การพัฒนากรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต

Depuration Process Development in Live Cockle

สุเมธ สุพิชญางกูร — Sumate Supichayangure

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล — Poonsap Virulhakul

นิรชา วงษ์จินดา — Niracha Wongchinda

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2540

สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กรมประมง

Technical Paper No. 5/1997

Fishery Technological

Development Institute

Department of Fisheries

การพัฒนากรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต

Depuration Process Development in Live Cockle

สุเมธ สุพิชญางกูร — Sumate Supichayangure

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล — Poonsap Virulhakul

นิรชา วงษ์จินดา — Niracha Wongchinda

เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 5/2540

สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กรมประมง

Technical Paper No. 5/1997

Fishery Technological

Development Institute

Department of Fisheries

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
คำนำ	2
วัตถุประสงค์	3
อุปกรณ์และวิธีการ	3
ผลการทดลอง	7
วิจารณ์	9
สรุป	10
ข้อเสนอแนะ	10
เอกสารอ้างอิง	11
ภาคผนวก ก.	16
ภาคผนวก ข.	21

การพัฒนากรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต

Depuration Process Development in Live Cockle

สุเมธ สุพิชญางกูร Sumate Supichayangure
พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล Poonsap Virulhakul
นิรชา วงษ์จินดา Niracha Wongchinda
สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ Fishery Technological Development Institute

บทคัดย่อ

ได้ทดลองหาระดับที่เหมาะสมของ 3 ปัจจัยในการพัฒนากระบวนการล้างหอยแครงคือ ความหนาแน่นของหอยแครง ความเค็มและอัตราการไหลวนของน้ำทะเลโดยการวัดคุณภาพด้านความปลอดภัย ความสะอาดและความสดของหอยแครงที่ล้าง ณ. เวลา 0,6,12,24,36 ชม.ผลปรากฏว่า ระดับปัจจัยความหนาแน่นที่ 53.42 กก./ ตร.ม. ความเค็มที่ 25 ppt. และอัตราการไหลที่ 20 ลิตร/นาที เป็นระดับที่เหมาะสม คือสามารถลด Aerobic plate count (APC) จาก 2.07×10^5 เหลือ 3.07×10^3 และไม่พบเชื้อ Coliform, Faecal coliform และ *E. coli* ส่วนความสะอาดหลังล้างจะไม่พบดินโคลนทรายเลย (คะแนนความสะอาด 4.37-4.40 จากคะแนนเต็ม 5) และความสดยังสดใกล้เคียงกับวัตถุดิบก่อนล้าง (ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$) ด้วยการใช้เวลาสำหรับการล้างหอยแครงเพียง 12 ชม.เท่านั้น

ABSTRACT

Optimizing level of 3 factors on developing the cockle depuration process : cockle stock density, salinity and recycle flow rate of sea water was tried out. Microbial safety, cleanliness and freshness of 0,6,12,24,36 hrs depurated cockle were examined as a quality response index.The results showed that the using stock density of 53.42 kgs./ m^2 , 25 ppt. salinity, and 20 l/min flow rate were appropriated for depurating cockle to the acceptable quality.The aerobic plate count (APC) decreased from 2.07×10^5 to 3.27×10^3.Besides the coliform, faecal coliform, and *E. coli* were not detected. Cleanliness score was 4.37-4.40 from 5 as the highest score. Freshness of depurated cockle was not different from the undepurated cockle ($P<0.05$) by using only 12 hours for depuration.

คำนำ

การลดสิ่งปนเปื้อนในหอย (Shellfish purification or Shellfish depuration) เป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่องในการที่ทำให้หอยขับล้างสิ่งปนเปื้อนให้ออกจากตัวหอยด้วยตัวของมันเอง โดยการพักหอยในแหล่งน้ำทะเลที่สะอาด หรือบ่อ หรือถังที่มีน้ำทะเลที่สะอาด (Richards, 1988) แต่การลดสิ่งปนเปื้อนในหอยในที่นี้ไม่ได้หมายความว่าสามารถลดสิ่งปนเปื้อนที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคทุกอย่างได้หมด สารพิษบางอย่าง เช่นโลหะหนัก ซีวพิษที่เกิดจากแพลงค์ตอน เช่นพิษอัมพาต(paralytic shellfish poison) ยาฆ่าแมลงที่แทรกซึมอยู่ในตัวหอยจะกำจัดหรือลดได้ยาก แต่ในที่นี้จะหมายถึงการลดปริมาณจุลินทรีย์และสารเคมี หรือสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่อยู่บนเนื้อหอยและภายในระบบทางเดินอาหารของหอยให้น้อยลง หรือกำจัดให้หมดไปด้วยการชะล้างของน้ำทะเลที่ผ่านตัวหอยและการทำความสะอาดของตัวหอยเองเท่านั้น

กรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอยทั่วไปมี 2 ระบบ คือ ระบบไหลวน (ระบบปิด) และระบบไหลผ่าน (ระบบเปิด) ระบบไหลวน จะเป็นการผ่านน้ำทะเลที่สะอาดไปยังอ่างพักหอย (มีชีวิต) ที่ใช้ล้างแล้วไหลล้นออกมาพักที่ถัง หรืออ่างเก็บเพื่อให้ปั๊มส่งน้ำนี้ผ่านไปกรองให้ใสสะอาด และเติมอ๊อกซิเจน ก่อนผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้วจึงไหลไปสู่อ่างพักล้างหอยวนเวียนเช่นนี้จนกว่าหอยที่ล้างจะสะอาด ส่วนระบบไหลผ่านจะผ่านน้ำทะเลที่สะอาดเข้าอ่างพักหอย แล้วไหลล้นออกทิ้งซึ่งกรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนทั้ง 2 ระบบมีปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการลดสิ่งปนเปื้อนในหอย เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ pH ปริมาณอ๊อกซิเจน ความหนาแน่นของหอย แสงสว่างและ ฯลฯ (Furfari, 1966) และปัจจัยแต่ละอย่างจะมีระดับที่เหมาะสมกับหอยแต่ละชนิดแต่ละแหล่งอาศัยแตกต่างกัน ดังนั้นการพัฒนากรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนของหอย จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง และระดับของปัจจัยที่จะนำมาใช้ให้เหมาะสมทั้งสำหรับการลดสิ่งปนเปื้อน และสำหรับการนำไปใช้ปฏิบัติจริงได้ด้วย

Furfari(1966) แสดงปัจจัยต่างๆ ที่ระดับเหมาะสมในการล้างหอยเปลือกแข็ง (เขตหนาว) ไว้ว่า ควรใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-20°ซ pH 7-8.4, ความเค็มที่แตกต่างไปจากความเค็มที่แหล่งเลี้ยงได้ ± 20%, อัตราการไหลของน้ำทะเล 4 ลิตร/นาที/หอย 500 ตัว (โดย Dissolved Oxygen ไม่น้อยกว่า 5 mg/l.) การซ้อนกันของหอยไม่ควรสูงเกิน 6 นิ้ว เป็นการแนะนำ สำหรับ Shellfish Depuration โดยทั่วๆ ไป แต่การล้างจะได้ผลมากน้อยแค่ไหนยังต้องขึ้นกับตัวของหอยเอง, ชนิดของสิ่งปนเปื้อนที่จะลดหรือล้างออกไปด้วย

Richards (1988) ใช้ปัจจัยด้านอุณหภูมิ ในการล้างหอยเปลือกแข็ง (*Mercenaria mercenaria*) ตั้งแต่ 8-25°ซ ให้ผลการลดจุลินทรีย์พวก *E.coli* และ *V. Parahaemolyticus* ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยปัจจัยความเค็มคงที่ ที่ 30-31 ppt. อัตราการไหลของน้ำทะเลคงที่ที่ 2.5 ลิตร/นาที/หอย 250 ตัว

Sangrungruang (1989) เคยทดลองล้างหอยแครง โดยใช้ความหนาแน่น 25 กก./ตร.ม. อัตราการไหลของน้ำทะเล 30 ลิตร/นาที ความเค็ม 35 ppt. อุณหภูมิ 28°ซ ผลการล้าง

สามารถลดปริมาณเชื้อที่เกินมาตรฐานให้อยู่ในมาตรฐานได้ภายใน 24 ชม. และถ้าล้างถึง 48 ชม.จะมีอัตราการตายสูงถึง 13%

งานวิจัยของแต่ละท่านที่กล่าวมาแล้ว จะเน้นเฉพาะเรื่องการลดสิ่งปนเปื้อนในด้านจุลินทรีย์เป็นหลัก แต่ไม่ได้แสดงผลกระทบทางด้านประสาทสัมผัส เช่น รสชาติ, ความสด, ความน่ารับประทานที่อาจเปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากการทำ depuration แต่สำหรับหอยแครงซึ่งเป็นหอยที่อาศัยอยู่ตามดินโคลน ตามเนื้อตัวของหอย และระบบทางเดินอาหารของหอยจะค่อนข้างสกปรก และมีดินโคลนปนเปื้อนสูง ทำให้ลักษณะปรากฏของเนื้อหอยแครงต่อผู้บริโภคนั้นไม่ถูกสุขลักษณะและแลดูไม่น่ารับประทาน การวิจัยการพัฒนากรรมวิธีฯ นี้ นอกจากเน้นเรื่องการลดสิ่งปนเปื้อนด้านจุลินทรีย์ให้ปลอดภัยสำหรับการบริโภคแล้ว ยังเน้นเรื่องความสะอาดของตัวหอย และยังคำนึงถึงคุณภาพด้านความสดและความอร่อยของเนื้อหอยอีกด้วย โดยการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในหลายๆ ปัจจัยสำหรับการล้างหอยแครงเฉพาะออกมา ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อออกแบบระบบ และประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับทดลองการลดสิ่งปนเปื้อนของหอยแครงมีชีวิต
2. เพื่อพัฒนากรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับการลดสิ่งปนเปื้อนของหอยแครงมีชีวิต
3. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตามกรรมวิธีที่หาได้จากข้อ 2.

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. หอยแครง (*Anadara granosa*) : ซื้อจากตลาดสดในเขต กรุงเทพมหานคร ที่มาจากแหล่งเลี้ยงที่ ต.บางตะบูน อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี มีอายุหลังการจับมาแล้วไม่เกิน 24 ชม. ขนาด 65-70 ตัว/กก.
2. น้ำทะเล : ซื้อจากแหล่งขายปลาทะเลสวยงามที่สวนจตุจักร กรุงเทพมหานคร ซึ่งรับมาจากชายฝั่งทะเลที่สะอาด
3. เกลือทะเลเทียม : ใช้แบบเป็นถุงสำเร็จรูปที่ทำเป็นผง สามารถนำมาละลายน้ำให้มีความเค็มระดับต่างๆ และ มีคุณสมบัติอื่นๆ เหมือนน้ำทะเล
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือเพื่อทดลองการล้างหอย
   - อุปกรณ์ฆ่าเชื้อด้วยแสง UV (UV-sterilizer)
   - อ่างน้ำไฟเบอร์กล๊าส สีสว่าง สำหรับพักล้างหอย ขนาด กว้างxยาวxลึก = 45x180x25 ซม.^{3}
   - ปั๊มน้ำแบบจุ่มในน้ำที่ทนต่อน้ำทะเลขนาด 0.4 แรงม้า ปั๊มน้ำได้ 50 ลิตร/นาที
   - อุปกรณ์ท่อ, ข้อต่อ, วาล์วน้ำ PVC

- ชุดกำจัดฟองเมือก (protein skimmer)
- ชุดให้อ๊อกซิเจน ผ้ากรอง เหล็กฉาก น๊อต
- ตะกร้าพลาสติก สำหรับวางพักหอยให้ลอยอยู่ในอ่างพักหอยได้

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ

5.1 อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบทางกายภาพและทางเคมี

- ชุดวัดอ๊อกซิเจนในน้ำ(Viso color MN รุ่น SA 10)
- เครื่องวัดความเค็มแบบมือถือ(Hand Refractometer) (ATAGO วัดช่วง 0-28%)
- เครื่องวัด pH (HANNA รุ่น ปากกากันน้ำ)
- ปรอทวัดอุณหภูมิ 0-100°ซ
- ชุดวัดปริมาณไนไตรท์ (IMPACT Aquanate 8530) และชุดวัดปริมาณแอมโมเนียในน้ำ(IMPACT Aquanate 8510)

5.2 อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบทางจุลินทรีย์

- อุปกรณ์ เครื่องมือ อาหารเลี้ยงเชื้อ และ สารเคมี ต่างๆ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หา Aerobic plate count(APC) Coliforms Faecal coliforms และ *E. coli*

5.3 อุปกรณ์สำหรับตรวจสอบทางประสาทสัมผัส

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลและทำรายงาน

- เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูป (Microsoft Word , Excel)พร้อมเครื่องพิมพ์ กล้องถ่ายรูป

วิธีการ

1. การสร้างเครื่องมือสำหรับทดลองการลดสิ่งปนเปื้อนของหอยแครงมีชีวิต

1.1 ระบบและเครื่องมือ : ใช้ระบบการลดสิ่งปนเปื้อนแบบน้ำหมุนเวียน (ระบบปิด) โดยมี UV-sterilizer เป็นเครื่องมือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในระบบ

1.2 การติดตั้ง : โดยประกอบชุด UV-sterilizer อ่าง ปั๊มน้ำ และท่อเพื่อใช้เป็นระบบให้อากาศ ระบบการกรอง และระบบช่วยกำจัดฟองและเมือกลงไปในโครงเหล็กที่จับยึดไว้ โดยให้ปั๊มสามารถปั๊มน้ำทะเลผ่านเครื่อง UV-sterilizer ออกมาเติมอากาศแล้วไหลผ่านหอยที่วางอยู่ในอ่าง แล้วไหลล้นออกไปกำจัดฟองและเมือกพร้อมกรองสิ่งสกปรก น้ำทะเลที่ผ่านการทำให้ใสสะอาดแล้วจะถูกปั๊มดูดผ่านเข้าไปฆ่าเชื้อที่ UV-sterilizer ใหม่อีก หมุนเวียนแบบนี้ตลอดเวลา โดยสามารถควบคุมอัตราการไหลของปั๊มด้วยการทำ by pass ที่ทางออกของปั๊มได้ พร้อมติดหลอดฟลูออเรสเซ่นให้แสงสว่าง (20 W) เหนืออ่างพักล้างหอย (ตามรูปที่ 1)

2. การพัฒนากรรมวิธีที่เหมาะสมสำหรับการลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต

(ช่วงทดลอง กพ.-กค.2539)

2.1 การวางแผนการทดลอง (Experimental Design) : ใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (2^3 Factorial Experimental Design) (สุรพล,2529)คือ ใช้ 3 ปัจจัยๆละ 2 ระดับ (ระดับต่ำ,

ระดับสูง) จะได้ 2X2X2 เท่ากับ 8 treatments โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำๆละ 8 treatments แต่ละ treatment ใช้เวลาล้างหอย 36 ชม. และจะสุ่มตัวอย่างมาวัดผลที่ระยะเวลา 0 , 6 , 12 , 24 , และ 36 ชม.

2.2 ปัจจัยที่ใช้ทดลอง : จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอย และเป็นปัจจัยที่จำเป็น มีความเป็นไปได้สำหรับการนำไปใช้ในทางปฏิบัติมีอยู่ 3 ปัจจัย คือ

2.2.1) ความหนาแน่นของหอย (น้ำหนักหอย/พื้นที่ที่วางหอย)

2.2.2) ความเค็มของน้ำทะเล (ส่วนในพันส่วน, ppt.)

2.2.3) อัตราการไหลเวียนของน้ำทะเล (ลิตร/นาที)

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ จะอยู่ในการควบคุมไม่มีการผันแปร

2.3 ระดับสูงต่ำของปัจจัยที่ใช้ทดลอง

2.3.1) ปัจจัยด้านความหนาแน่น : กำหนดจากจำนวนชั้นที่ซ้อนกันของหอยแครงในตะกร้าที่วางลอยอยู่ในอ่างล้างหอย เรียง 1 ชั้น จะจุหอยได้ 9 กก./0.2808 ตร.ม. ถ้าเรียง 3 ชั้น จะจุหอยได้ 21กก./0.208 ตร.ม

2.3.2) ปัจจัยด้านความเค็ม (ppt.) : ใช้ช่วงความเค็มต่ำสุดเป็น 20 ppt. สูงสุด 30 ppt. โดยวัดความเค็มด้วย Hand Refractometer(รายละเอียดการกำหนดระดับความเค็มสูง-ต่ำแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

2.3.3) ปัจจัยด้านอัตราการไหลเวียนของน้ำทะเล (ลิตร/นาที) : อัตราการไหลขั้นต่ำเป็น 10 ลิตร/นาที ขั้นสูงเป็น 18 ลิตร/นาที (รายละเอียดการกำหนดระดับอัตราการไหลสูง-ต่ำแสดงไว้ในภาคผนวก ก.)

ดังนั้น จึงสรุปการใช้ระดับปัจจัยที่ระดับต่ำและระดับสูง ของทั้ง 3 ปัจจัยตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 :แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ทดลองการล้างหอยแครงพร้อมสัญญาลักษณ์

สัญญลักษณ์	ปัจจัย	ระดับต่ำ		ระดับสูง	
		สัญญลักษณ์	ค่า	สัญญลักษณ์	ค่า
A	ความหนาแน่นของหอย (Density) (กก./พ.ท วางหอย)	a_1	9	a_2	21
B	ความเค็ม (Salinity) (ppt.)	b_1	20	b_2	30
C	อัตราการไหล (Flow rate) (ลิตร/นาที)	c_1	10	c_2	18

และสามารถเขียนการทดลองทั้ง 8 การทดลอง แทนด้วยสัญญาลักษณ์เรียงกันตั้งแต่การทดลองที่ 1 ถึงการทดลองที่ 8 ได้ดังนี้คือ $a_1b_1c_1$, $a_2b_1c_1$, $a_1b_2c_1$, $a_2b_2c_1$, $a_1b_1c_2$, $a_2b_1c_2$, $a_1b_2c_2$, $a_2b_2c_2$

2.4 การตรวจสอบคุณภาพ

2.4.1) หอยแครง : ตรวจคุณภาพด้าน**ความปลอดภัย** ด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณบักเตเรียคือAerobic plate count วิเคราะห์บักเตเรียกลุ่ม Coliforms และ Faecal coliforms,และวิเคราะห์หา *E. coli* ตามมาตรฐานการตรวจทางด้านจุลินทรีย์ของ APHA (Speck, 1976) และตรวจคุณภาพด้าน**ความสะอาด** ด้วย Sensory test คือ-ให้คะแนนความสะอาดจากการดูการปนเปื้อนของดินโคลนบนเนื้อหอย- ให้คะแนนความสะอาดจากเคี้ยวสัมผัสการปนเปื้อนของดินโคลนในตัวเนื้อหอย และตรวจคุณภาพด้าน**ความสด** ด้วย Sensory test คือ- ให้คะแนนของสีสรร กลิ่น รสชาติ ความแน่นเนื้อและการยอมรับรวมของเนื้อหอยโดย Sensory test ทั้งความสะอาดและความสด ใช้แบบสอบถาม แบบ line scale ที่มีคะแนน 1-5; 1 คือคุณภาพไม่ดีที่สุด , 5 คือคุณภาพดีที่สุด โดยมีรายละเอียดมาตรฐานคะแนนการชิมที่ผ่านมติเป็นเอกฉันท์ของที่ประชุมของ Trained panels 20 คน แนบไปกับแบบสอบถามให้คะแนนเวลาชิม(แบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ข) และคัดเลือก Trained panels 5คน ที่มีมาตรฐานและสามารถให้เวลาต่อการชิมได้ตลอดการทดลองเป็นผู้ชิม (หอยแครงที่ใช้ทดสอบทาง sensory test จะผ่านการลวกในน้ำเดือดนาน 1 นาที แล้วทำให้เย็นทันที)

2.4.2) น้ำทะเล มีการตรวจคุณภาพของน้ำทะเลจากประสิทธิภาพการทำงานของ UV-sterilizer ด้วย Microbiological test เช่นเดียวกันกับหอยแครง และตรวจเฝ้าระวัง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำด้วย chemical and physical test โดยสิ่งที่ตรวจมี pH ความเค็ม อุณหภูมิ อ๊อกซิเจน แอมโมเนีย ไนไตรท์ การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจคุณภาพทั้งหอยแครงและน้ำทะเลจะสุ่มที่ระยะเวลา 0,6,12,24,36 ชม.ในแต่ละการทดลอง ทั้ง 8 การทดลอง

2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ :

2.5.1) นำผลที่วัดได้ทั้งทางด้านจุลินทรีย์ และคะแนนทางประสาทสัมผัสของทุกคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ใน 2.4.1) ของทุกการทดลองมาหาความแตกต่าง($p<0.05$)ตามระยะเวลาในการล้างที่ 0, 6, 12, 24 และ 36 ชม. ทั้ง 2 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ,ANOVA)แบบ Randomized Completed Block Design(RCBD) ก่อนแล้วจึงหาความแตกต่างของระยะเวลาการล้างด้วย Duncan's multiple range test (DMRT) (สุรพล,2529)

2.5.2) หาช่วงเวลาที่น้อยที่สุด (ภายในช่วง 6-36 ชม.) ด้วยการเลือกจากช่วงเวลาการล้างที่น้อยที่สุดที่ไม่แตกต่างโดยใช้ผลการวิเคราะห์จาก DMRT

2.5.3) ใช้ค่าของช่วงเวลาการล้างที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมต่อคุณภาพจากข้อ 2.5.2) ลบค่าเริ่มต้น(ที่ 0 ชม.)ของ 8 การทดลองนั้น

2.5.4) นำค่าที่ลบได้นั้นมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ RCBDเพื่อดูความแตกต่างของทั้ง 8 การทดลองว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$)หรือไม่ ถ้าแตกต่างก็นำค่าของทั้ง 8 การทดลองมาวิเคราะห์หา Effect ด้วยวิธีการของ Yates 2^3 (Garcia,1995)เพื่อ

สร้างเป็นสมการการทำนายสำหรับทำนาย หาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของทั้ง 3 ปัจจัย สำหรับการล้างหอยแครงได้

3. การทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกรรมวิธีที่พัฒนาแล้ว

ใช้ระดับปัจจัยของทั้ง 3 ปัจจัยและระยะเวลาที่น้อยที่สุดตามที่ได้ ทำนายและคัดเลือกไว้จากการพัฒนากรรมวิธีฯ มาทำการปรับตั้งระบบของเครื่องมือล้างหอยแล้วทำการล้างตามระยะเวลา โดยทำการล้าง 3 ซ้ำ มีการตรวจสอบคุณภาพทุกอย่างเหมือนการตรวจสอบในขั้นตอนการพัฒนากรรมวิธีฯ แต่สุ่มตัวอย่างที่ 0 ชม. และที่ระยะเวลาที่ใช้ทำการล้างเท่านั้น แล้วนำข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาความแตกต่าง($p<0.05$)ของทั้ง 3 ซ้ำ เพื่อดูว่าประสิทธิภาพของการล้างแต่ละครั้งให้ผลแน่นอนหรือไม่ และผลเฉลี่ยของคุณภาพหอยแครงที่ล้างด้วยวิธีที่กำหนด(ทำนาย) นี้ ในด้านต่างๆ (ความปลอดภัย, ความสะอาด, ความสด) ได้ผลแตกต่างจากคุณภาพหอยแครงที่ไม่ได้ล้างอย่างไร และได้คุณภาพอยู่ในมาตรฐานที่วางไว้หรือไม่

ผลการทดลอง

1.ผลการสร้างเครื่องมือและระบบสำหรับการทดลองการลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต

สามารถนำเครื่องมือนี้มาทดลองการล้างหอยแครง โดยเครื่องมือนี้สามารถปรับเปลี่ยนและควบคุมระดับของปัจจัยตามที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองได้ทุกการทดลอง

2. การพัฒนากรรมวิธี

2.1 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาการล้างของทุก treatment ในแต่ละคุณลักษณะ ปรากฏว่า ทาง**ด้านความสะอาด** คะแนนความสะอาดจากการดูและจากการเคี้ยวสัมผัสของเนื้อหอย ณ.ระยะเวลาของการล้างต่างกัน(0,6,12,24,36 ชม.) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$)ทุกการทดลอง ทาง**ด้านความสด** คะแนนสีสรรของเนื้อหอยจะแตกต่างเฉพาะการทดลองที่ 5 ,7,8 นอกนั้นไม่แตกต่าง คะแนนของกลิ่นจะแตกต่างเฉพาะการทดลองที่ 5 นอกนั้นไม่แตกต่าง คะแนนของรสชาติและเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันเลยทุกการทดลอง ส่วนคะแนนการยอมรับรวมจะแตกต่างเฉพาะการทดลองที่ 1 ส่วนการทดลองที่ 2 ถึง 8 ไม่แตกต่าง ทาง**ด้านความปลอดภัย** APC จะไม่แตกต่างกันเลยทุกการทดลอง ส่วน Coliform, Faecal coliform และ *E. coli* ตรวจไม่พบทุกการทดลอง ดังนั้นจึงไม่ได้วิเคราะห์ความแตกต่างโดยลักษณะความแตกต่าง ณ.ช่วงเวลา 0,6,12,24,36 ชม.ที่วิเคราะห์ด้วย DMRT แสดงไว้ในตาราง 2

2.2) จากตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ DMRT พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการล้างหอยแครงคือ 12 ชม. เพราะการล้างที่นานกว่า 12 ชม. ไม่ว่าจะล้างนานถึง 24 หรือ 36 ชม. ของทุก treatment ในทุกคุณลักษณะก็ไม่แตกต่างจากที่ 12 ชม. ส่วนที่ 6 ชม. ถ้าล้างต่อจะมีความแตกต่างที่ 24 หรือ 36 ชม. โดยการล้างที่ 12 ชม. สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ ทุกตัวให้อยู่ใน

มาตรฐานของการบริโภคที่ปลอดภัย ความสะอาด และความสด ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับและดีกว่าหอยก่อนล้าง

2.3) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง(ANOVA)ของ 8 treatments ณ ช่วงเวลาที่ 12 ชม. (ตามการเลือกในข้อ 2.2) ปรากฏว่าเฉพาะคุณลักษณะของคะแนนความสะอาดจากการดูและการเคี้ยวสัมผัสใน 8 การทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ส่วนคุณลักษณะอื่น ๆ ใน 8 การทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$)เลย

2.4) ผลการวิเคราะห์หา Effect (ด้วยวิธีการของ Yates 2^3) จากคะแนนความสะอาดจากการดู ปรากฏว่า ความหนาแน่นของหอย(a),อัตราการไหลของน้ำทะเล(c),อิทธิพลร่วมระหว่างความหนาแน่นของหอยกับความเค็มของน้ำทะเล(ab),อิทธิพลร่วม ac และabc มีอิทธิพลต่อความสะอาดของหอย(จากการดู)อย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ด้วยการล้าง 12 ชม.คือ a,ab,และ ac จะมีอิทธิพลทำให้หอยสกปรกมากขึ้น (ค่า Effect จะติดลบ,Effect a=-0.26, ab=-0.25,ac=-0.37) ส่วน c และ abc จะมีอิทธิพลทำให้หอยสะอาดขึ้น (ค่า Effect จะเป็นบวก,Effect c=0.39,abc=0.21) ส่วนความเค็มของน้ำทะเล(b)และอิทธิพลร่วม bc ไม่มีอิทธิพลต่อความสะอาดของหอย(จากการดู)แต่อย่างไร($p<0.05$) และผลการทำนายจากสมการการทำนายปรากฏว่าต้องใช้ความหนาแน่นของหอย 15 กก./0.208 ตร.ม. ความเค็ม 25 ppt. และอัตราการไหลของน้ำทะเล 20 ลิตร/นาที ในการล้างหอยแครงเพื่อให้ได้หอยแครงมีคุณภาพดีในด้านความสะอาดจากการดู(ดังแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ 1)

2.5) ผลการวิเคราะห์หา Effect จากคะแนนความสะอาดจากการเคี้ยวสัมผัส (แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ 2)ปรากฏว่า c และอิทธิพลร่วม ac มีอิทธิพลต่อความสะอาดจากการเคี้ยวสัมผัสของหอย($p<0.05$) โดย c มีอิทธิพลทำให้หอยสะอาดขึ้น(Effect c = 0.29) ac มีอิทธิพลทำให้หอยสกปรก(Effect ac = -0.51) ส่วน a,b,ab,bc,และ abc ไม่มีอิทธิพลต่อความสะอาดของหอยจากการเคี้ยวสัมผัสแต่อย่างไร($p<0.05$) และผลการทำนายจากสมการทำนาย ถ้าใช้ระดับปัจจัยระดับเดียวกับความสะอาดจากการดู จะได้คะแนนความสะอาดจากการเคี้ยวสัมผัสที่แตกต่างจากคะแนนเริ่มต้น(ที่0 ชม.)เท่ากับ 1.73 คะแนน ถ้าคะแนนเริ่มต้นเฉลี่ย2.86 คะแนน (เฉลี่ยจากคะแนนความสะอาดจากการเคี้ยวสัมผัสที่ 0 ชม.) จะได้คะแนนความสะอาดจากการเคี้ยวสัมผัสเท่ากับ4.59 คะแนน(1.73+2.86) จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

2.6) ผลของการทำนาย ความเค็มของน้ำทะเลจะไม่มีอิทธิพลต่อความสะอาดทั้งจากการดูและเคี้ยวสัมผัส ดังนั้น คะแนนความสะอาดจึงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของหอยและอัตราการไหลของน้ำทะเล ถ้านำคะแนนความสะอาดที่เกิดจากความหนาแน่นของหอยที่ระดับต่าง ๆ และอัตราการไหลของน้ำทะเลที่ระดับต่าง ๆ มาสร้างเป็นกราฟ 3 มิติ เพื่อแสดงพฤติกรรมการล้างทำความสะอาดหอยแครงจะได้รูปกราฟดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ซึ่งจะสังเกตได้ว่า อัตราการไหลมีผลต่อคะแนนความสะอาดของหอยทำให้หอยสะอาดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะที่ 20 ลิตร/นาที ที่ความหนาแน่นของหอยต่ำ(รูปกราฟจะเป็นปลายแหลมพุ่งขึ้น)แต่ถ้าแช่หอยในน้ำ

นิ่ง หอยจะไม่สะอาดขึ้นเลย ส่วนความหนาแน่นของหอยไม่ว่าต่ำหรือสูงถ้าไม่มีการไหลของน้ำทะเล หอยจะไม่สะอาด แต่ถ้าใช้อัตราการไหลของน้ำทะลและความหนาแน่นของหอยสูงมากเกินไป ความสะอาดของหอยก็จะกลับน้อยลง (รูปกราฟมุมในกดต่ำลงที่อัตราการไหล 20 ลิตร/นาที ความหนาแน่นของหอย 21 กก./0.208 ตร.ม.)ทั้งนี้น่าจะมาจากการกลับปนเปื้อนเข้าไปใหม่(Recontamination)ก็ได้

3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผล : โดยการใช้ระดับปัจจัยและระยะเวลาในการล้าง ดังนี้

ความหนาแน่นของหอย	ที่	15	กก./0.2808 ตร.ม.
ความเค็มน้ำทะเล	ที่	25	ppt.
อัตราการไหลของน้ำทะเล	ที่	20	ลิตร/นาที
ระยะเวลาการล้าง	ที่	12	ชม.

ผลการทดสอบ 3 ซ้ำ มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ส่วนการทดสอบประสิทธิผลปรากฏว่า สามารถลด Aerobic plate count จาก 2.07×10^5 เหลือ 3.27×10^3 และลด Coliform จาก 7 เหลือ 0 MPN/g.,Faecal coliform จาก 4 เหลือ 0 MPN/g. และไม่พบ *E. coli* เลยในการล้าง 12 ชม. ซึ่งให้ควมปลอดภัยต่อการบริโภค เพราะเชื้อจุลินทรีย์ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้ว ด้านความสะอาดหลังล้างหอยจะสะอาดอย่างเห็นได้ชัด (4.37-4.4 จากคะแนนเต็ม 5)เมื่อเทียบกับหอยที่ยังไม่ล้าง(1.97-2.35 จากคะแนนเต็ม 5) ส่วนด้านความสด เนื้อหอยที่ล้าง 12 ชม.แล้วจะมีสีสรร,กลิ่น,รส,เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมดีขึ้นกว่าหอยที่ยังไม่ล้างเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$)และไม่มีหอยตายในระหว่างการล้าง 12 ชม.(ดังแสดงในตารางที่ 3)

วิจารณ์

การออกแบบระบบและประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับการล้างหอยแครงมีชีวิตในครั้งนี้ นอกจากทำขึ้นมาเพื่อการทดลองพัฒนากรรมวิธีการล้างหอยแล้วยังเป็นการทำเพื่อใช้เครื่องมือนี้สำหรับแนะนำส่งเสริมให้ร้านอาหารหรือภัตตาคารประเภทขายอาหารทะเลสามารถนำไปใช้ล้างหอยที่จะขายแก่ลูกค้าผู้มาบริโภคได้ด้วย ดังนั้นสเกล(scale)ของเครื่องมือจึงกำหนดไว้ให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับการล้างหอยขายของภัตตาคารโดยสามารถนำกรรมวิธีการล้างหอยที่พัฒนาแล้วนี้ไปใช้ล้างหอยแครงเพื่อการจำหน่ายของทางภัตตคารได้ แต่ถ้าต้องการล้างหอยแครงในปริมาณที่เกินกว่าช่วงที่ใช้ทดลอง(21 กก.) ก็ต้องมีการขยายสเกลของเครื่องให้ใหญ่ขึ้นและต้องทำการทดลองในสเกลใหม่ด้วย

การทดลองครั้งนี้ จากการศึกษายังพบว่าการใช้หอยแครงที่สดและแข็งแรง และคัดหอยตายออกให้หมดก่อนทำการล้างจึงจะสามารถล้างหอยได้ผลดี แต่ถ้าหอยไม่แข็งแรง หอยจะตายในขณะล้างได้ง่ายและทำให้น้ำในระบบเสียหมด(แอมโมเนีย>1 ppm.,ไนไตรท์>0.2 ppm.)

ทำให้การล้างไม่ได้ผล ดังนั้นก่อนทำการล้างแต่ละครั้งต้องตรวจสอบคุณภาพหอยก่อนและต้องทราบว่าหอยที่จะนำมาล้างต้องเก็บมาจากแหล่งเลี้ยงไม่นานเกิน 24 ชม. และขนส่งมาในสภาพที่ไม่ทำให้หอยอ่อนแอ เช่น ถูกแดด หรือ ถูกกระแทกกระเทือนมาก จะทำให้หอยเครียดและอ่อนแอได้ เป็นต้น

สรุป

การพัฒนากรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนในหอยแครงมีชีวิต สามารถใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาทดลองหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในกรรมวิธีลดสิ่งปนเปื้อนของหอยแครงได้ โดยปัจจัยความหนาแน่นของหอยแครงที่ระดับ 15 กก./0.2808 ตร.ม. (53.42 กก./ตร.ม.) ปัจจัยความเค็มที่ระดับ 25 ppt. และอัตราการไหลของน้ำทะเลผ่านตัวหอยที่ระดับ 20 ลิตร/นาที เหมาะสมในการทำให้หอยแครงมีคุณภาพทั้งในการลดสิ่งปนเปื้อนด้านจุลินทรีย์คือ APC (Areobic plate count) จาก 2.07×10^5 เหลือ 3.27×10^3 cfu/g; coliforms และ Faecal coliforms จาก 7 และ 4 เหลือ 0(ND) MPN/g และความสะอาดก็สามารถลดปริมาณดินโคลนทรายในหอยแครงให้สะอาดได้ จากคะแนนความสะอาด 1.97-2.35 เป็น 4.37-4.4 คะแนน (จากคะแนนความสะอาดสูงสุด 5 คะแนน) ซึ่งทำให้หอยแครงหลังล้างแล้วสะอาดอย่างเห็นได้ชัด ส่วนความสดจะมีคะแนนดีกว่าหอยแครงที่ยังไม่ล้างเล็กน้อย ในทุกๆ ด้านไม่ว่า สีสรร กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมทั้งนี้ก็เพราะว่าเมือกและดินโคลนสิ่งสกปรกถูกชะล้างออกไปทำให้เนื้อหอยมีสีสรรดีขึ้น กลิ่นไม่คาวมากเกินไป ส่วนรสชาติจะเพิ่มความเค็มทำให้มีรสชาติดีกว่า หอยแครงที่ยังไม่ล้าง ซึ่งจะจืดชืดกว่ามาก ส่วนเนื้อสัมผัส เนื่องจากการล้างใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 12 ชม. การอดอาหารของหอย จึงยังไม่มีผลต่อเนื้อหอยและการยอมรับรวม ในด้านความสดจึงยังมีการยอมรับได้อยู่สูง และไม่มีหอยตาย(อัตราการตาย 0%) แต่ถ้ามีการล้างต่อไปจนถึง 36 ชม. ความสดและการยอมรับรวมจะเริ่มต่ำลง และเริ่มมีหอยตาย (อัตราการตาย 0.5-1%)

ข้อเสนอแนะ

จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นและกรรมวิธีการล้างหอยที่ได้พัฒนานี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภัตตาคารหรือสถานที่ที่จำหน่ายหอยสองฝา ซึ่งผู้บริโภคอาจต้องการการบริโภคสดหรือครึ่งดิบครึ่งสุก จะสามารถลดความเสี่ยงจากสิ่งปนเปื้อน เช่น ดินโคลน เชื้อจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้ โดยในเบื้องต้นอาจใช้กับหอยแครงก่อน เพราะทดสอบประสิทธิภาพของการล้างหอยแครงมาแล้วว่าได้ผล ส่วนหอยสองฝาชนิดอื่น ควรมีการพัฒนากรรมวิธีการล้างเพื่อหาปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เหมาะสมกับหอยแต่ละชนิดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ขวัญฤทัย ถนอมเกียรติ.2537. การสำรวจความชุกชุมและการแพร่กระจายของพันธุ์หอยแครง บริเวณทะเลชายฝั่ง จ. เพชรบุรี. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 14/2537. กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 24 หน้า.

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ, สมนึก กบิลรัมย์และ ยงยุทธ สุดมี. 2533. การบริโภคออกซิเจนของหอยแครง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2533 สถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จ. ระยอง กรมประมง. 18 หน้า.

ยุทธ ฮั่นโสภา. 2528. คำถาม-คำตอบเกี่ยวกับเรื่องหอยแครง. เอกสารประกอบการสอนวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. ภาควิชาวาริชศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 12 หน้า.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2529. สถิติการวางแผนการทดลอง. เล่ม 1. แอ๊สเสทการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 435 หน้า.

Furfari, S.A. 1966. Depuration plant design. Public Health Service. Pub. No. 999-FP-7 U.S. Dept. Health, Education and Welfare, Washington DC. 119 p.

Garcia-Diaz, A. and D.T. Phillips. 1995. Principles of Experimental Design and Analysis. Chapman and Hall Pub. London, UK. 409 p.

Richards, G.P. 1988. Microbial Purification of Shellfish: A Review of Depuration and Relaying. J. of Food Protection, Vol. 51, No. 3 pp. 218-251.

Sangrungruang, K., S. Sahavacharin and J. Ramanudom. 1989. Depuration of some Economically Important Bivalves in Thailand. ASEAN Food Journal. Vol. 4, No. 3. July 1989. pp. 101-106

Speck, M.L. 1976. Compendium of Methods of the Microbiological Examination of Foods. APHA, Inc. 701 p.

Wheaton, W. F. and T.B. Lawson. 1985. Processing Aquatic Food Products. A. Wiley Interscience Pub. John Wiley and Sons. p. 235.

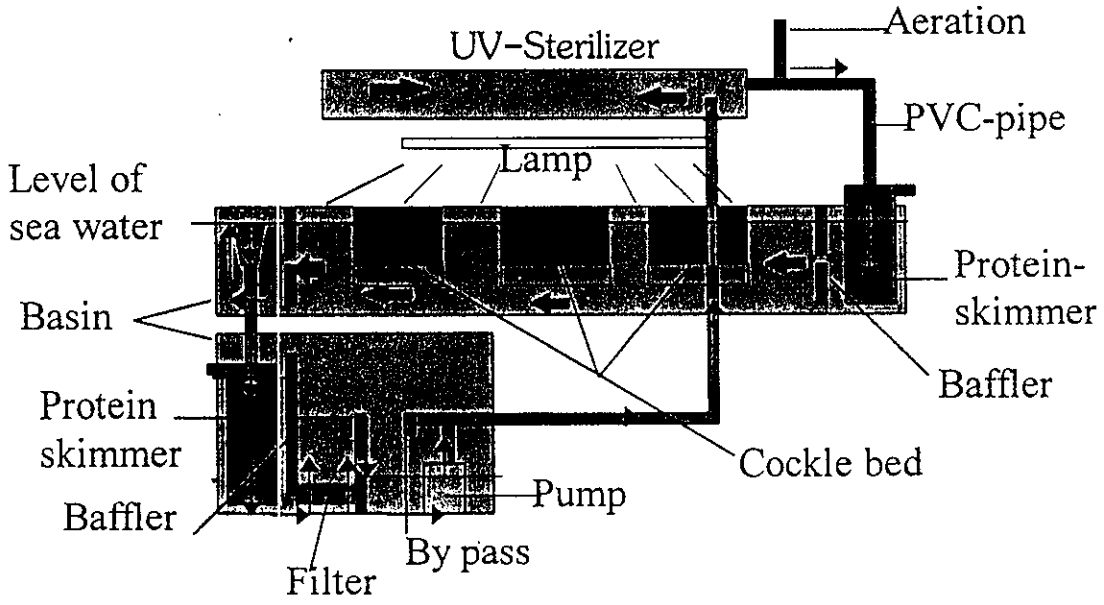


Figure 1 : Cockle depuration instruments and sea water recycle system

Figure 2 :Cleanliness score(eye) changing by 2 factors

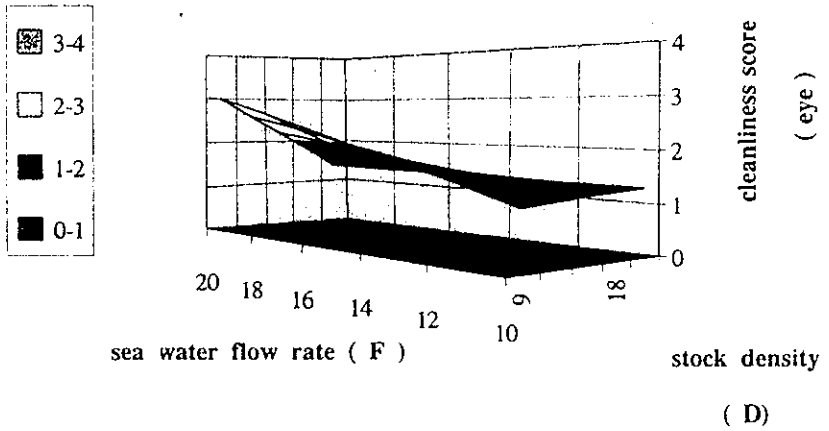


Figure 3 :Cleanliness score(mouth) changing by 2 factors

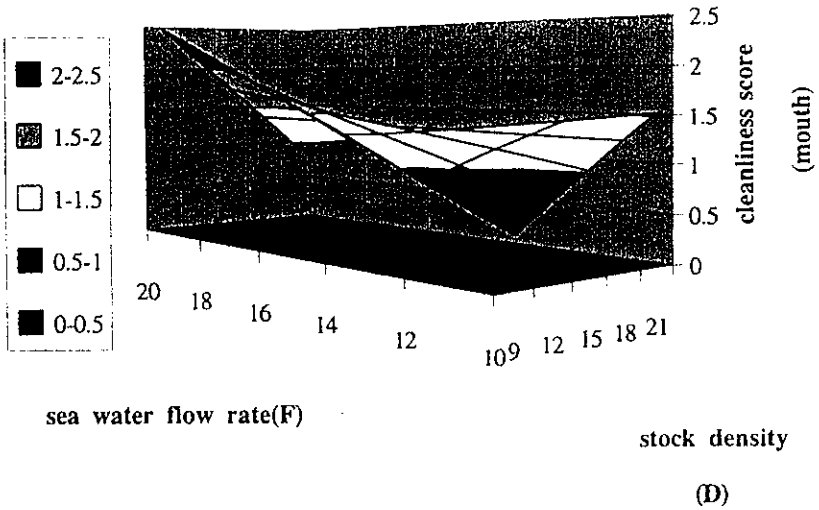


Table 2 : Different analysis of depuration time in each treatment using ANOVA(RCBD) and DMRT

Attribution	Treatment	Significant	Mean diff.(DMRT)					
			0	6	12	24	36	hr.
Cleanliness								
By eye	T1	Sig.	2.8	3.78	3.96	4.23	4.27	
	T2	Sig.	2.17	3.62	3.88	3.99	4.18	
	T3	Sig.	2.47	3.77	4.09	4.22	4.21	
	T4	Sig.	2.46	3.78	3.71	4.22	4.13	
	T5	Sig.	1.95	3.91	4.15	4.33	4.4	
	T6	Sig.	2.42	3.57	4.02	4.48	4.46	
	T7	Sig.	1.86	3.58	3.95	4.26	4.39	
	T8	Sig.	2.57	3.95	4.07	4.21	4.36	
By mouth	T1	Sig.	3.21	3.94	4.08	4.35	4.39	
	T2	Sig.	2.64	3.95	4.17	4.19	4.53	
	T3	Sig.	3.23	3.94	4.15	4.1	4.08	
	T4	Sig.	2.68	3.95	3.99	4.22	4.35	
	T5	Sig.	2.56	3.96	4.16	4.47	4.5	
	T6	Sig.	3.01	3.93	4.22	4.62	4.62	
	T7	Sig.	2.42	3.96	4.2	4.32	4.48	
	T8	Sig.	3.16	4.2	4.38	4.61	4.65	
Freshness								
Colour	T5	Sig.	2.72	3.56	3.42	3.47	3.62	
	T7	Sig.	3.52	4.03	4.09	4.15	4.26	
	T8	Sig.	3.22	3.85	3.93	3.97	3.83	
	T1,T2,T3,T4,T6	non-sig.	-	-	-	-	-	
Odor	T5	Sig.	3.24	3.42	3.51	3.97	3.98	
	T1-T4,T6-T8	non-sig.	-	-	-	-	-	
Flavour	T1-T8	non-sig.	-	-	-	-	-	
Texture	T1-T8	non-sig.	-	-	-	-	-	
Acceptability	T1	Sig.	3.42	3.6	3.92	4.0	3.79	
	T2-T8	non-sig.	-	-	-	-	-	
Microbial safety								
-APC	T1-T8	non-sig.	-	-	-	-	-	
-coliforms	T1-T8	no analysis	ND*					
-faecal coliforms	T1-T8	no analysis	ND					
-E. coli	T1-T8	no analysis	ND					

*ND = Not Detected

Table 3: 12 hr.cockle depuration

	0 hr.	12 hr.	standard
Microbiological Safety			
APC (cfu/g)	2.07×10^5	3.27×10^3	less than 5×10^5
Coliforms (MPN/g)	7	0 (ND)	" 1600
Faecal coliform (")	4	0 (ND)	" 2.3
E. coli. (")	0 (ND)	0 (ND)	" 2.3
Cleanliness			
Cleanliness Score by eye	1.97	4.37	full score 5
Cleanliness Score by mouth	2.35	4.4	"----------"
Freshness Score			
colour	3.72	4.32	"----------"
odor	3.93	4.11	"----------"
flavour	3.93	4.13	"----------"
texture	3.75	4.03	"----------"
acceptability	3.68	4.14	"----------"
	Death rate 0 %		

ภาคผนวก ก.

การกำหนดระดับสูง-ต่ำของปัจจัยด้านความเค็มและอัตราการไหลของน้ำทะเล

<u>ปัจจัยด้านความเค็ม (ppt.)</u>

ขวัญฤทัย (2537) เคยสำรวจถึงการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในน้ำทะเลของแหล่งเลี้ยงหอยที่ ต.บางตะบูน จ.เพชรบุรี ในปี 2536-37 ไว้ว่า ค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุดคือที่ 15-40 ppt. ดังนั้น ค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 27.5 ppt. และ Furfari (1966) ให้ใช้ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปจากที่หอยเคยชินได้ 20% ดังนั้น ช่วงความเค็มที่ใช้กับหอยแครงจึงอยู่ที่ 27.5±5.5 (5.5 มาจาก 20% ของ 27.5) คือช่วง 22-33 ppt. แต่จากการศึกษาของ ยุทธ(2528) ได้กล่าวไว้ว่าหอยแครงจะอาศัยอยู่ได้ในความเค็มของน้ำทะเลช่วง 10-30 ppt. ถ้าความเค็มสูงหรือต่ำกว่านี้หอยจะทนทาน หรือมีชีวิตอยู่ได้ระยะหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นช่วง 22-33 ppt. จึงยังเกินช่วงที่หอยแครงจะดำรงชีพ จึงปรับลดระดับสูงจาก 33 ppt. เหลือ 30 ppt. และปรับระดับต่ำจาก 22 ppt. เป็น 20 ppt. (การปรับต่ำเกินไปทำให้หอยแครงหยุดการ depuration ได้)

<u>ปัจจัยด้านอัตราการไหลเวียนของน้ำทะเล (ลิตร/นาที)</u>

อัตราการไหลของน้ำทะเลผ่านตัวหอยมากน้อย นอกจากมีส่วนต่อการชะล้างสิ่งปนเปื้อนออกจากตัวหอยแล้ว ยังมีผลต่อการอยู่รอดของหอยอีกด้วย เนื่องจากน้ำทะเลที่ผ่านตัวหอยจะเป็นตัวนำอ๊อกซิเจนที่หอย จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิตมาด้วย ดังนั้น ถ้าอัตราการไหลต่ำอันทำให้ปริมาณอ๊อกซิเจนไม่เพียงพอต่อการใช้ของจำนวนหอยที่มีอยู่ในอ่าง หอยก็จะตายได้ การกำหนดระดับอัตราการไหลเวียนขั้นต่ำ จึงต้องเป็นอัตราการไหลขั้นต่ำที่สามารถนำพาปริมาณอ๊อกซิเจนมาให้แก่ปริมาณหอยที่มีอยู่ใช้ได้พอดี (เพื่อให้หอยอยู่รอดและยังประหยัดสำหรับการใช้ปั๊มและใช้ไฟฟ้า)

<u>การคำนวนหาอัตราการไหลระดับต่ำของน้ำทะเลที่ผ่านตัวหอย</u>

ปริมาณหอยสูงสุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ 21 กก. (21,000 กรัม) ดังนั้น จึงต้องหาปริมาณอ๊อกซิเจนที่เพียงพอสำหรับการบริโภคของหอย 21 กก.นี้

Furfari (1966) ได้ให้สมการความสัมพันธ์ไว้ว่า

$$R = (D.O.)(Q)$$

โดย R = อัตราบริโภคอ๊อกซิเจนของหอย (mg/hr/น.น เนื้อหอย)

D.O. = ปริมาณอ๊อกซิเจนที่สามารถละลายในน้ำ (mg/l.)

Q = อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านหอย (l/hr./ น.น เนื้อหอย)

แต่ D.O. = ปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายน้ำที่หอยสามารถดึง ไปใช้ได้+ปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายน้ำที่หอย ดึงไปใช้ได้ยาก จากการวัดค่า D.O. ในน้ำทะเลที่ 32°C (การ aeration ปกติ) เฉลี่ย= 5.6 mg/l ดังนั้น สมมุติให้ปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเล= 5.6 mg/l ส่วนปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายน้ำที่<u>หอยแครง</u> ดึงไปใช้ได้ยากจะ อยู่ที่ระดับ 3.8 mg/l (จารุวัฒน์, 2533)ดังนั้น D.O. ที่หอยแครงสามารถดึงไปใช้ได้ = 5.6-3.8 = 1.8 mg/l ดังนั้น

R หอยแครง = (1.8)(Q) ——— ①

จารุวัฒน์(2533) ได้อ้างถึงความสัมพันธ์ของอัตราการบริโภคอ๊อกซิเจน (R)ของหอยกับน้ำหนักเนื้อหอยเป็นสูตรดังนี้

$$R = a_r W^{br}$$

R = อัตราการบริโภคอ๊อกซิเจนของหอยในสภาวะปกติ (Routine metabolic rate) (mg/hr.)

a_r = ระดับการบริโภคอ๊อกซิเจน (level of Metabolism) (ขึ้นกับกิจกรรมของหอยในสภาวะต่างๆ)

W = น้ำหนักเนื้อของหอย (gm)

b_r = สัมประสิทธิความลาดชัน (Regression Coefficient) (ขึ้นกับปริมาณน้ำที่ระบายผ่านเหงือกและปริมาณอ๊อกซิเจนที่ถูกหอยดึงไปจากน้ำแต่ละลิตร) และสามารถหาอัตราการบริโภคอ๊อกซิเจนเฉพาะของหอยแครง ได้คือ

R หอยแครง $= 0.540(w)^{0.604}$ $(a_r=0.54; b_r=0.604)$ ——— ②

และยังหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักหอยแครงทั้งเปลือก (BW) กับน้ำหนักเนื้อหอยแครง (W) ได้ดังนี้

$$W = -0.6571+0.297\ (BW)$$

∴ถ้าใช้หอยแครง21กก.W =-0.6571+0.297(21,000)=6236.6429 gm ——— ③

จาก ② level of Metabolism ที่ 0.540 ของหอยแครงเป็น level ปกติไม่ตื่นตัว แต่ถ้าในสภาพที่หอยแครงถูกกระตุ้นจากการทำ Depuration หอยแครงต้องตื่นตัวตลอดเวลา ซึ่งจารุวัฒน์(2533) กล่าวว่าภาวะที่หอยแครงตื่นตัว (ถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอก) จะมี level of Metabolism (a_r) เป็น 4.038 เท่าของภาวะปกติ

∴ ค่า a_r = 0.54(4.038) = 2.18052 ——— ④

∴จาก②และ④จะได้Rของหอยแครงในภาวะตื่นตัว=$2.18052(W)^{0.604}$ ——— ⑤

แทนค่า W จาก ③ ใน ⑤ แล้ว take log

$$\text{Log } R = \log 2.18052 + 0.604 \log(6236.6429)$$

$$\text{Log } R = 2.6037$$

$$R = 10^{2.6037} = 427.2779$$ ——— ⑥

และจารุวัฒน์(2533) ยังได้เน้นถึงสภาวะที่หอยแครงขาดอ๊อกซิเจนนานเกิน 18 ชม. (อยู่ในภาวะน้ำแห้ง) เมื่อกลับสู่ภาวะปกติ(มีน้ำ) อัตราบริโภคอ๊อกซิเจน (R)จะเพิ่มขึ้นถึง 2.5 เท่าดังนั้น R ของหอยแครงในสภาวะตื่นตัว และขาดน้ำเมื่อกลับสู่ภาวะการมีน้ำจะเท่ากับ

สมการ⑥x2.5 R =2.5x427.2779 = 1068.19475 mg/hr ——— ⑦

แทนค่า ⑦ ใน ①∴1068.19475 = (1.8)(Q)

∴ Q = 1068.19475/(1.8) l/hr/ น.นหอยแครง 21 กก.

= 1068.19475/(1.8x60) l/min/ น.นหอยแครง 21 กก.

Q = 9.89 l/min/ น.นหอยแครง 21 กก.

Wheaton(1985) กล่าวว่าจุลินทรีย์ในสภาวะเหมาะสมสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน (generation) ได้ทุก 30 นาที ดังนั้น เพื่อป้องกันปัญหาการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในขณะทำการ Depuration ปริมาณน้ำทะเลที่ใช้ หมุนเวียน ทั้งหมดต้องผ่าน UV-Sterilizer ภายในเวลา 30 นาที น้ำทะเลที่ใช้ในระบบนี้ไม่เกิน 200 ลิตร ดังนั้น อัตราการไหลอย่างต่ำจึงไม่ควรต่ำกว่า 200ลิตร/30 นาที หรือ 6.6 ลิตร/นาที ซึ่งจากการคำนวนอัตราการไหลของน้ำทะเลผ่านหอย 21 กก. อยู่ที่ 9.89 ลิตร/นาที ดังนั้น จึงไม่มีปัญหาของการเพิ่มจุลินทรีย์ในระหว่างการทำ Depuration แบบหมุนเวียน เพราะฉะนั้นอัตราการไหลเวียนของน้ำทะเลในการทดลองครั้งนี้ที่ระดับต่ำ จึงกำหนดไว้ = 10 ลิตร/นาที และกำหนดระดับสูงไว้ที่ 18 ลิตร/นาที (เนื่องจากข้อจำกัดของปั๊มที่ใช้มีอัตราการไหลได้สูงสุดในระบบที่ติดตั้งไว้นี้ได้แค่ 20 ลิตร/นาทีเท่านั้น)

Table 1 : Analysis and prediction level of factors from cleanliness score (eye)											
r =	10	n =	3	F-table	(0.95,7,63) =		2.16	MS	=	0.319	
r.2^n-1=	40	r.2^n=	80	t-table(0.95,(r-1).2^n)) =			1.674	Std dev of effect =		0.126	
treatment	total	run 1	run 2	run 3	effect	SS	MS	F-TES	Significant	effect estimate	
"1"	11.6	28.7	57.4	130.3	1.63	212.23					
a	17.1	28.7	72.9	-11.1	-0.28	1.54	1.54	4.83	1	-0.066	-0.489
b	16.2	38	1.8	-3.1	-0.08	0.12	0.12	0.38	0	0.134	-0.289
ab	12.5	34.9	-12.9	-10.1	-0.25	1.28	1.28	4.00	1	-0.041	-0.464
c	22	5.5	-3.6E-15	15.5	0.39	3.00	3.00	9.41	1	0.599	0.176
ac	16	-3.7	-3.1	-14.7	-0.37	2.70	2.70	8.46	1	-0.156	-0.579
bc	20.9	-6	-9.2	-3.1	-0.08	0.12	0.12	0.38	0	0.134	-0.289
abc	14	-6.9	-0.9	8.3	0.21	0.86	0.86	2.70	1	0.419	-0.004
			non-significant =0			significant = 1					
		Factor		Low level	High level		H+L/2	H-L/2			
		Density (D)		9	21		15	6			
		Salinity (S)		20	30		25	5			
		Flow rate (F)		10	18		14	4			
					Cleanliness(eye)		Assume Variable		Calculate Variable		
Code variable		Uncode variable			response	Y =	2.21		2.21		
X1	(D-(H+L/2))/(H-L/2)			0	density	D =	15		15		
X2	(S-(H+L/2))/(H-L/2)			0	salinity	S =	25		#DIV/0!		
X3	(F-(H+L/2))/(H-L/2)			1.5	flow rate	F =	20		20		
E1 = effect a *sig?				-0.28							
E2 = effect b *sig.?				.0							
E12 = effect ab*sig.?				-0.25							
E3 = effect c *sig?				0.39							
E13 = effect ac *sig.?				-0.37							
E23 = effect bc *sig?				0							
E123=effect abc*sig.?				0.21							
Y' =				1.63							
Y =	Y'+(E1.X1)+(E2.X2)+(E12.X1.X2)+(E3.X3)+(E13.X1.X3)+(E23.X2.X3)+(E123.X1.X2.X3)									2.21	
X'1 =	(Y-Y'-(E2.X2)-(E3 X3)-(E23.X2.X3))/(E1+(E12.X2)+(E13.X3)+(E123.X2.X3))									3E-16	
X'2 =	(Y-Y'-(E1.X1)-(E3 X3)-(E13.X1.X3))/(E2+(E12.X1)+(E23.X3)+(E123.X1.X2))									#####	
X'3 =	(Y-Y'-(E1.X1)-(E2 X2)-(E12.X1.X2))/(E3+(E13.X1)+(E23.X2)+(E123.X1.X2))									1.5	

Table 2: Analysis and prediction level of factors from cleanliness score (mouth)

r =	10	n =	3	F-table	(0.95,7,63) =		2.16	MSE	=	0.3822	
r.2^n-1=	40	r.2^n=	80	t-table(0.95,(r-1).2^n)) =			1.674	Std dev of effect =		0.138	
treatment	total	run 1	run 2	run 3	effect	SS	MS	F-TEST	Significa	effect estimati	
"1"	8.7	24	46.3	104	1.30	135.20					
a	15.3	22.3	57.7	0.6	0.02	0.00	0.00	0.01	0	0.246	-0.216
b	9.2	28.1	10.5	-0.2	-0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.226	-0.236
ab	13.1	29.5	-9.9	-4.8	-0.12	0.29	0.29	0.75	0	0.111	-0.351
c	16	6.5	-1.7	11.4	0.29	1.62	1.62	4.25	1	0.516	0.054
ac	12.1	3.9	1.5	-20.4	-0.51	5.20	5.20	13.61	1	-0.279	-0.741
bc	17.8	-3.9	-2.7	3.2	0.08	0.13	0.13	0.33	0	0.311	-0.151
abc	11.8	-6	-2.1	0.6	0.02	0.00	0.00	0.01	0	0.246	-0.216
			non-significant =0			significant	= 1				
	Factor		Low level	High level		H+L/2	H-L/2				
	Density (D)		9	21		15	6				
	Salinity (S)		20	30		25	5				
	Flow rate (F)		10	18		14	4				
					Cleanliness(mouth)		Assume Variable		Calculate Variable		
Code variable		Uncode variable			response	Y =	1.73		1.7275		
X1	(D-(H+L/2))/(H-L/2)		=	0	density	D =	15		14.9804		
X2	(S-(H+L/2))/(H-L/2)		=	0	salinity	S =	25		#DIV/0!		
X3	(F-(H+L/2))/(H-L/2)		=	1.5	flow rate	F =	20		20.0351		
E1 = effect a *sig?			=	0							
E2 = effect b *sig.?			=	0							
E12 = effect ab*sig.?			=	0							
E3 = effect c *sig?			=	0.285							
E13 = effect ac *sig.?			=	-0.51							
E23 = effect bc *sig?			=	0							
E123=effect abc*sig.?			=	0							
Y' =			=	1.3							
Y =	Y'+(E1.X1)+(E2.X2)+(E12.X1.X2)+(E3.X3)+(E13.X1.X3)+(E23.X2.X3)+(E123.X1.X2.X3)									1.7275	
X'1 =	(Y-Y'-(E2.X2)-(E3.X3)-(E23.X2.X3))/(E1+(E12.X2)+(E13.X3)+(E123.X2.X3))									-0.003	
X'2 =	(Y-Y'-(E1.X1)-(E3.X3)-(E13.X1.X3))/(E2+(E12.X1)+(E23.X3)+(E123.X1.X2))									######	
X'3 =	(Y-Y'-(E1.X1)-(E2.X2)-(E12.X1.X2))/(E3+(E13.X1)+(E23.X2)+(E123.X1.X2))									1.5088	

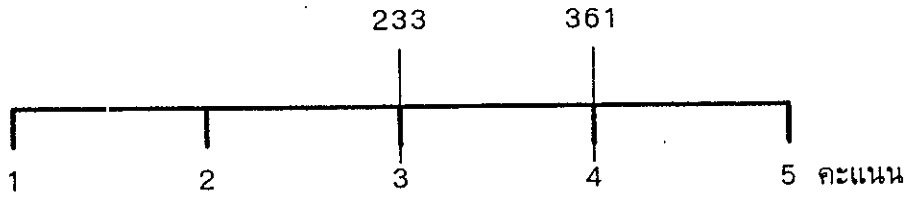
<u>ภาคผนวก ข</u>

<u>แบบสอบถามการทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

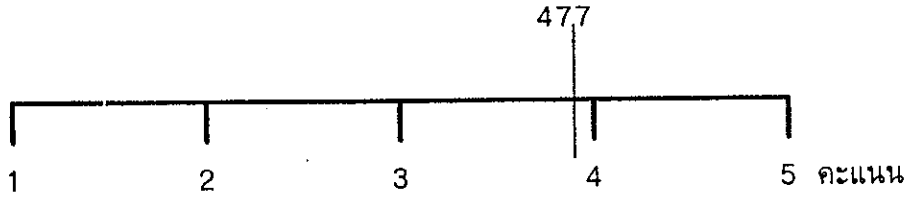
ผลิตภัณฑ์ที่ชิม.....หอยแครงลวก.....

คำอธิบาย : ตัวอย่างที่ให้ท่านทดสอบมี 5 ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะมีรหัสกำกับไว้ โปรดให้คะแนนทีละลักษณะจนครบ 5 ตัวอย่างแล้วจึงให้คะแนนในลักษณะต่อ ๆ ไปจนครบทุกลักษณะด้วยการ ขีดเส้นตั้ง | ลงบนเส้นนอนที่มีคะแนนกำกับไว้ตั้งแต่ 1 ถึง5 คะแนนโดยขอให้ท่านใช้มาตรฐานการให้คะแนนหอยแครงลวกเป็นบรรทัดฐานในการให้คะแนนเป็นหลัก

ตัวอย่างเช่น สมมุติว่าหอยแครงรหัส 233 มีลักษณะดินโคลนน้อย แต่หอยแครงรหัส 361 มีลักษณะดินโคลนน้อยมาก การให้คะแนนก็จะเป็นดังนี้



แต่ถ้าหอยแครงรหัส 477 มีลักษณะดินโคลนอยู่ระหว่าง น้อย กับ น้อยมาก ก็สามารถขีดระหว่าง 3 กับ 4 ได้ ดังนี้



แสดงว่าตัวอย่าง 477 มีลักษณะดินโคลนน้อยกว่า 233 มาก แต่ก็ยังมากกว่า 361 อยู่เล็กน้อย

มาตรฐานการให้คะแนนหอยแครงลวก

ความสะอาด

(1)ปริมาณดินโคลนทรายจากการดูด้วยตา

คะแนน	คุณลักษณะ
5	ไม่มี - ไม่พบเห็นดินโคลนและสิ่งแปลกปลอมใด ๆ ในหอยเลย
4	มีน้อยมาก - พบน้อยมากแทบไม่มีถ้าไม่สังเกต
3	มีน้อย - มีน้อยกว่าตามปกติที่พบบ่อย ๆ เวลารับประทาน
2	มี - มีตามปกติที่รับประทานแล้วพบบ่อย ๆ ตามปกติ
1	มีมาก - มีมากกว่าปกติที่ควรมีเวลารับประทาน

(2) ความรู้สึกว่ามีดินโคลนทรายจากการเคี้ยว : ความรู้สึกขณะและหลังเคี้ยวหอยทั้งตัว

คะแนน	คุณลักษณะ
5	ไม่มี ความรู้สึกว่ามีดินโคลนในเนื้อหอย เลย
4	มี " " เล็กน้อย
3	มี " " น้อย
2	มี " "
1	มี " " มาก

ลักษณะสีสรรที่ปรากฏ

(3) สีสรรของเนื้อหอยแครงลวก : ดูรวม ๆ ทั้งตัว

คะแนน	คุณลักษณะ
5	สีสดเป็นประกาย
4	สีสดและประกายลดลงเล็กน้อย
3	สีเริ่มซีดแต่ยังมีประกาย
2	สีซีดมีประกายเล็กน้อย
1	สีซีดไร้ประกาย

กลิ่น-รส : ดมแล้วให้คะแนนก่อนแล้วจึงชิมดูรสชาติ

(4) กลิ่นคาวของเนื้อหอยแครงลวก

คะแนน	คุณลักษณะ
5	ได้กลิ่นคาวของหอยแครงสด สูง
4	" " น้อยลง
3	มีกลิ่นคาวของหอยแครงไม่ค่อยสด เล็กน้อย
2	ได้กลิ่นคาวของหอยแครงไม่สดชัดเจน
1	มีกลิ่นคาวของหอยแครงไม่สดรุนแรงและหรือมีกลิ่น

เหม็นเน่า และกลิ่นเน่าคลื่นเหียน

(5) รสชาติของเนื้อหอยแครงลวก

คะแนน	คุณลักษณะ
5	มีรสหวานของเนื้อหอยสูง
4	" " น้อยลง
3	ไม่ค่อยมีรสหวานของเนื้อหอย
2	มีรสขมเล็กน้อย รสจืดกร่อย ๆ (ไม่หวานไม่เค็ม) มีรสชาติคล้ายรสกะหล่ำปลีต้ม
1	รสจืดสนิท ไม่มีรสชาติของหอยแครงหลงเหลืออยู่

<u>ความแน่นเนื้อของเนื้อหอยแครงลวก</u>

(6) ความแน่นเนื้อ

คะแนน	คุณลักษณะ
5	เนื้อแน่นกรอบมีความนุ่มนวล
4	เนื้อยังแน่นกรอบมีความนุ่มนวลลดลงเล็กน้อย
3	ความแน่นเนื้อลดลง เนื้อกระด้างมากขึ้น เนื้อเริ่มไม่กรอบ
2	เนื้อนิ่มเวลากัดเคี้ยวเนื้อจะเหลวง่าย
1	เนื้อนิ่มมาก เวลากัดเคี้ยวเนื้อจะเหลวเละทันที

<u>การยอมรับ</u>

(7) การยอมรับโดยรวม : ทุกคุณลักษณะข้างต้นนำมารวม ๆ กันแล้วมีความรู้สึกว่า

คะแนน	คุณลักษณะ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
2	ไม่ค่อยดี
1	ไม่ยอมรับเลย

ผลิตภัณฑ์ที่ชิม.....หอยแครงลวก.....วันที่.....เวลา.....ผู้ชิม.....

โปรดให้คะแนนด้วยความรู้สึกทางประสาทสัมผัสที่เป็นจริงของท่านเอง

(1) ปริมาณดินโคลนทราย จากการดู

1 2 3 4 5 คะแนน

(2) ความรู้สึกว่ามีดินโคลนทรายจากการเคี้ยว

1 2 3 4 5 คะแนน

(3) สีสรร

1 2 3 4 5 คะแนน

(4) กลิ่น

1 2 3 4 5 คะแนน

(5) รสชาติ

1 2 3 4 5 คะแนน

(6) ความแน่นเนื้อ

1 2 3 4 5 คะแนน

(7) การยอมรับโดยรวม

1 2 3 4 5 คะแนน