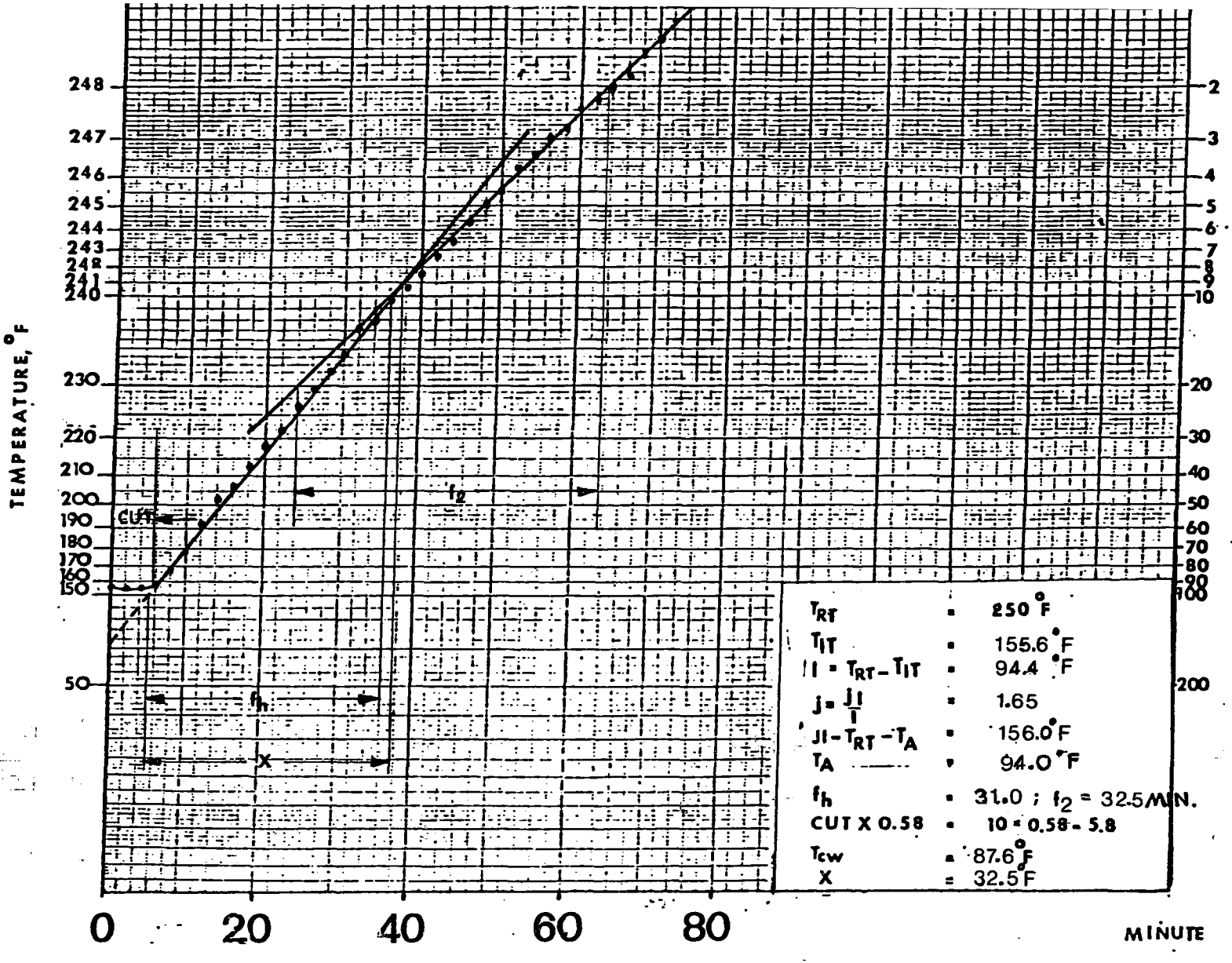
การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักความชื้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ตารางที่ 1. Heat Penetration Data

Hoi-Kom in Brine in 211×400 Can, Retort temperature 250°F

Time (Min.)	Temperature(°F)	Time (Min.)	Temperature(°F)
0	155.6	40	241.8
2	154.4	42	242.8
4	154.2	44	243.3
6	158.1	46	244.5
8	169.7	48	245.0
10	178.2	50	245.6
12	191.8	52	246.2
14	202.6	54	246.7
16	207.9	56	247.1
18	214.8	58	247.3
20	219.0	60	247.7
22	223.5	62	248.0
24	227.1	64	248.0
26	230.2	66	248.3
28	233.9	68	248.6
30	235.0	70	248.7
32	237.4	72	249.0
34	238.5	74	249.1
36	240.0	76	249.0
38	240.7	78	249.0



รูปที่ ๑ กราฟการให้ความร้อนในขบวนการแปรรูปหอยขมบรรจุกระป๋อง อุณหภูมิ ๒๕๐°ฟ เวลา ๔๐ นาที

สรุปความหมายและหาคำที่เกี่ยวข้องกับ TDT Curve (Thermal death time curve)

z = เป็นค่าลบของเศษส่วนกลับของความลาดเอียงของกราฟ TDT หรือกราฟแสดงถึงจำนวนขององศาฟาเรนไฮต์ที่กราฟผ่านวงจร Log เป็นการวัดความเปลี่ยนแปลงของหรืออัตราการตายเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป อาจคิดเป็นจำนวนองศาฟาเรนไฮต์ที่ทำให้อัตราการตายเปลี่ยนไป 10 เท่า

F = จำนวนเวลาที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับการทำลายเชื้อจุลทรีย์จำนวนหนึ่ง เมื่อ z = 18 (F_{250}^{18}) ค่า z เป็น 18 ปกติจะเป็นของ Cl. botulinum

U = เวลาเป็นนาที ที่อุณหภูมิหนึ่งของการให้ความร้อนทำลายเชื้อได้ ณ จุดที่ต้องการภายในกระป๋อง ขณะให้ความร้อน

T_{RT} = อุณหภูมิของ Retort

T_{It} = อุณหภูมิเริ่มต้นของกระป๋อง

T_{cw} = อุณหภูมิของกระป๋องหลังจาก Cooling

j = log factor = $\frac{jI}{I}$

I = $T_{RT} - T_{IT}$

fh = เวลาที่ curve เคลื่อนที่ไป 1 log cycle

f_2 = เวลาที่ curve หักเคลื่อนที่ไป 1 log cycle

x = จำนวนเวลาที่ curve เริ่มหัก

CUT = Come up time

5. การคำนวณ หาระยะเวลาในการให้ความร้อนในขบวนการแปรรูป (Thermal Processing time)ของหอยขมบรรจุกระป๋อง โดยวิธีคำนวณตามสูตรของ Ball (1923,1928)

กำหนดให้ Z = 18 °F (Cl.botulinum)

Fo = 4 Min

T_{RT} = 250 °F

Tcw = 87.6 °F

T_{IT} = 155.6 °F

JI = 156.0 °F

fh = 31.0 Min

f_2 = 38.5 Min

x = 32.5 Min

Ball (1923, 1928) Formular

$$m+g = T_{RT} - Tcw$$

$$= 250-87.6$$

$$= 162.4 \ ^{\circ}F$$

(ใช้รูปที่ 2 fh/u และ log g เมื่อ m+g = 160°F)

$$I = T_{RT} - T_{IT}$$

$$= 250-156.6$$

$$= 94.4 \ ^{\circ}F$$

$$j = \frac{JI}{I}$$

$$= \frac{156.0}{94.4} = 1.65$$

$$x = fh(\log jI - \log gbh)$$

$$\log gbh = \log jI - x/fh$$

$$= 2.2-32.5/31.0$$

log gbh = 1.16

gh/Ubh = 24

(จากรูปที่ 2 ทั้งนี้เมื่อ m + g =160°F ในกราฟที่ Z = 18 และ log gbh =1.16

หา rbh จากรูปที่ 3 ที่ log gbh = 1.16 ในกราฟที่ Z = 18 และ m+g=160°F

จะได้ rbh = 0.65

$$fh/U = \frac{f2}{Fo.Fi + \frac{rbh(f2 - fh)}{fh / Ubh.}}$$

$$fh/U = \frac{38.5}{4\ \ 1 + \frac{0.65\ (38.5-31.0)}{24}}$$

= 9.2

log g หาได้จากรูปที่ 2 เมื่อ fh/u = 9.2 บนกราฟที่ Z = 18

log

B = $fh.\log jI+(f_2-fh).\log gbh-f_2\log g$

= (31.0x 2.2) +(38.5-31.0) 1.16-(38.5x0.95)

= 68.2+ 8.6 - 36.7

= 40.10 Min

$[F^Z_{Tref}]$; Fo = $\frac{fh}{fh/UxFi}$

= $\frac{31.0}{9,2x1}$ = 3.36 Min

6. หลักเกณฑ์การให้คะแนนตาม Ranking test

(1) สีคะแนนเต็ม 5 คะแนน

คุณลักษณะที่ตรวจสอบ	คะแนนที่ได้
สีตามธรรมชาติ สีของส่วนท้องไม่คล้ำ	5
สีตามธรรมชาติ สีของส่วนท้องคล้ำเล็กน้อย	4
สีซีด สีของส่วนท้องคล้ำ	3
สีคล้ำมาก เทาหรือดำ	2

(2) กลิ่นรส คะแนนเต็ม 5 คะแนน

คุณลักษณะที่ตรวจสอบ	คะแนนที่ได้
กลิ่นรสดีตามธรรมชาติ พบเนื้อหอยขม	5
กลิ่นรสดีพอใช้	4
ไม่มีกลิ่นรสของเนื้อหอยขม	3
กลิ่นรสผิดปกติ หรือกลิ่นรสน่ารังเกียจ	2

(3) ลักษณะเนื้อสัมผัส คะแนนเต็ม 5 คะแนน

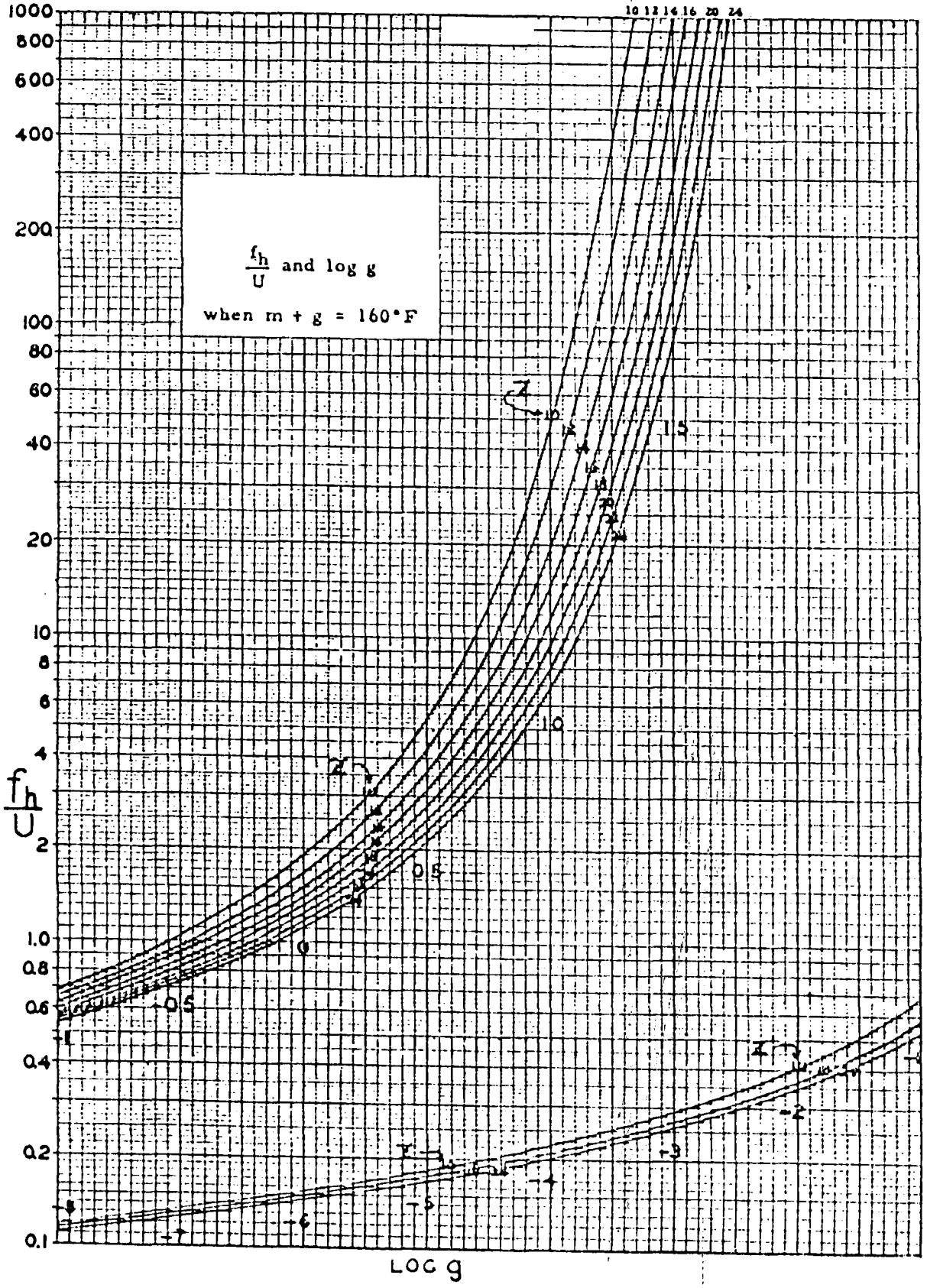
คุณลักษณะที่ตรวจพบ	คะแนนที่ได้
เนื้อนุ่ม เหนียวตามธรรมชาติของเนื้อหอยขม	5
เนื้อนุ่ม หยุ่น	4
เนื้อนุ่ม แต่ไม่เปื่อย	3
เนื้อเปื่อย ยุ่ย	2

ตารางที่ 2

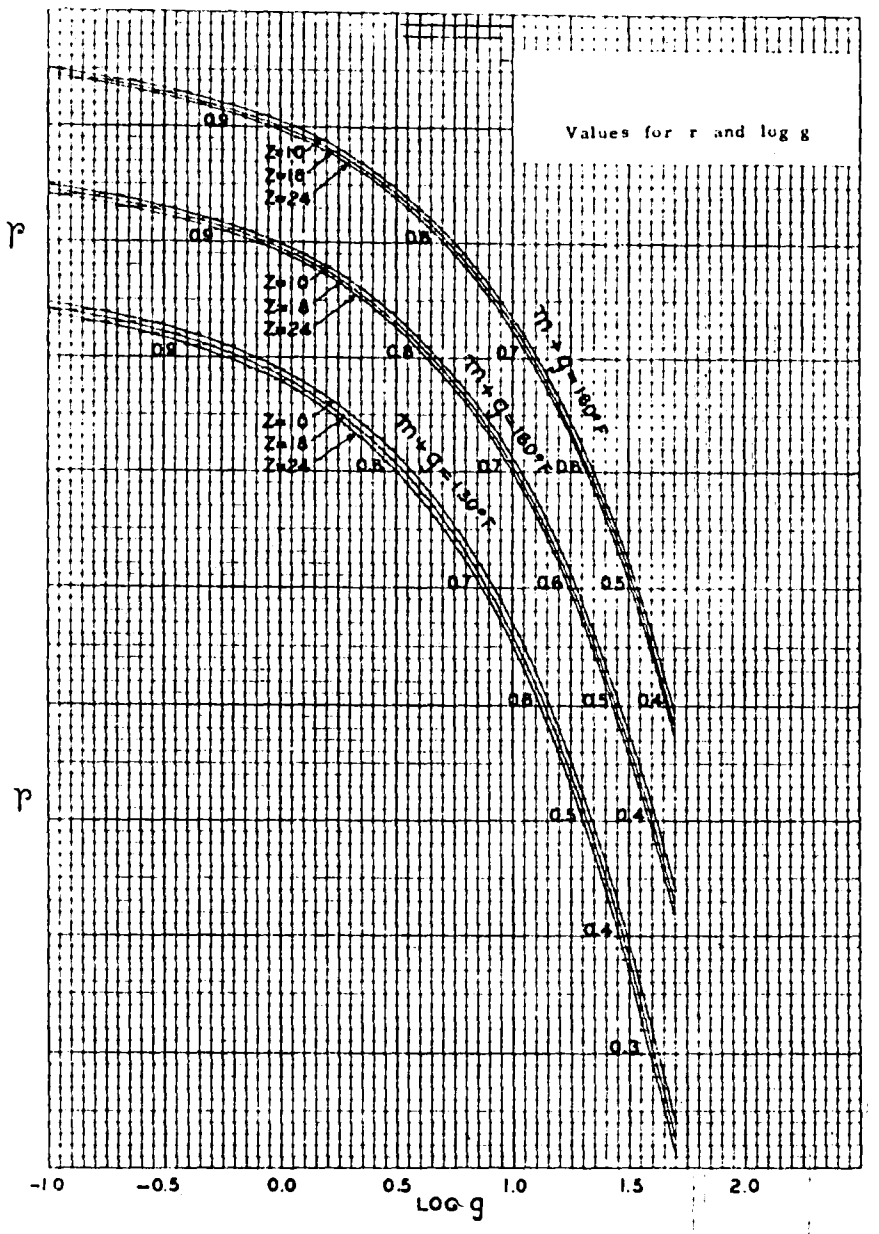
VALUES FOR F_1 WHEN $F_{250} = 1$

$F_1 = \text{Log}^{-1}[-250 \div (R.T. + 460)z]$

R. T. °F.	z = 23	z = 22	z = 21	z = 20	z = 19	z = 18	z = 17	z = 16	z = 15	z = 14	z = 13	z = 12
260	.3674	.3511	.3340	.3162	.2976	.2783	.2581	.2371	.2154	.1931	.1701	.1464
259	.4061	.3898	.3728	.3548	.3360	.3161	.2955	.2740	.2512	.2276	.2040	.1780
258	.4490	.4329	.4160	.3981	.3793	.3594	.3380	.3162	.2929	.2683	.2424	.2152
257	.4962	.4806	.4640	.4467	.4281	.4084	.3874	.3650	.3414	.3167	.2900	.2613
256	.5484	.5336	.5179	.5012	.4833	.4640	.4330	.4210	.3980	.3727	.3460	.3161
255	.6064	.5926	.5780	.5623	.5456	.5275	.5080	.4870	.4642	.4390	.4124	.3829
254	.6701	.6579	.6449	.6310	.6158	.5994	.5821	.5623	.5410	.5179	.4930	.4632
253	.7408	.7307	.7197	.7079	.6952	.6813	.6650	.6490	.6310	.6103	.5879	.5620
252	.8186	.8111	.8031	.7943	.7848	.7743	.7626	.7499	.7356	.7210	.7028	.6805
251	.9046	.9005	.8962	.8913	.8858	.8798	.8738	.8660	.8578	.7818	.8376	.8247
250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
249	1.105	1.110	1.116	1.122	1.129	1.136	1.145	1.154	1.166	1.179	1.194	1.212
248	1.222	1.233	1.245	1.259	1.274	1.292	1.311	1.334	1.359	1.390	1.425	1.464
247	1.350	1.369	1.390	1.413	1.438	1.468	1.501	1.540	1.584	1.638	1.702	1.780
246	1.492	1.520	1.551	1.585	1.624	1.668	1.719	1.778	1.848	1.931	2.031	2.152
245	1.650	1.688	1.730	1.778	1.833	1.896	1.968	2.054	2.154	2.276	2.424	2.613
244	1.824	1.874	1.931	1.995	2.069	2.154	2.252	2.371	2.512	2.683	2.900	3.161
243	2.016	2.082	2.154	2.239	2.335	2.448	2.580	2.740	2.929	3.167	3.460	3.829
242	2.228	2.310	2.404	2.512	2.637	2.783	2.955	3.162	3.414	3.727	4.124	4.632
241	2.457	2.565	2.683	2.818	2.976	3.161	3.380	3.650	3.980	4.390	4.930	5.620
240	2.721	2.848	2.994	3.162	3.360	3.594	3.874	4.210	4.642	5.179	5.879	6.805
239	3.008	3.162	3.340	3.548	3.793	4.084	4.330	4.870	5.410	6.103	7.028	8.247
238	3.325	3.511	3.728	3.981	4.281	4.640	5.080	5.623	6.310	7.210	8.376	10.00
237	3.674	3.898	4.160	4.467	4.833	5.275	5.821	6.490	7.356	7.818	10.00	12.12
236	4.061	4.329	4.640	5.012	5.456	5.994	6.650	7.499	8.578	10.00	11.94	14.64
235	4.490	4.806	5.179	5.623	6.158	6.813	7.626	8.660	10.00	11.79	14.25	17.80
234	4.962	5.336	5.780	6.310	6.952	7.743	8.738	10.00	11.66	13.90	17.02	21.52
233	5.484	5.926	6.449	7.079	7.848	8.798	10.00	11.54	13.59	16.38	20.31	26.13
232	6.064	6.579	7.197	7.943	8.858	10.00	11.45	13.34	15.84	19.31	24.24	31.61
231	6.701	7.307	8.031	8.913	10.00	11.36	13.11	15.40	18.48	22.76	29.00	38.29
230	7.408	8.111	8.962	10.00	11.29	12.92	15.01	17.78	21.54	26.83	34.55	46.32
229	8.186	9.005	10.00	11.22	12.74	14.68	17.19	20.54	25.12	31.67	41.24	56.20
228	9.046	10.00	11.16	12.59	14.38	16.68	19.68	23.71	29.29	37.27	49.30	68.05
227	10.00	11.10	12.45	14.13	16.24	18.96	22.52	27.40	34.14	43.90	58.79	82.47
226	11.05	12.33	13.90	15.85	18.33	21.54	25.80	31.62	39.80	51.79	70.28	100.0
225	12.22	13.69	15.51	17.78	20.69	24.48	29.55	36.50	46.42	61.03	83.76	121.2
224	13.50	15.20	17.30	19.95	23.35	27.83	33.80	42.10	54.10	72.10	100.0	146.4
223	14.92	16.88	19.31	22.39	26.37	31.61	38.74	48.70	63.10	78.18	119.4	178.0
222	16.50	18.74	21.54	25.12	29.76	35.94	43.30	56.23	73.56	100.0	142.5	215.2
221	18.24	20.82	24.04	28.18	33.60	40.84	50.80	64.90	85.78	117.9	170.2	261.3
220	20.16	23.10	26.83	31.62	37.93	46.40	58.21	74.99	100.0	139.0	203.1	316.1
219	22.28	25.65	29.94	35.48	42.81	52.75	66.50	86.60	116.6	163.8	242.4	382.9
218	24.57	28.48	33.40	39.81	48.33	59.94	76.26	100.0	135.9	193.1	290.0	463.2
217	27.21	31.62	37.28	44.67	54.56	68.13	87.38	115.4	158.4	227.6	345.5	562.0
216	30.08	35.11	41.60	50.12	61.58	77.43	100.0	133.4	184.8	268.3	412.4	680.5
215	33.25	38.98	46.40	56.23	69.52	87.98	114.5	154.0	215.4	316.7	493.0	824.7
214	36.74	43.29	51.79	63.10	78.48	100.0	131.1	177.8	251.2	372.7	587.9	1000
213	40.61	48.06	57.80	70.79	88.58	113.6	150.1	205.4	292.9	439.0	702.8	1212
212	44.90	53.36	64.50	79.43	100.0	129.2	171.9	237.1	341.4	517.9	837.6	1464



รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง fh/u กับ log g ที่ m+g = 160 °F

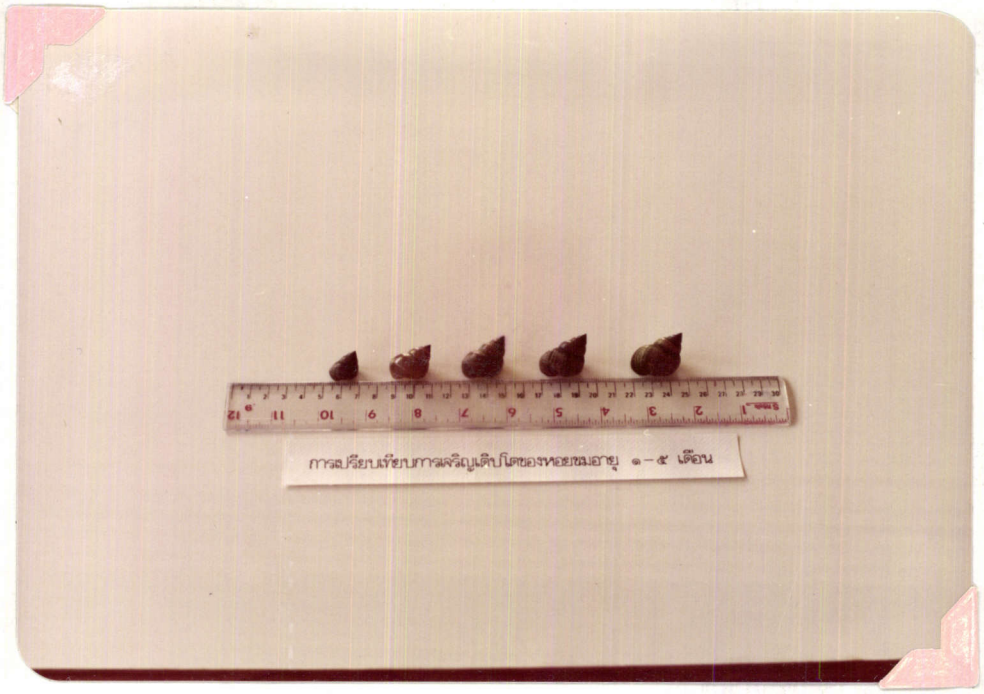


. VALUES FOR r AND LOG g

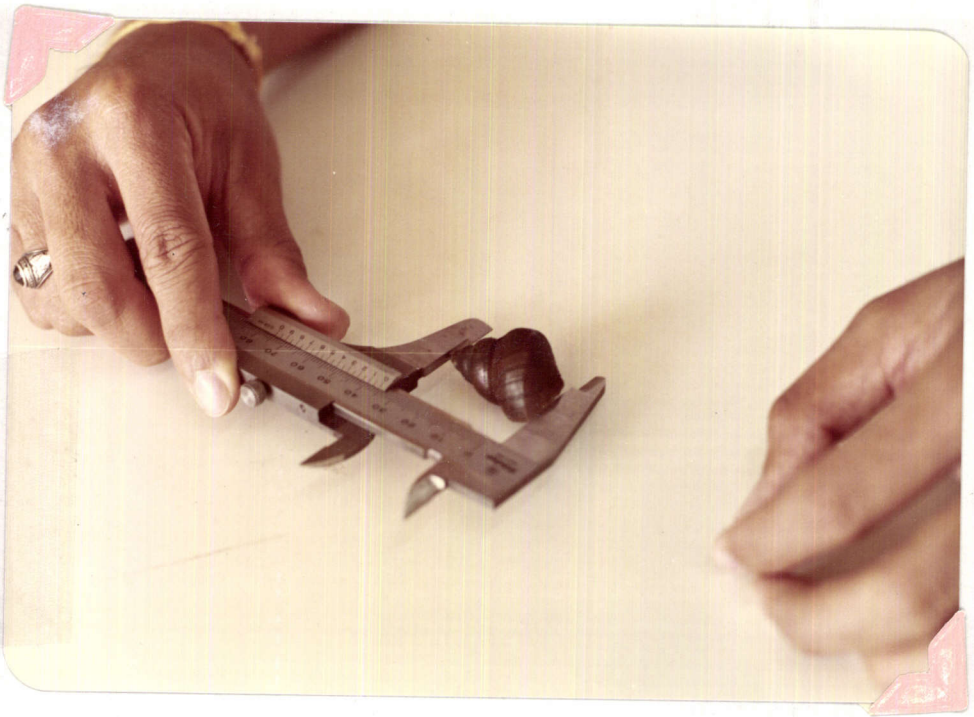
รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง r กับ log g

รูปที่ 4 บริเวณบ่อเลี้ยงหอยขมในกระชัง

รูปที่ 5 ลักษณะการดำรงชีวิตของหอยขม

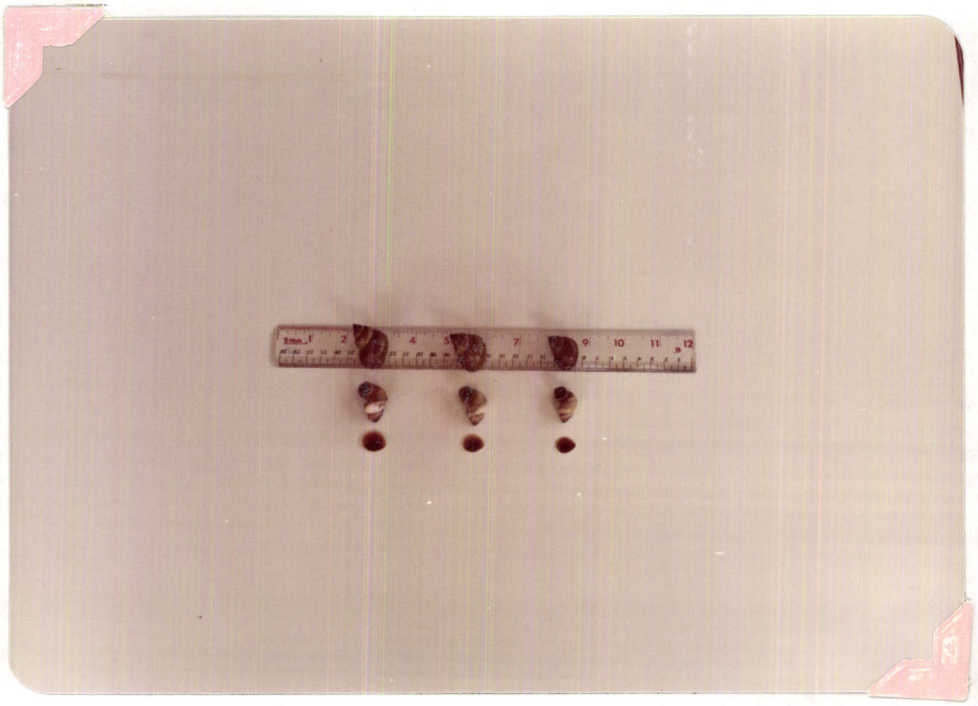


รูปที่ 6 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหอยขม อายุ 1-5 เดือน

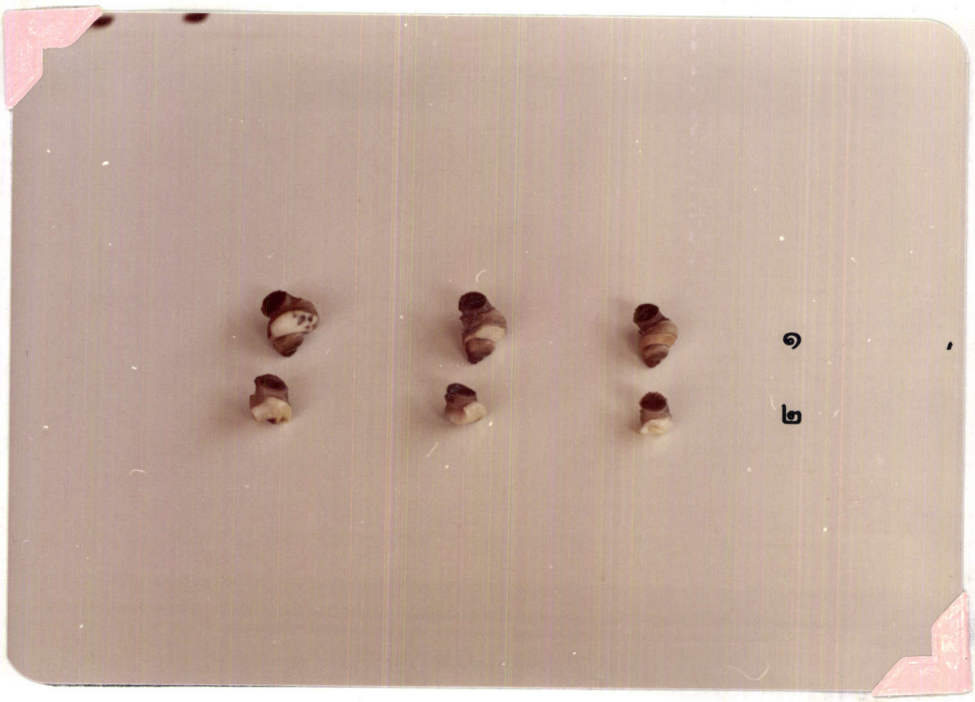


รูปที่ 7 การวัดความยาวของหอยขม

รูปที่ 8 การวัดความกว้างของหอยขม



รูปที่ 9 ลักษณะของหอยขมเมื่อแกะเนื้อออกจากเปลือก



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบลักษณะหอยขม

๑. ไม่ได้ตัดแต่ง

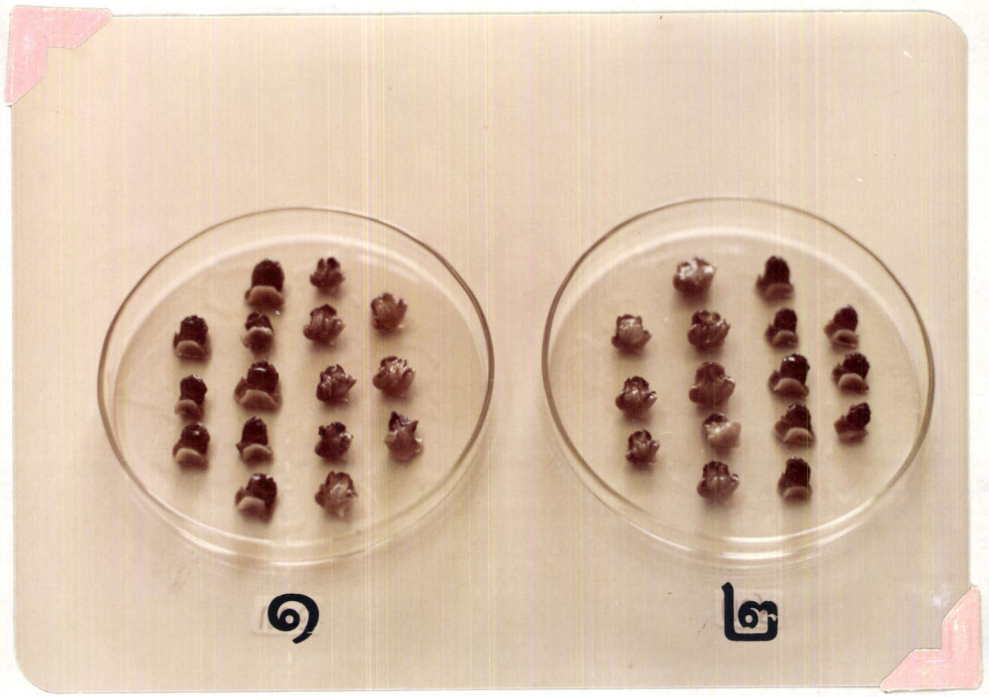
๒. ตัดแต่งแล้ว

รูปที่ 11 ลักษณะเนื้อหอยขมที่ใช้บรรจุกระป๋อง

รูปที่ 12 ลักษณะของสารละลายที่บรรจุในหอยขมบรรจุกระป๋อง

๑ ไม่ได้เติมสารเจือปน

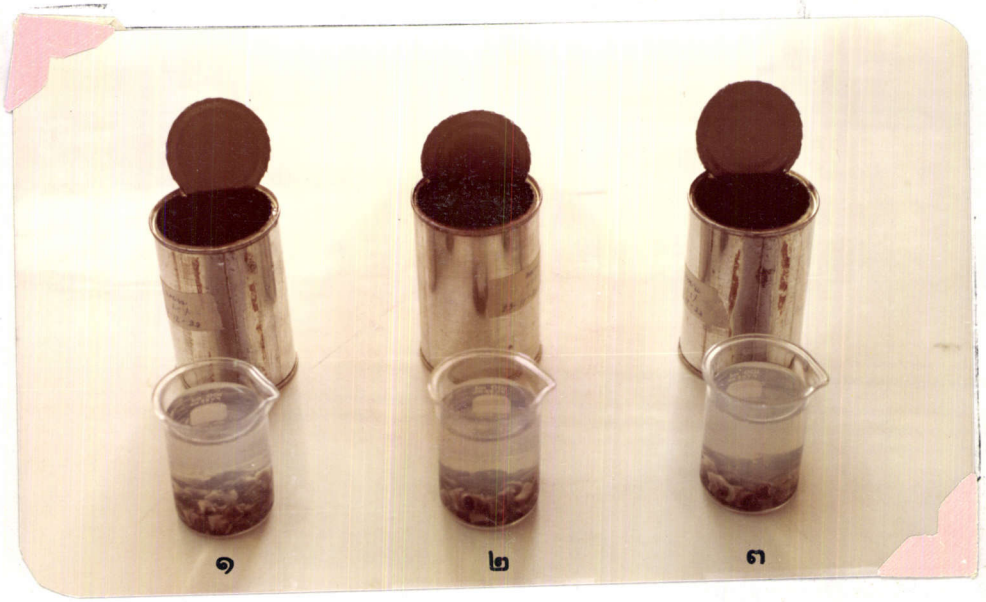
๒ เติมสารเจือปน



รูปที่ 13 ลักษณะเนื้อหอยขมบรรจุกระป๋องหลังจากผ่านขบวนการฆ่าเชื้อ

๑ ไม่ได้เติมสารเจือปน

๒ เติมสารเจือปน



รูปที่ 14 การเปรียบเทียบลักษณะของหอยขมบรรจุกระป๋องเมื่อใช้ความเข้มข้นของ

๑. กรดซิตริก 1 %

๒. กรดซิตริก 0.8 %

๓. กรดซิตริก 0.5 %

รูปที่ 15 หอยขมบรรจุกระป๋องก่อนและหลังการแปรรูปเป็นแกงคั่ว

รูปที่ 16 การวัดสูญญากาศภายในหอยขมบรรจุกระป๋อง