บทที่ 2

สำรวจเอกสาร

ชีววิทยาของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อ หรือหอยโข่งทะเล หรือหอยร้อยรู มีชื่อสามัญว่า Abalone หรือ Earshell จากรายงานของ Hahn (1989) ได้จัดอนุกรมวิธานของหอยเป๋าฮื้อไว้ดังนี้

Kingdom	Animalia
Phylum	Mollusca
Class	Gastropoda
Subclass	Prosobranchia
Order	Archeogastropoda
Suborder	Zygobranchia
Superfamily	Pleurotomariacea
Family	Haliotidae
Genus	*Haliotis*

การแพร่กระจายของหอยเป๋าฮื้อ

หอยเป๋าฮื้อ หรือหอยโข่งทะเล หรือหอยร้อยรู มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไป พบได้ทั้งในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ โดยชนิดที่มีขนาดใหญ่จะอยู่ในเขตอบอุ่น และชนิดที่มีขนาดเล็กกว่าจะอยู่ในเขตร้อนและเขตหนาว (Hahn, 1989) หอยเป๋าฮื้ออาศัยอยู่ตามบริเวณชายฝั่งที่เป็นหิน หรือแนวปะการังโดยอาศัยอยู่ใต้ปะการัง เช่น ปะการังสมอง เป็นต้น ในเวลากลางวัน หอยเป๋าฮื้อจะหลบแสง โดยการเกาะติดอยู่กับหิน ในซอกรอยแยกของหิน รวมทั้งโพรงหินที่เกิดจากการขุดเจาะของเม่นทะเล *Echinometra mathaei* บริเวณโขดหินที่พบหอยเป๋าฮื้อจะมีสาหร่ายเกาะเคลือบหินอยู่และมีคลื่นลมรุนแรง (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529)

หอยเป๋าฮื้อที่ค้นพบในประเทศไทย มีอย่างน้อย 4 ชนิด (Tantanasiriwong, 1978) พบทั้งฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ได้แก่ *Haliotis ovina*, *H. asinina*, *H. varia* และ *H. planata* Jarayabhand et al., 1991; อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ ยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529; สิริ ทุกข์วินาศ และคณะ, 2529)

จากการสำรวจของอนุวัฒน์ นทีวัฒนา และยอห์น ฮิลลิแบร์ก (2529) ตรวจสอบตัวอย่าง *H. planata* ที่ Tantanasiriwong (1978) รายงานและพบว่าเป็นชนิดเดียวกับ *H. varia* และจากการสำรวจครั้งนี้ไม่พบ *H. planata* อาจเป็นเพราะในธรรมชาติมีหอยชนิดนี้อยู่น้อย มี *H. varia* มากที่สุดถึง 76 ตัวอย่าง มีความยาวเฉลี่ย 36.75 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ย 25.45 มิลลิเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหอยชนิดนี้อาศัยอยู่ตามโขดหินซึ่งมีคลื่นแรงและในเวลากลางวันยังแทรกตัวเข้าไปอยู่ตามรอยแยกหรือโพรงหิน ดังนั้นจึงเป็นแหล่งซ่อนตัวต่อศัตรูได้เป็นอย่างดี และยังพบเฉพาะบริเวณที่มีสาหร่ายปกคลุมก้อนหินเต็มไปหมด สาหร่ายจะขึ้นคลุมเปลือกของหอยโข่งทะเล ทำให้พรางตัวต่อศัตรูได้และสาหร่ายซึ่งเป็นอาหารก็มีมากเพียงพอ นอกจากนี้ยังพบ *H. asinina* และ *H. ovina* อาศัยอยู่ใต้ปะการัง โดยเฉพาะปะการังที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เช่น Porites เป็นต้น แต่พบปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับสิริ ทุกข์วินาศ และคณะ (2529) รายงานว่าที่บริเวณอ่าวท้องตะเคียน อำเภอสมุย ที่ระดับความลึก 6.0-8.0 เมตร พบหอยเป๋าฮื้อ *H. ovina* ติดอยู่กับก้อนหินใต้น้ำเพียง 3 ตัว มีขนาดความยาวเปลือกระหว่าง 2.90-6.28 เซนติเมตรและความกว้างเปลือกระหว่าง 2.19-4.50 เซนติเมตร สำหรับอนุวัฒน์ นทีวัฒนา และสมชัย บุศราวิช (2531) รายงานการสำรวจหอยเป๋าฮื้อทางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย พบทั้งหมด 753 ตัว พบ *H. varia* มากที่สุดคือ 610 ตัวอย่าง ตัวที่ยาวที่สุดมีความยาวเปลือก 60.1 มิลลิเมตร รองลงมาคือ *H. ovina* พบ 130 ตัว ตัวที่ยาวที่สุดมีความยาวเปลือก 75.5 มิลลิเมตร โดยประมาณ 59.6 เปอร์เซนต์ของหอยชนิดนี้มีขนาดความยาวเปลือก 40-59 มิลลิเมตร ซึ่งยาวกว่าอีก 2 ชนิดที่พบโดยทั่วไป

ในขณะที่ *H. varia* เป็นหอยเป๋าฮื้อที่พบได้มากทางฝั่งตะวันตกของไทย แต่ *H. ovina* จะพบได้มากในอ่าวไทยฝั่งตะวันออก รายงานของนพคล ค้าขาย และครรชิต เพชรจำรัส (2535) ซึ่งทำการสำรวจและรวบรวมหอยเป๋าฮื้อ ในเขตจังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด พบหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* และ *H. ovina* ในบริเวณที่มีแนวปะการังและบริเวณใกล้เคียง สามารถพบได้ที่ความลึก 2.0-8.0 เมตร พบ *H. ovina* มากที่สุด จำนวน 593 ตัว ตัวที่มีขนาดใหญ่มีความยาวเฉลี่ย 64.19 มิลลิเมตร และความกว้างเฉลี่ย 47.35 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานพบ *H. ovina*

บริเวณเกาะค้างคาว จังหวัดชลบุรี ที่ความลึกระหว่าง 3-5 เมตร โดยตัวอย่างที่เก็บได้มีความยาวเปลือกเฉลี่ย และความกว้างเปลือกเฉลี่ยระหว่าง 20-74 มิลลิเมตร และ 20-60 มิลลิเมตรตามลำดับ (Jarayabhand et al., 1991)

ลักษณะทั่วไป

หอยเป้าฮื้อ เป็นหอยฝาเดียว โดยทุกชนิดจะมีรูปร่างเป็นแบบแผนเดียวกัน คือ รูปร่างแบน ลักษณะภายนอก ประกอบด้วยเปลือก ที่เป็นอสมมาตร มีลักษณะกลม คล้ายใบหูคน ซึ่งใช้เป็นส่วนที่ปกคลุมส่วนเนื้อของตัวหอยปกติมีรูปไข่ ยาวทางด้านหน้า (anterior) และด้านปลาย (posterior) ส่วนยอด (apex) จะอยู่ทางด้านปลายและมีขนาดเล็กมาก เปลือกจะมีวงขนาดใหญ่เป็นพิเศษ และเปิดเป็นช่องขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้ไม่สามารถปกป้องส่วนเนื้อได้เต็มที่ ดังนั้นส่วนเท้าจึงต้องยึดกับซับสเตรต เพื่อมันจะสามารถหดส่วนเท้ากลับเข้าเปลือก และกดเปลือกติดแน่นกับซับสเตรต เมื่อได้รับการรบกวนจากปัจจัยภายนอก เช่นศัตรู หรือคลื่นแรงๆ ทำให้มันไม่ต้องมี operculum เหมือนหอยฝาเดียวชนิดอื่น ๆ โดย operculum จะหายไปเมื่อตัวอ่อนเริ่มลงเกาะ ตามขอบด้านซ้ายของเปลือก จะมีรูเรียงไปตามแนวขอบเปลือกเป็นแถว มีประมาณ 5-7 รู แล้วแต่ชนิดของหอยเป้าฮื้อแต่ละชนิด รูนี้ใช้ในการหายใจ (respiratory pore) และยังใช้ขับถ่ายของเสียและใช้ในการปล่อยน้ำเชื้อ (sperm) และไข่ (ovary) ด้วย รูแรกจะถูกปิดจากด้านในซึ่งจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลาที่หอยเติบโต รูหายใจเหล่านี้จะเรียงอยู่ด้านเหนือส่วนที่เป็น mantle cavity และจะเปิดเฉพาะรูที่ใช้หายใจเท่านั้น ลักษณะของหอยเป๋าฮื้อที่พบทั่วไปในประเทศไทยมีความแตกต่างกันเล็กน้อย (รูปที่ 1) โดยลักษณะของ *H. ovina* มีเปลือกกลมรีค่อนข้างแข็ง มีสีม่วง เขียวมะกอก มีรูหายใจ 3-5 รู ชนิด *H. asinina* ลักษณะเปลือกบาง ยาวเรียว ผิวส่วนมากจะเรียบ เปลือกสีเขียวมะกอก หรือสีเขียวปนน้ำตาล *H. varia* เปลือกกลมรีค่อนข้างแข็ง ผิวขรุขระ มีสีเขียวมะกอกหรือน้ำตาลแดง อวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ (รูปที่ 2) ส่วนหัว มีตา 1 คู่ หนวด 1 คู่ และปาก หนวดซึ่งติดกับส่วนเนื้อ (mantle) จะยืดยาวผ่านช่องหายใจ และมีหนวดหลายเส้นเรียงรายไปตามขอบเท้า หนวดจะทำหน้าที่คอยปัดเศษทรายกรวดและสิ่งที่ไม่ต้องการออกพ้นทางรูเปิด ช่องเหงือก (gill chamber) อยู่ทางด้านซ้ายของกล้ามเนื้อเปลือก (shell muscle) ประกอบด้วยเหงือกขนาดใหญ่ขนานกัน 1 คู่ การหายใจโดยกระแสน้ำที่ไหลผ่านเข้าในตัวจะผ่านส่วนหัวจากด้านขวาของลำตัวไปยังช่องว่าง (mantle cavity) ภายในตัว

(a) *H. ovina* (b) *H. asinina*

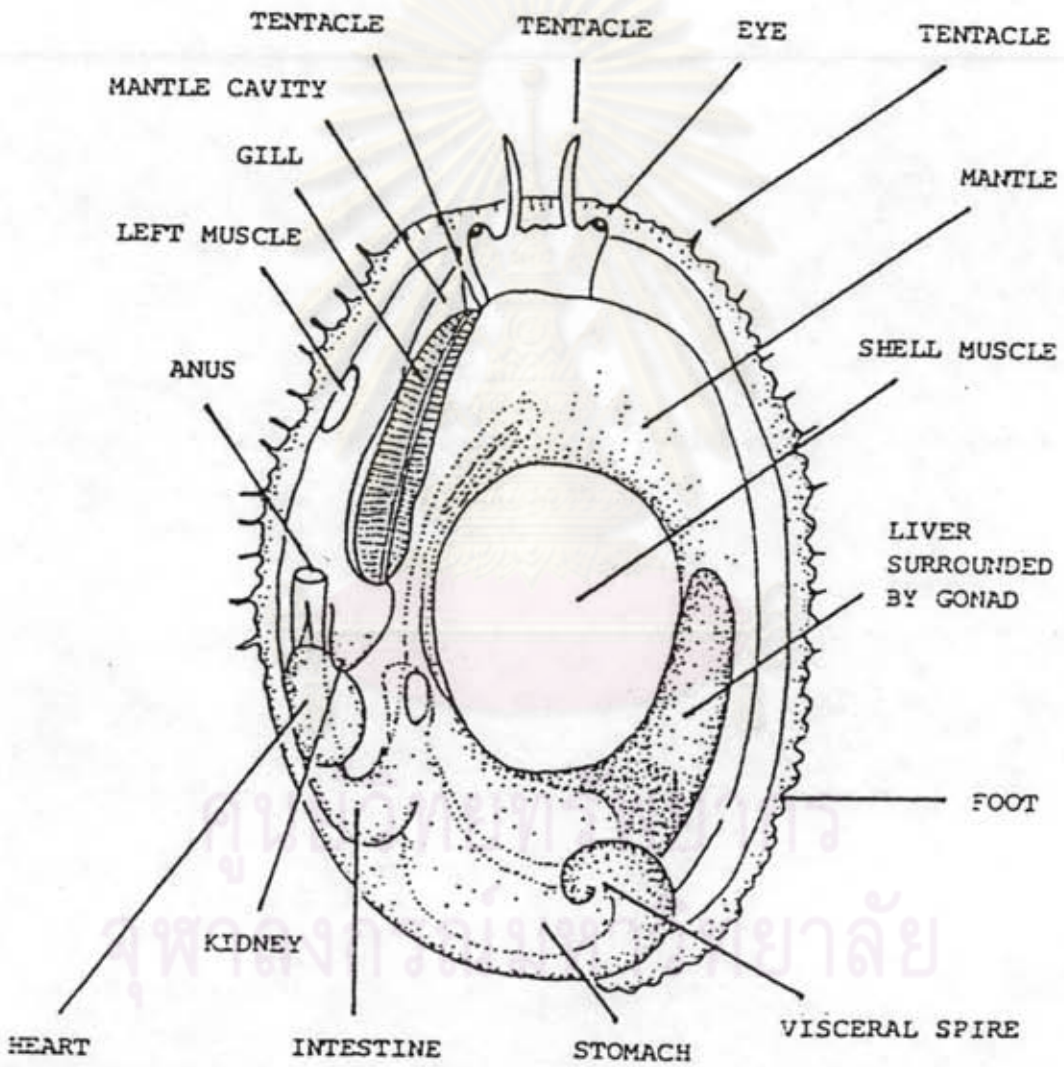
(c) *H. varia*

รูปที่ 1 ลักษณะทั่วไปภายนอกของหอยเป๋าฮื้อ 3 ชนิดที่พบในประเทศไทย

(a) *H. ovina* (b) *H. asinina* (c) *H. varia*

(อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และ ยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 อวัยวะภายในของหอยเป๋าฮื้อ (อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และยอห์น ฮิลลิแบร์ก, 2529)

ทางด้านซ้าย ผ่านเหงือก แล้วออกทางรูเปิด ส่วนเท้าเป็นส่วนของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อ (muscle) มีขนาดใหญ่มากเจริญอยู่บนส่วนกลางของด้านหลังของส่วนเท้าและติดอยู่ด้านในของเปลือกหอย มีกล้ามเนื้อเล็ก ๆ 1 อัน อยู่ทางด้านซ้ายของหอยติดกับด้านในของเปลือก เท้าของหอยเป๋าฮื้อไม่เหมาะกับการเดินบนพื้นทรายเนื่องจากจะทำให้มันพลิกหงายท้องได้ง่าย และเป็นอันตรายจากการถูกจับกินเป็นอาหาร ทำให้พบเห็นหอยเป๋าฮื้อได้เฉพาะในแนวปะการัง และบริเวณที่มีก้อนหินเท่านั้น ท่อทางเดินอาหารจะเริ่มจากปากและไปสิ้นสุดที่ช่องรูก้น (anus) หอยเป๋าฮื้อมีระบบการย่อยอาหารที่ซับซ้อนเช่นเดียวกับสัตว์กินพืชโดยทั่วไป ต่อมน้ำลาย (salivary gland) มีสีส้ม ตั้งอยู่ทางด้านบนของปาก ปากจะทำหน้าที่บดย่อยอาหารโดยใช้ฟัน (radula) ฟันจะอยู่จากปากไปจนถึงกลางลำตัวมี hyoid cartilages (odontophore) อยู่ 1 คู่ช่วยยึดส่วนฟัน ฟันจะเคลื่อนไปข้างหน้าและหลังเมื่อกินอาหาร แล้วจึงปล่อยให้เคลื่อนผ่านคอหอย (oesophagus) ส่วนคอหอยกว้างและมีส่วนเป็นกระเปาะ (oesophagus pockets) อยู่ 2 ด้านทั้งซ้ายและขวา จากนั้นเป็นกระเพาะ อวัยวะย่อยอาหาร (digestive gland หรือ liver) เป็นรูปกรวยอยู่ทางด้านขวาของกล้ามเนื้อเปลือก บางครั้งเรียก conical appendage และส่วนของอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) จะห่อหุ้มส่วนนี้ไว้ ส่วนลำไส้ขึ้นเข้าไปในหัวใจ และเปิดออกทางรูก้น (anus) หัวใจมี 3 ห้องคือ ventricle 1 ห้องและ auricle 2 ห้อง

<u>การผสมพันธุ์และวงจรชีวิต</u>

หอยเป๋าฮื้อ แยกเป็น 2 เพศ (dioecious) เมื่อโตเต็มวัยพร้อมที่จะผสมพันธุ์ สามารถแยกเพศโดยเมื่อตลบเนื้อเยื่อส่วนหลังขึ้น จะเห็นอวัยวะเพศ (gonad) เป็นรูปกรวย สีของอวัยวะเพศจะบอกความแตกต่างระหว่างเพศ โดยอวัยวะเพศผู้ที่เจริญพันธุ์เต็มที่จะมีสีขาวครีม เหลือง ขาวอมเขียว ไปจนถึงสีส้ม ส่วนของเพศเมียปกติจะมีสีเขียวเข้ม แต่อาจจะออกสีน้ำเงินหรือน้ำตาลก็ได้ ส่วนที่แยกเพศไม่ได้จะมีสีเทา (นงเยาว์ แซ่จิว, 2533)

ฤดูผสมพันธุ์ในธรรมชาติ (spawning season) ของหอยเป๋าฮื้อ ก็เช่นเดียวกับสัตว์ชนิดอื่น คือจะเกิดเมื่อสภาวะแวดล้อมเพื่อต้องการที่จะทำให้อัตรารอดของตัวอ่อนมาก ซึ่งในหอยเป๋าฮื้อ ช่วงเวลานี้จะกินเวลาไม่กี่เดือน โดยแตกต่างกันตามชนิด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ช่วงการวางไข่ของหอยเป๋าฮื้อบางชนิด

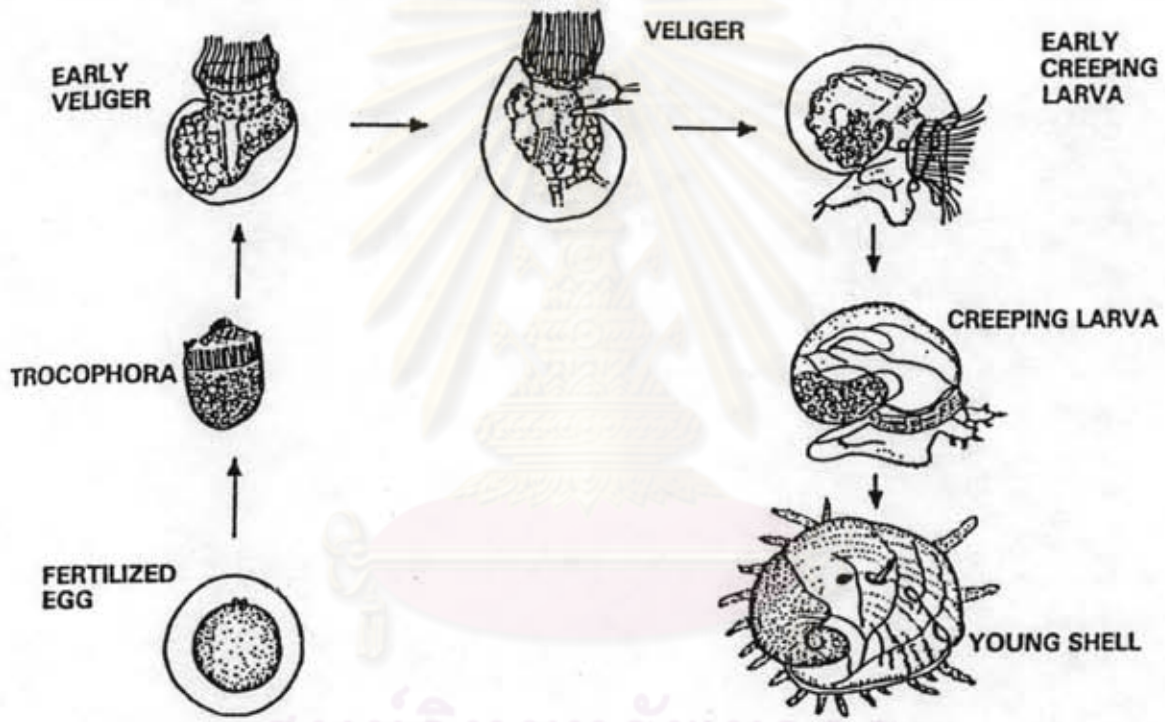
ชนิด	ฤดูการวางไข่	อ้างอิง
H. discus	สิงหาคม ถึงตุลาคม	Hayashi (1980)
H. diversicolor	มิถุนายน ถึง พฤศจิกายน	Keesing และ Wells (1985)
H. roei	กรกฎาคม ถึงสิงหาคม	Keesing และ Wells (1985)
H. tuberculata	ตุลาคมถึงธันวาคม	Keesing และ Wells (1985)
H. asinina	วางไข่ตลอดปีแต่จะถี่ในช่วงเดือนกันยายน ถึงมีนาคม *1	Singhagriwan และ Doi (1992)
H. varia	มกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม เดือนมิถุนายนถึงกันยายน และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม	Bussarawit et al. (1990)
H. ovina	มิถุนายน และพฤศจิกายน	Jarayabhand et al. (1994)

*1 สังเกตจากพ่อแม่พันธ์ที่เกิดจากลูกหอยที่ผลิตได้เองในสถาบันเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การผสมพันธุ์ในธรรมชาติ อาจจะถูกกระตุ้นโดยอุณหภูมิของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ทั้งในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งอาจเกิดจากกระแสน้ำหรือคลื่นภายในที่เกิดจากชั้นผิวหน้าที่ความแตกต่างของชั้นมวลน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน การเผชิญกับอากาศในขณะที่น้ำลง (dessication) ช่วงแสง (photoperiod) อิทธิพลของข้างขึ้นข้างแรม (lunar cycle) การปล่อยเซลสืบพันธุ์ของตัวอื่นภายในกลุ่มหรือหลายปัจจัยประกอบกัน

โดยมากเพศผู้จะปล่อยเซลสืบพันธุ์ได้เร็วกว่า และต้องการการกระตุ้นน้อยกว่าเพศเมีย น้ำเชื้อของเพศผู้จะมีสีขาวขุ่น จะออกทางรูหายใจและออกไปในน้ำ และกระตุ้นให้เพศเมียปล่อยไข่ โดยเพศเมียจะยกเปลือกขึ้นจนกระทั่งเห็นอวัยวะเพศได้ชัดเจน และจะยื่นหนวดออกทางรูหายใจที่ 3 แม้ว่าน้ำเชื้อจะคงสภาพได้นาน 4-5 ชั่วโมง แต่ว่าในธรรมชาติที่ต้องประสบกับคลื่นน้ำทำให้สูญเสียน้ำเชื้อไป ดังนั้นเพื่อให้ประสบความสำเร็จสูงในการผสมกันระหว่างน้ำเชื้อและไข่ หอยเป๋าฮื้อจึงต้องปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาในเวลาใกล้เคียงกัน ไข่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำ ไข่จึงมักจะจมตัวลง แต่อาศัยกระแสคลื่นในทะเลทำให้มีโอกาสพบกับน้ำเชื้อ ไข่ที่ได้รับการผสมจะจมลงสู่พื้น แล้วมีการพัฒนาต่อไปเป็นตัวอ่อนชนิดที่ว่ายน้ำได้ (trochophore larvae) โดยใช้เวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมงสำหรับ *H. ovina* ซึ่งตัวอ่อนระยะนี้ ว่ายน้ำได้ว่องไวและเข้าหาแสง เมื่อเปลือกปรากฏขึ้น อวัยวะที่ใช้ว่ายน้ำ (prototroch) จะเปลี่ยนเป็น velum ตัวอ่อนในช่วงนี้เรียก veliger larvae ซึ่งมีการพัฒนาขั้นต้นของตา หนวด (Fullu, 1991) ก่อนการสิ้นสุดระยะ veliger จะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า torsion ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งของอวัยวะต่างๆ ต่อมาหอยจะเกิด 4th tubule บนส่วนของ cephalic tentacle (Seki และ Kanno, 1977) และจะสังเกตเห็น eye spot อย่างชัดเจน ตัวอ่อนจะมีการเจริญเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) และจมตัวลงสู่พื้นเพื่อลงเกาะและจะเริ่มกินอาหาร การลงเกาะในธรรมชาติขึ้นกับลักษณะของวัสดุลงเกาะด้วย โดยมากหอยจะเลือกลงเกาะในบริเวณที่มีอาหารเพียงพอ มีรายงานว่าเมือกที่เกิดจากหอยเป๋าฮื้อวัยรุ่นจะกระตุ้นให้เกิดการลงเกาะของตัวอ่อนได้ (Slattery, 1992) ช่วงที่เพิ่งลงเกาะ ยังมีส่วนของ velum อยู่ cilia บนส่วน velum จะทำหน้าที่ปัดอาหารเข้าปาก ส่วน radula ใช้สำหรับการกินอาหารที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ไดอะตอม (diatom) หลังจากลงเกาะ ตัวอ่อนจะเริ่มมี peristomial shell เปลือกใหม่จะเริ่มพอกขึ้นทางด้านขวาให้ลักษณะเปลือกวนขวา เมื่อรูหายใจเกิดขึ้นรูแรก (first respiratory pore) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของระยะวัยรุ่น (juvenile larvae) และจะพ้นระยะนี้เมื่อมีการเจริญพันธุ์เกิดขึ้น (first sexual maturation) (รูปที่ 3 และตารางที่ 2)



รูปที่ 3 การพัฒนาระยะตัวอ่อนของหอยเป๋าฮื้อ (ธานินทร สิงหะไกรวรรณ, 2532)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระยะการพัฒนาของไข่และตัวอ่อนของหอยเป๋าฮื้อ *H.ovina* และ *H. asinina*

Stage	*H. ovina*[*2]		*H. asinina*	
	Time	Size range	Time[*3]	Size range[*4]
Unfertilized egg	0 min	180μm	0 min	-
Fertilized egg	-	180μm	10-30 sec.	190μm
First polar body	10 min.	180μm	-	-
Second polar body	15 min.	180μm	-	-
First clevage	20 min.	180μm	15-25 min.	-
Second clevage	30 min.	180μm	34-40 min.	-
Third clevage	-	180μm	43 min.	-
Forth clevage	-	180μm	48 min.	-
Third-sixth clevage	-	180μm	-	-
Rotating trochophore	5-6 hours	180μm	-	-
Late trochophore	-	180μm	4.30 hours	-
Hatch out	7-8 hours	180μm	5 hours	180x140μm
Early veliger larvae	10-12 hours	220μm	8-9 hours	220x180μm
Late veliger	18-22 hours	250μm	22 hours	240x180μm
Creeping larvae	36-40 hours	340μm	2-3 days	-
Young shell	12-15 days	0.5-0.8 mm.	28 days	2.0x1.6 mm.
1-3 respiratory pore	20-24 days	1-3 mm.	-	-
Juvenile	3 months	6.5-15.5 mm.	-	-

*2 Jarayabhand et al. (1991)

*3 Singhagriwan และ Doi (1993)

*4 ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2532)

การกระตุ้นให้เกิดความสมบูรณ์เพศของหอยเป๋าฮื้อ (Gonad maturation)

ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก กับการพัฒนาของเซลสืบพันธุ์ (gonad) เพื่อใช้ในการผลิตลูกพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อ และส่วนใหญ่จะเป็นการปรับสภาวะแวดล้อม เช่น การควบคุมอุณหภูมิของน้ำ การควบคุมปริมาณอาหาร (Hahn, 1989) มีรายงานว่า หอยเป๋าฮื้อต้องการระยะเวลาและอุณหภูมิคงที่เฉพาะตัว เพื่อการเจริญพันธุ์ของอวัยวะเพศและระบบสืบพันธุ์พร้อมที่จะผสมพันธุ์ได้ *H. discus hanni* เจริญเต็มที่จนถึงขั้น fully mature ใช้เวลา 120 วัน ที่อุณหภูมิของน้ำ 20 องศาเซลเซียส นอกจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลต่อการเจริญของเซลสืบพันธุ์แล้ว การบริโภคอาหารมีผลเช่นกัน (Uki และ Kikuchi, 1982) ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2532) รายงานว่าการเลี้ยง *H. asinina* ด้วยสาหร่ายเขากวางประมาณ 8 เดือน จะทำให้หอยเป๋าฮื้อชนิดนี้มีความสมบูรณ์เพศที่จะวางไข่และผสมพันธุ์ได้ Ault (1985) รายงานว่าการกระตุ้น *H. rufescens* ด้วยการให้กินอาหารอย่างพอเพียงเป็นเวลาประมาณ 3-4 เดือนหลังจากการผสมพันธุ์แล้ว พบว่าสามารถที่จะนำมากระตุ้นเซลสืบพันธุ์ได้อีกครั้ง

การกระตุ้นการผสมพันธุ์ (Spawning induction)

เนื่องจากฤดูกาลผสมพันธุ์ตามธรรมชาติของหอยเป๋าฮื้อมีระยะเวลาจำกัด ทำให้มีความพยายามที่จะกระตุ้นให้เกิดการผสมพันธุ์ได้ภายในฟาร์มเพื่อการเพาะเลี้ยง หลายวิธีที่ได้ทดลอง บางวิธีได้ผลดี แต่บางวิธีมีข้อจำกัด เช่นการทดลองของ Kishinouye (1895) ใช้วิธี gamete stripping โดยการนำหอยเป๋าฮื้อมาเลาะเปลือกออก แล้วกดบริเวณอวัยวะเพศของเพศผู้และเพศเมียเพื่อให้น้ำเชื้อและไข่ออกมา แล้วนำมาผสมกันภายนอกแต่พบว่ามีการพัฒนาของไข่เพียง 2-5 เซลเท่านั้น และวิธีการนี้ทำให้เกิดการฉีกขาดของเมมเบรนของเซลสืบพันธุ์ได้ Murayama (1935) ได้นำน้ำเชื้อจากตัวผู้ใส่ลงในน้ำที่มีหอยเป๋าฮื้อพันธุ์ Madaka เพศเมียอยู่ ส่วน Ino (1952) ใช้การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ (thermal induction) โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่มีทั้งหอยเป๋าฮื้อเพศเมียและเพศผู้อยู่ทีละน้อย ให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ 3-6 องศาเซลเซียส โดยขึ้นกับอุณหภูมิปกติ (ambient temperature) การใช้วิธีนี้ต้องระวังควบคุมมิให้การเพิ่มอุณหภูมิเป็นอันตรายต่อหอยเป๋าฮื้อ โดยเฉพาะในฤดูหนาว นอกจากนี้การให้หอยเป๋าฮื้อเผชิญกับอากาศ เรียกว่า dessication ซึ่งต่อมาได้มีการนำมาใช้ร่วมกับการใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นการปล่อยเซลสืบพันธุ์ของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. tuberculata* (Koike, 1978) แต่ทั้งสองวิธีนี้ทำให้ได้ส่วนของเซลสืบพันธุ์

ที่ไม่สมบูรณ์ (immature gamete) ปนออกมาด้วย ต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลต หรือวิธี UV irradiation ซึ่งคิดขึ้นโดย Kikuchi และ Uki ในปี 1972 วิธีนี้นำน้ำทะเลมาผ่านการกรองแล้วนำมาผ่านรังสีอุลตร้าไวโอเลต ซึ่งเชื่อว่ารังสีนี้จะไปทำให้น้ำเกิดการแตกตัวเกิด Hydroperoxy free radical, HOO- หรือ Peroxy diradical, OO- (Uki และ Kikuchi, 1974a) ปัจจุบันมีการนำการกระตุ้นเซลสืบพันธุ์วิธีนี้มาใช้ในฟาร์มที่มีการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อเป็นการค้า ข้อเสียของวิธีนี้คือต้นทุนสูง แต่ข้อดีคือไม่เกิดอันตรายต่อเซลสืบพันธุ์ Morse et al. (1977) พบว่าการเติม peroxide ลงในน้ำให้ผลเช่นเดียวกับการใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลต และวิธีนี้มีต้นทุนถูกกว่าแต่สารเคมีที่ใช้อาจมีผลต่อเซลสืบพันธุ์ถ้าการล้างทำได้ไม่หมด นอกจากวิธีเหล่านี้ยังมีการใช้ฮอร์โมนบางชนิดเช่น prostaglandin ในการกระตุ้นหอยเป๋าฮื้อชนิด red abalone

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้กระตุ้นก็มีความสำคัญเช่นกัน พ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ควรมีสุขภาพดี สภาพภายนอกที่สังเกตเห็นไม่ผิดปกติ เช่น สี ความสมบูรณ์ของเปลือก ผิวนอกของส่วนเท้า อายุและขนาด อย่างน้อยควรเลือกที่มีขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก เพื่อให้มีปริมาณของไข่หรือน้ำเชื้อมากพอที่จะทำให้เกิดการผสมพันธุ์ได้มากที่สุด โดยปริมาณน้ำเชื้อที่เหมาะสมและไม่มากจนทำให้เกิดการผิดปกติของไข่จะอยู่ในช่วงระหว่าง 40x104 ตัวต่อตารางเมตร แต่ไข่จะได้รับการผสมเกือบร้อยเปอร์เซนต์เมื่อความเข้มข้นของน้ำเชื้ออยู่ในช่วงระหว่าง 100,000- 1,730,000 ตัวต่อมิลลิลิตร (Kikuchi และ Uki, 1974b)

แม้ว่าจะทำให้เกิดการผสมพันธุ์กันได้แต่อัตราการเกิดการผสม (fertilization rate) ก็ไม่แน่นอนว่าจะสูงเสมอไป หากในระหว่างการกระตุ้นนั้นทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆไม่ทั่วถึง (Hahn, 1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอด</u>

การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อให้มีการเจริญเติบโตได้ดีนั้นมีปัจจัยทั้งภายนอกและภายในเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการ เช่น

1. อุณหภูมิ Fallu (1991) กล่าวว่าหอยเป๋าฮื้อที่อยู่ในเขตน้ำอุ่นจะทนทานอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าพวกที่อยู่ในเขตน้ำเย็น เช่น *H. diversicolor* มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 28 องศาเซลเซียส ในขณะที่พวกในเขตน้ำเย็นจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงที่ต่ำกว่านี้ Hahn (1989)

รายงานว่าหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus hanni* จะโตได้ดีในอุณหภูมิระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส และการเจริญเติบโตจะช้าลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในขณะที่ Shaw (1982) รายงานว่าหอยเป๋าฮื้อชนิดนี้ เมื่อเลี้ยงในน้ำอุ่น (อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) จะโตเร็วกว่าเมื่อเลี้ยงในน้ำที่อุณหภูมิปกติ 4-5 เท่า *H. rufescens* และ *H. cracherodii* จะโตเร็วขึ้นในฤดูร้อนที่น้ำอุ่นขึ้น (Hahn, 1989) Leighton (1974) ชี้ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตกับอุณหภูมิของหอยเป๋าฮื้อ 3 ชนิดที่พบในแคลิฟอร์เนียคือ *H. fulgens* ซึ่งเป็นชนิดที่อยู่ในเขตน้ำอุ่น (warmwater species) มีการเจริญเติบโตสูงสุดที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ส่วน *H. rufescens* ซึ่งเป็นชนิดที่อยู่ในเขตน้ำเย็น (coldwater species) จะเจริญเติบโตสูงสุดที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส และชนิด *H. corrugata* ชนิด temperate species มีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ 21 องศาเซลเซียส Ebert และ Houk (1989) แนะนำว่าการเลี้ยง *H. rufescens* สามารถเลี้ยงได้ในน้ำที่มีอุณหภูมิระหว่าง 14-18 องศาเซลเซียส โดยปกติการเลี้ยงในฟาร์มจะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สำหรับ *H. corrugata* จะอยู่ในช่วง 18-21 องศาเซลเซียส โดยปกติให้เลี้ยงที่ 18 องศาเซลเซียส Koike (1978) พบว่า *H. tuberculata* มีอัตราการเจริญเติบโต 18 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อเลี้ยงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นอกจากความทนทานต่ออุณหภูมิในหอยเป๋าฮื้อที่ต่างชนิดจะแตกต่างกันแล้ว ในอายุที่แตกต่างกันก็ต่างกันด้วย ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วของ *H. diversicolor supertexta* เมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิมากกว่า 30.5 องศาเซลเซียส ตัวอ่อนที่ออกมาจะไม่มีเปลือกและจะตายภายใน 1-2 วัน (Chen, 1989) ตัวอ่อนของ *H. fulgens* ที่อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียสจะมีการเจริญผิดปกติและตายได้ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตัวอ่อนและระยะวัยรุ่นคือ 20-24 และ 20-28 องศาเซลเซียสตามลำดับ (Hahn, 1989) Chen (1989) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมของหอยเป๋าฮื้อ *H. diversicolor* ระยะ veliger larvae คือ 22-27 องศาเซลเซียส และระยะวัยรุ่น (juvenile) และกึ่งผู้ใหญ่ (subadult) คือ 24-30 องศาเซลเซียส

2. <u>ความหนาแน่นในการเลี้ยง</u> Koike et al. (1979) แนะนำว่าการเลี้ยง *H. tuberculata* ควรมีความหนาแน่นในการเลี้ยงในช่วง 2,500-3,750 ตัวต่อตารางเมตร Hahn (1989) รายงานว่าอัตราความหนาแน่นในการเลี้ยงมีผลต่อการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ *H. tuberculata* โดยการเลี้ยงที่ความหนาแน่น 1,000 ตัวต่อตารางเมตรมีอัตราการเจริญเติบโต 3 มิลลิเมตรต่อเดือน ในขณะที่การเลี้ยงที่ความหนาแน่น 3,000 ตัวต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงเป็น 2.1-2.6 มิลลิเมตรต่อเดือนและที่ความหนาแน่น 3,750 และ 5,000 ตัวต่อตารางเมตร จะมีการเจริญเติบโตลดลงอย่างรวดเร็ว Chen (1984) รายงานว่าความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยง

H. diversicolor supertexta ขนาดประมาณ 10 มิลลิเมตร คือ 1,600 ตัวต่อตารางเมตร ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2535) ทดลองเลี้ยงลูกหอย *H. asinina* ความยาวเปลือกเฉลี่ย 23-26 มิลลิเมตร ในตู้ทดลองขนาด 17 ลิตร พบว่าความหนาแน่น 100 ตัวต่อตู้ หรือ 1,462 ตัวต่อตารางเมตร เหมาะสมทั้งด้านอัตรารอด อัตราการเจริญเติบโต และความคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์

3. ระบบน้ำ Chen (1984) กล่าวว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. diversicolor supertexta* ในระบบน้ำปิดหรือมีการถ่ายเทน้อยจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง โดยการเลี้ยงในกระชังตามแนวชายฝั่งจะดีที่สุด ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2536) ทดลองระบบการเลี้ยงลูกหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* พบว่าการเลี้ยงในระบบน้ำถ่ายเท อัตราการไหลของน้ำ 50 ลิตรต่อชั่วโมงดีกว่าการเลี้ยงในระบบปิด

4. เพศ Shepherd และ Hearn (1983) สังเกตว่า *H. laevigata* เพศเมียจะมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าเพศผู้ 4-5 เท่า

5. ความเค็ม Singhagriwan et al. (1992) รายงานว่า *H. asinina* ความยาวเปลือก 20.3-25.7 มิลลิเมตรสามารถทนต่อความเค็ม 20.5 ppt ได้โดยไม่ต้องมีการปรับสภาวะแวดล้อมก่อน (acclimation) และที่ความเค็ม 12.5 ppt เมื่อลดความเค็มลงทีละ 2.5 ppt ทุก 2 วัน และแนะนำว่าการเลี้ยงในน้ำกร่อยระยะสั้นสามารถเลี้ยงได้ที่ความเค็มตั้งแต่ 22.5 ppt ขึ้นไป Yoo (1979) รายงานว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของตัวอ่อน *H. discus hanni* คือ 35 ppt โดยที่ความเค็มต่ำกว่า 29 ppt จะมีการพัฒนาที่ผิดปกติ และความเค็มที่ 42 ppt จะมีการพัฒนาช้า Ino (1952) รายงานว่าความเค็มที่เหมาะสมสำหรับตัวอ่อนของ *H. sieboldii* คือ 24.1-36.3 ppt โดยอัตรารอดจะสูงสุดในช่วงความเค็มระหว่าง 30.8-36.3 ppt Chen (1989) รายงานว่าความเค็มน้อยกว่า 24 ppt จะทำให้ *H. diversicolor supertexta* ตายได้ โดยความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 32-35 ppt

6. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยทั่วไปไฮโดรเจนซัลไฟด์มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ความเข้มข้นเพียง 0.05 ppm จะลดการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อ Chen (1989) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0.5 และ 1.5 ppm หอยเป๋าฮื้อจะอยู่ได้เพียง 84 และ 16 ชั่วโมงตามลำดับ

7. แอมโมเนีย แอมโมเนียเป็นสารที่เกิดได้จากของเสียของสิ่งมีชีวิตเอง แม้ว่าความเป็นพิษจะน้อยกว่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่ความเข้มข้นของแอมโมเนีย 0.5 ppm สามารถลดการเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อได้เช่นกัน (Chen, 1989)

8. พีเอช หอยเป๋าฮื้อสามารถทนทานต่อพีเอชได้ในช่วง 6-9 โดยการเติบโตจะลดลงเมื่อพีเอชสูง หรือต่ำกว่านั้น Chen (1989) แนะนำว่าการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อควรควบคุมพีเอชให้ใกล้เคียง 8 จะดีที่สุด

9. ภาวะไม่มีน้ำ (Dessication) ปัจจัยที่มีผลต่อการตายของหอยเป๋าฮื้อ ในขณะที่ต้องเผชิญกับภาวะที่ไม่มีน้ำ เช่น ในขณะน้ำลง คือช่วงเวลาที่หอยเป๋าฮื้อพ้นจากน้ำ อุณหภูมิของอากาศ อายุและขนาดของหอย ตัวอ่อนหอยขนาด 0.45-0.87 มิลลิเมตรจะตายได้ถ้าเผชิญกับอุณหภูมิอากาศที่ 35 องศาเซลเซียสนานกว่า 15 นาที ในขณะที่ระยะวัยรุ่นขนาด 1.30-2.84 มิลลิเมตรที่อุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียสจะอยู่ได้นานกว่า 30 นาที แต่ถ้านานกว่า 40-60 นาที จะตาย 50 เปอร์เซนต์ (Hahn, 1989)

10. ภาวะกาซอิ่มตัวยิ่งยวด (Gas supersaturation) Leitman (1992) รายงานผลของ gas supersaturation ต่อการเจริญเติบโตของ *H. rufescens* โดยที่ระดับกาซ 100-110 เปอร์เซนต์จะกระตุ้นการเติบโตได้มากกว่าที่ระดับกาซ 120-143 เปอร์เซนต์และเมื่อเพิ่มระดับกาซสูงขึ้นอัตราการตายยิ่งมากขึ้น

11. ระดับการบริโภคออกซิเจน ระดับออกซิเจนที่ต้องการสำหรับหอยเป๋าฮื้อคือ 3-4 ppm (Fallu, 1991) โดยขีดจำกัดของระดับที่ต้องการต้องมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตรของปริมาณออกซิเจน Chen (1989) กล่าวว่า *H. diversicolor supertexta* ต้องการออกซิเจนที่ระดับ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส Tamura (1939) quote in Hahn (1989) พบว่าความต้องการออกซิเจนของ *H. discus hanni* ขึ้นกับอุณหภูมิน้ำ โดยที่อุณหภูมิน้ำ 13-14 องศาเซลเซียส ต้องการปริมาณออกซิเจน 16.8-46.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 22-23 องศาเซลเซียสต้องการ 52.2-85.3 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

12. อัตราการกินอาหาร Hahn (1989) รายงานว่าอัตราการกินอาหารของ *H. discus* ขึ้นกับฤดูกาลและอุณหภูมิของน้ำ โดยจะลดการกินลงในช่วงฤดูผสมพันธุ์และการกินจะเพิ่มขึ้น

เมื่อผ่านช่วงนี้ไปแล้ว นอกจากนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ระดับ 70 ไมโครกรัมต่อลิตรจะมีผลลดอัตราการกินอาหารของ *H. discus hanni* ด้วย

13. ฤดูกาล การเจริญเติบโตของหอยเป๋าฮื้อบางชนิดมีความผันแปรตามฤดูกาล และจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นด้วย เช่น Keesing และ Wells (1989) รายงานว่าการเจริญเติบโตของ *H. roei* จะโตเร็วในฤดูใบไม้ผลิเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นและมีอาหารมาก

อาหารและการกินอาหาร

หอยเป๋าฮื้อเป็นสัตว์กินพืชและออกหากินอาหารในเวลากลางคืน Ebert และ Houk (1984) แนะนำว่าการเลี้ยงที่ดีที่สุดคือการเลี้ยงในที่มืด อาหารที่กินจะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ โดยในระยะแรกอาหารที่กินได้แก่พวกไดอะตอม ยีสต์ สาหร่ายเซลเดียว แต่เมื่อหอยมีขนาดโตขึ้นและเริ่มลงเกาะบนพื้นแข็ง มันจะกินคราบไดอะตอมที่อยู่ตามพื้นโดยใช้ radula ขูด บางครั้งอาหารที่มันกินได้แก่ เมือกที่เกิดจากสาหร่ายขนาดเล็กผสมกับแบคทีเรีย ซึ่งเรียกว่า slime โดยการขูดกินไดอะตอมเหล่านี้จะทำให้เกิดชั้นของไดอะตอมได้ใหม่ เช่น *Cocconeis* spp. (Kafuku และ Ikenoue, 1983) แต่เมื่อหอยมีขนาดโตขึ้น (มากกว่า10 มิลลิเมตร) อาหารที่กินจะเป็นพวกสาหร่ายขนาดใหญ่ เนื่องจากส่วน radula มีขนาดใหญ่ขึ้น ช่องว่างระหว่างฟันมีมากขึ้น ทำให้สาหร่ายขนาดเล็กลอดได้และไม่ถูกย่อย ทำให้หอยได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ และ ต้องเปลี่ยนอาหารที่กิน (Fallu, 1991)

การกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อ เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่าง คือ เพื่อให้ได้พลังงานเพื่อการเคลื่อนที่ และเพื่อผลิตวัตถุดิบพื้นฐานในการเจริญเติบโต (Ebert และ Houk, 1984) อาหารที่หอยกินจะทำให้หอยมีการเจริญเติบโตที่ดีหรือไม่ ขึ้นกับคุณภาพอาหาร ถ้าอาหารมีคุณค่าและมีปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการ เปลือกหอยจะมีขนาดใหญ่และบางและหอยจะมีเนื้อมาก ในธรรมชาติอาหารค่อนข้างจำกัด ทำให้หอยในธรรมชาติมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าในสภาพการเพาะเลี้ยง (Tutschulte และ Connell, 1988)

การกินอาหารของหอยเป๋าฮื้อมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ (Hahn, 1989) ซึ่งแล้วแต่ชนิดของหอยนั้นด้วย *H. discus hanni* จะกินอาหารรวดเร็วที่อุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส หลังจากอาทิตย์ตกดิน และ 2-3 ชั่วโมงก่อนอาทิตย์ขึ้น ชนิดอาหารที่หอยเป๋าฮื้อแต่ละชนิดกินสามารถ

สังเกตได้จากสีของเปลือก หอยเป๋าฮื้อที่กินสาหร่ายสีแดงเป็นอาหาร จะมีสีของเปลือกใกล้เคียงกับสีของสาหร่าย (Fallu, 1991)

ในการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในญี่ปุ่นต้องให้สาหร่ายเป็นอาหาร 10-20 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักตัวเพื่อให้โตในอัตราที่เหมาะสม จากรายงานการทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในประเทศไทย โดยธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2532) ทำการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* ด้วยสาหร่าย *Garcilaria salicornia* พบว่าหอยต้องการสาหร่ายในปริมาณ 13 กรัม (น้ำหนักเปียก) ต่อวันต่อน้ำหนักหอยเฉลี่ย 80 กรัม ในขณะที่อนุวัฒน์ นทีวัฒนา และยอห์น ฮิลลิแบร์ก (2529) ทดลองเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. ovina* ขนาด 57 มิลลิเมตร 1 ตัว ในบ่อคอนกรีตขนาด 2,500 ตารางเซนติเมตร ที่มีสาหร่ายสีเขียวชนิด *Enteromorpha* spp. และ *Cladophora* spp. ขึ้นรวมกับพวกไดอะตอมชนิด *Bacillaria paradoxa* และชนิดอื่นๆ พบว่าสามารถกินอาหารเหล่านี้หมดภายในเวลาประมาณ 1 เดือน

<u>สาหร่ายที่ใช้เป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ</u>

1. <u>สาหร่ายขนาดเล็ก (micro algae)</u>

ในช่วงที่เป็นแพลงตอน หอยเป๋าฮื้อจะมีไข่แดง (ample yolk) จึงไม่มีความจำเป็นจะต้องกินอาหาร แต่หากช่วงนี้กินเวลานาน อาจให้สาหร่าย *Chaetoceros simplex* และ *Platymonas* spp. ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีขนาดเล็ก

เมื่อตัวอ่อนเข้าสู่ระยะ creeping stage จะสังเกตเห็นการเคลื่อนไหวของ radula ได้ชัดเจน (Ino, 1980) เนื่องจากปากของหอยเป๋าฮื้อมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นจึงควรพิจารณาขนาดของอาหารที่ให้กิน (Uki, 1989b) อาหารของตัวอ่อนที่เพิ่งเริ่มลงเกาะควรเป็นสาหร่ายขนาดเล็กที่มีขนาด 0.001 มิลลิเมตร (Fullu, 1991) ส่วนใหญ่จะให้ไดอะตอม Uki และ Kikuchi (1979) รายงานว่าอาหารที่เหมาะสมสำหรับลูกหอย คือ *Nitzchia* spp. และ *Navicula* spp. ซึ่งเป็นไดอะตอมชนิดเกาะติด (benthic diatom) Uki (1989b) พบว่าการให้ไดอะตอมทั้ง 2 ชนิดนี้จะทำให้การเจริญเติบโตของ *H. discus hanni* ดีกว่าเมื่อเลี้ยงด้วย *Tetraselmis* spp. และ *Prasinocladus* spp. นอกจากนี้อาจให้พวก *Cocconeis* spp., *Gramatophora* spp. หรือ *Merosia* spp.

กลุ่มของสาหร่ายขนาดเล็กนี้มีขนาดตั้งแต่น้อยกว่า 0.0002 มิลลิเมตรจนถึงขนาด 2 มิลลิเมตร โดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 0.3 มิลลิเมตร รูปร่างจะแตกต่างกันไปตามชนิด ส่วนมากเป็นพวกเซลเดียว บางชนิดเป็นแพลงตอน แต่สำหรับที่เป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อจะเป็นพวกเกาะติดกับพื้นหรือสาหร่ายขนาดใหญ่ (benthic micro algae) โดยในธรรมชาติกลุ่มสาหร่ายสีแดง พวก Rhodophyta เป็นอาหารหลักของหอยเป๋าฮื้อ แต่ในการเพาะเลี้ยงจะใช้พวกไดอะตอม ซึ่งมี 2 กลุ่มคือ centric และ pennate diatom โดยกลุ่มหลังจะใช้เป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ (Fullu, 1992) Norman-boudreau et al. (1986) รายงานว่าพบ pennate diatom ในกระเพาะของหอยเป๋าฮื้ออายุ 2 วัน สามารถใช้ไดอะตอมเลี้ยงลูกหอยไปจนกว่าหอยเป๋าฮื้อจะมีขนาด 7-8 มิลลิเมตร ซึ่งจะเริ่มเปลี่ยนไปกินสาหร่ายขนาดใหญ่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของขนาดของช่องว่างระหว่าง radula (Hahn, 1989)

2. สาหร่ายขนาดใหญ่ (macro algae)

สาหร่ายทะเลขนาดใหญ่แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือสาหร่ายสีน้ำตาล สาหร่ายสีแดง และสาหร่ายสีเขียว ทั้ง 3 กลุ่มถูกใช้ในการเป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ สาหร่ายสีน้ำตาลเป็นชนิดที่พบมากและเก็บเกี่ยวได้ง่าย ชนิดที่มีการนำมาใช้ได้แก่ *Laminaria* spp. *Eclonia* spp. *Undaria* spp. *Macrocystis* spp. *Sargassum* spp. *Egregia* spp. และ *Eisenia* spp. สาหร่ายสีเขียวเป็นกลุ่มที่หอยเป๋าฮื้อไม่ชอบกิน และมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ที่มีการใช้ได้แก่ *Ulva* spp. และ *Clalerpa brownii* สาหร่ายสีแดงเป็นกลุ่มที่หอยชอบกินและมีคุณค่าทางอาหารสูง ที่มีการนำมาใช้ได้แก่ *Corallina* spp. *Litrothamnium* spp. *Porphyra* spp. *Jeanerettia* spp. *Audouinella* spp. *Gigartina* spp. *Pterocladio* spp. *Plocamium* spp. *Garcilaria* spp. และ *Gelidium* spp.

หอยเป๋าฮื้อแต่ละชนิดชอบสาหร่ายต่างกัน หอยเป๋าฮื้อในแคลิฟอร์เนียจะกินสาหร่ายสีน้ำตาล เช่น *Macrocystis* spp. *Nereocyatis* spp. *Egregia* spp. และ *Eisenia* spp. สาหร่ายสีแดง เช่น *Gigartina* spp. *Gelidium* spp. และ *Plocamium* สาหร่ายสีเขียว เช่น *Ulva* spp. ในขณะที่ในนิวซีแลนด์ หอยเป๋าฮื้อ *H. Iris* และ*H. australis* จะกิน *M. pyrifera* เมื่อสาหร่ายนี้มีมาก แต่ชอบกินสาหร่ายสีแดงมากกว่า มีรายงานว่า *H. iris* เมื่อกิน *Gracilaria* spp. จะมีอัตราการเจริญเติบโตดีทั้งระยะวัยรุ่นและวัยเจริญพันธุ์ โดยอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อกิน *M. pyrifera* ถึง 2 เท่า (Hahn, 1989) Uki (1981) รายงานว่าการเจริญเติบโตของ *H. discus hanni* จะดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่ายสีน้ำตาลใน Genus *Laminaria* Nie et al. (1992) รายงานว่าสาหร่ายที่เป็นอาหารของ *H. discus hanni* คือ *Sargassum thunbergii* ยกเว้นในฤดูหนาวจะกิน *Sphacelaria* spp.

Cladophora spp. *Polysiphonia* spp. *Corallina* spp. Uki (1981) รายงานว่าหอยเป๋าฮื้อในเขตน้ำอุ่นของญี่ปุ่นจะกิน *Undaria pinnatifida* *Eisenia bicyclis* และ *Ecklononia cava* ส่วนหอยในเขตน้ำเย็นจะกิน *Laminaria* spp. และ *U. pinnatifida* เป็นหลัก Chen (1989) รายงานว่า *H. diversicolor supertexta* ขนาดเล็ก จะกิน *Ulva* spp. และ *Enteromorpha* spp. มากกว่า *Gracilaria* spp. เมื่อให้สาหร่ายเหล่านี้รวมกัน แต่เมื่อแยกให้สาหร่ายแต่ละชนิดแก่หอยเป๋าฮื้อ หอยที่ได้รับ *Gracilaria* spp. เป็นอาหารจะมีการเติบโตดีที่สุด รองมาคือ *Ulva* spp. และ *Enteromorpha* spp. ตามลำดับ Koike et al. (1979) รายงานว่า *H. tuberculata* มีอัตราการเติบโตสูงสุด เมื่อได้รับสาหร่าย *Rhodymenia* spp. รองลงมาคือ *Ulva* spp. และ *Laminaria* spp. ตามลำดับ Barkai และ Griffiths (1986) ตรวจพบว่ามีสาหร่ายถึง 18 ชนิดในกระเพาะอาหารของ *H. midae* ซึ่ง 56 เปอร์เซนต์จะเป็น Kelp *Ecklonia maxima* รองลงมาคือ *Plocamium* spp. พบ 21 เปอร์เซนต์ ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2532ก) ใช้ *Garcilaria* spp. เป็นอาหารของหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina*

อาหารสำเร็จรูป (Artificial diet)

การใช้สาหร่ายมีข้อจำกัดเนื่องจากปริมาณที่ต้องมีมากพอกับความต้องการของหอยเป๋าฮื้อ ทำให้ต้องหาแหล่งเพาะเลี้ยงที่อยู่ใกล้กับแหล่งสาหร่าย แต่สาหร่ายเหล่านี้จะมีมากในบางฤดู ทำให้อาหารขาดแคลนและเป็นอุปสรรคในการดำเนินการเพาะเลี้ยง การใช้อาหารสำเร็จรูปจะสามารถลดข้อจำกัดต่างๆเนื่องจากการใช้สาหร่ายลง เพราะอาหารสำเร็จรูปเหล่านี้จะเก็บได้นาน อีกทั้งมีคุณค่าอาหารครบและราคาถูกกว่าสาหร่ายขนาดใหญ่ และยังทำให้สามารถเลี้ยงหอยได้ในความหนาแน่นสูงโดยไม่ส่งผลต่อการลดการเจริญเติบโต (Hahn, 1989)

อาหารสำเร็จรูปจะประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตในสัดส่วนที่พอเหมาะ ถ้าคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอในอาหาร หอยจะเผาผลาญโปรตีนที่มีอยู่ให้เป็นพลังงานแทน แม้ว่าเราสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในสูตรอาหาร แต่วัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีน เช่น เคซีนจะมีราคาแพงทำให้เกิดการสูญเปล่าและเพิ่มต้นทุนการเลี้ยง ปัจจุบันมีการใช้ fish silage ซึ่งมีราคาถูกเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเคซีนในอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในประเทศเม็กซิโก (Viana et al., 1993) นอกจากจะพิจารณาสัดส่วนขององค์ประกอบหลักเหล่านี้ในสูตรอาหารแล้ว การให้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจะต้องพิจารณาความคงตัวของอาหารในน้ำด้วยซึ่งอย่างน้อยอาหารควรอยู่ได้นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิสูงสุดของน้ำเนื่องจากอุณหภูมิจะมีผลต่อการสลายตัวของ

อาหาร อาหารควรอยู่ได้นาน 2-4 วันที่อุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส คุณภาพอาหารจะเปลี่ยนแปลงถ้าอยู่ในน้ำนานเกินไป การให้ควรเป็น 2 วันต่อครั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และให้วันละครั้งที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ การให้อาหารสำเร็จรูปจึงควรมีการดูแล และควรควบคุมปริมาณ เนื่องจากอาหารที่เหลือจากการกินจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำ โดยทั่วไป รูปร่างอาหารมักจะกลมและแบนเพื่อให้สะดวกต่อการกินของหอย มักจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-15 มิลลิเมตรและหนา 1-2 มิลลิเมตร (Hahn, 1989)

ในการผลิตอาหารสำเร็จรูป จะต้องมีการนำวัตถุดิบอาหารมาผ่านกระบวนการบด การใช้ความร้อน (cooking) การปรับสภาพเพื่อการเก็บรักษา (ensiling) เพื่อทำให้มีลักษณะเหมาะสมต่อการกินของหอยเป๋าฮื้อ ซึ่งกรรมวิธีเหล่านี้บางครั้งทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารไปบางส่วน และประสิทธิภาพของอาหารลดลง (Fallu, 1991) ในสูตรอาหารสำเร็จรูปจะประกอบไปด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งรวมเข้าด้วยกันด้วยสารเชื่อม (binder) และเติมวิตามินและแร่ธาตุ และอาจมีการเติมสารดึงดูด (attractants) ลงไปด้วย

<u>โปรตีน</u>

โดยทั่วไปในอาหารของหอยเป๋าฮื้อจะผลิตให้มีระดับโปรตีนประมาณ 30 เปอร์เซนต์ ซึ่งนับว่ามากสำหรับสัตว์กินพืช มีรายงานว่า *H. discus hanni* มีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อให้อาหารที่มีระดับโปรตีน 25 เปอร์เซนต์ หน้าที่ของโปรตีนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ สร้างฮอร์โมนและเอนไซม์ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ แหล่งของโปรตีนมีทั้งจากพืชและจากสัตว์ โดยทั่วไปใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีน แต่มีการทดลองพบว่าเคซีนใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus hanni* (Uki et al., 1985b) ที่ดีกว่าปลาป่น แต่เคซีนมีราคาแพง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตอาหารจึงมีการนำกากถั่วเหลือง กระดูกป่น เลือดป่น ยีสต์ และ corn gluten meal มาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทน แต่แหล่งโปรตีนบางอย่างอาจทำให้น้ำเสียได้ หรือทำให้เกิดการบวมในตัวหอย หรือไปยับยั้งการเจริญเติบโต เนื่องจากสัดส่วนของกรดอะมิโนไม่ครบถ้วน ควรที่จะมีการพิจารณาการเลือกแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารของหอย

<u>ไขมัน</u>

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ (organic) ซึ่งจัดอยู่ในจำพวกเอสเทอร์ (ester) เกิดจากปฏิกิริยา

ของแอลกอฮอลล์และกลีเซอรอล (alcoholglyceral) กับกรดไขมัน (fatty acids) ไขมันที่แท้จริงหรือไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) เป็นโมเลกุลประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ กลีเซอรอล (glyceral) และกรดไขมัน กลีเซอรอลเป็นส่วนที่ร่างกายสร้างเองได้ ทำหน้าที่เป็นแกนกลางให้กรดไขมันมาเกาะอยู่ ในแต่ละอณูของไตรกลีเซอไรด์จะประกอบไปด้วยกลีเซอรอล 1 ตัว และกรดไขมัน 3 ตัว เสมอ ซึ่งกรดไขมัน 3 ตัวนี้จะเหมือนหรือต่างกันก็ได้ ทำให้ไตรกลีเซอไรด์แต่ละตัวต่างกัน ในอาหารประเภทไขมันจะประกอบไปด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายตัว และหลายแบบแล้วแต่ชนิดของกรดไขมันและชนิดน้ำมันนั้น (ตารางที่ 3)

กรดไขมันแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

1. <u>กรดไขมันชนิดอิ่มตัว</u> เนื่องจากคาร์บอนอะตอมทุกอะตอมจับกับคาร์บอนอะตอมอื่นและไฮโดรเจนจนเต็มตัว ทำให้โมเลกุลของมันไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้ เป็นกรดไขมันที่ในโมเลกุลมีโซ่คาร์บอนสั้นและไม่มีพันธะคู่ จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (มากกว่า 60 องศาเซลเซียส) เป็นสาเหตุที่ทำให้กรดไขมันชนิดนี้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดนี้อยู่มากจะอยู่ในสภาพเป็นไข และแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำลง เช่นน้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าว เป็นต้น

2. <u>กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว</u> เป็นกรดไขมันที่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก และมีโซ่คาร์บอนยาว มีพันธะคู่อยู่ในโมเลกุล ตั้งแต่ 1-6 คู่ ในกรณีที่มีพันธะคู่หลายตัวอยู่ในโมเลกุลเดียว จะเรียกว่า Poly Unsaturated Fatty Acids (PUFA) กรดไขมันชนิดนี้จะมีจุดหลอมเหลวต่ำซึ่งขึ้นกับจำนวนคาร์บอนอะตอม และพันธะคู่ในโมเลกุล

โดยทั่วไป กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะอยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่สูง เช่นน้ำมันพืชต่างๆ และน้ำมันที่ได้จากสัตว์น้ำ ได้แก่ น้ำมันปลา น้ำมันตับปลา น้ำมันตับปลาหมึก เหล่านี้ สัตว์น้ำไม่สามารถย่อยและนำไปใช้ได้มากนัก เนื่องจากอุณหภูมิของร่างกายซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิน้ำที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นกรดไขมันที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำจะเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว

กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีอยู่ 3 กลุ่ม ได้แก่

ก. กลุ่มกรดโอลีอิค (Oleic acid family) หรือ กลุ่มโอเมก้า-9 (n-9 หรือ ω-9) กรดไขมันที่เป็นต้นกำเนิดของตัวอื่นในกลุ่มนี้ได้แก่กรดโอลีอิค (Oleic acid, 18:1 n-9) พบมากในน้ำมันของสัตว์บก เช่นน้ำมันหมู น้ำมันวัว

ตารางที่ 3 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมัน[*5]

ชนิด	สูตร	สัญลักษณ์ย่อ	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว			
Butyric acid	$C_4H_8O_2$	4:0	-7.9
Caproic acid	$C_6H_{12}O_2$	6:0	-3.4
Caprylic acid	$C_8H_{16}O_2$	8:0	16
Capric acid	$C_{10}H_{20}O_2$	10:0	31
Lauric acid	$C_{12}H_{24}O_2$	12:0	44
Myristic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	14:0	54
Palmitic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	16:0	63
Stearic acid	$C_{18}H_{36}O_2$	18:0	70
Arachidonic acid	$C_{20}H_{40}O_2$	20:0	76
Lignoceric acid	$C_{24}H_{48}O_2$	24:0	86
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว			
Palmitic acid	$C_{16}H_{30}O_2$	16:1n7	0.5
Oleic acid	$C_{18}H_{34}O_2$	18:1n9	13.4
Linoleic acid	$C_{18}H_{32}O_2$	18:2n6	-5
Linolenic acid	$C_{18}H_{30}O_2$	18:3n3	-11
Arachidonic acid	$C_{20}H_{32}O_2$	20:4n6	-49.5
Clupanodonic acid	$C_{22}H_{34}O_2$	22:3n5	-78

[*5] อรวินท์ โทรกี และประชา บุญญสิริกูล (2529)

ข. กลุ่มกรดลิโนลีอิค (Linoleic acid family) หรือกลุ่มโอเมก้า 6 (n-6 หรือ ω-6) กรดไขมันที่สำคัญในกลุ่มนี้ มีกรดลิโนลีอิค (Linoleic acid, 18:2 n-6) และกรดอะราคิโดนิค (Arachidonic acid, 20:4 n-6) ซึ่งสัตว์บกและปลาบางชนิดสามารถสร้างกรดอะราคิโดนิคได้จากกรดลิโนลีอิค กรดไขมันกลุ่มนี้พบมากในน้ำมันพืชทั่วไป เช่นน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด ซึ่งมีกรดลิโนลีอิคประมาณ 50 เปอร์เซนต์ รองมาได้แก่ น้ำมันรำ และน้ำมันถั่วลิสงซึ่งมีกรดลิโนลีอิคอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 31-37

ค. กลุ่มกรดลิโนลีนิค (Linolenic acid family) หรือกลุ่มโอเมก้า 3 (n-3 หรือ ω-3) กรดไขมันที่สำคัญในกลุ่มนี้ มีกรดลิโนลีนิค (Linolenic acid, 18:3 n-3) กรดอีพีเอ (Eicosapentanoic acid-EPA, 20:5 n-3) และกรดดีเอชเอ (Docoxahexaenoic acid-DHA, 22:6 n3) อนึ่งกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมมากกว่า 20 อะตอม ขึ้นไป จะเรียกว่าโอเมก้า-3 ฮิวฟา (ω-3 HUFA หรือ ω-3 Highly Unsatuarated Fatty Acid) ซึ่งประกอบไปด้วยกรดอีพีเอ และกรดดีเอชเอ กรดลิโนลีนิคพบมากในวัชพืชน้ำ สาหร่ายน้ำจืด น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันลินสีด (เป็นน้ำมันจากเมล็ดต้นแฟกซ์) ส่วนกรดไขมันโอเมก้า-3 ฮิวฟา พบมากในน้ำมันสัตว์น้ำโดยทั่วไปโดยเฉพาะในสัตว์ทะเล เช่นน้ำมันตับปลาคอด มี 20-25 เปอร์เซนต์ น้ำมันปลาซาร์ดีน มี 20-25 เปอร์เซนต์ น้ำมันตับปลาหมึก มี 25-30 เปอร์เซนต์และน้ำมันปลาพอลลอก มี 12-20 เปอร์เซนต์ เป็นต้น

อาหารสำเร็จรูปของสัตว์น้ำโดยปกติจะมีปริมาณไขมันประมาณ 5 เปอร์เซนต์หรือน้อยกว่านั้นแล้วแต่แหล่งของไขมันที่ใช้ แม้ว่าปริมาณดังกล่าวอาจน้อยเมื่อเทียบกับสารอาหารตัวอื่น แต่มีความสำคัญเนื่องจากหน้าที่ของไขมันจะไปเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ และยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นที่ร่างกายของสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์เองได้และส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ กรดไขมันที่จำเป็นนี้เป็นต้นกำเนิดของ Prostaglandin และเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิปิด (Phospholipids)ที่เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซล และเป็นสื่อนำกรดไขมันชนิดอื่นๆไปยังตับ ลำไส้ และส่วนอื่นๆของร่างกาย ในแหล่งของโปรตีนจะพบว่ามีไขมันอยู่แต่โดยมากไม่ให้ความสนใจ กับปริมาณไขมันดังกล่าว การให้อาหารที่ไม่มีไขมันหรือขาดกรดไขมันที่จำเป็นจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง การเติม 20: 4 n-6 หรือ ω-3 HUFA ลงในอาหาร จะเพิ่มน้ำหนักและ FCE (Feed Conversion Efficiency) Uki et al. (1986b) รายงานว่า *H. discus hanni* ต้องการ ω-3 และ ω-6 เป็นกรดไขมันที่จำเป็น โดยความต้องการปริมาณ ω-3 HUFA 1 เปอร์เซนต์ของ 5 เปอร์เซนต์ของไขมันที่ใส่ลงในอาหาร

คาร์โบไฮเดรต

เป็นอาหารที่ให้พลังงานรองจากไขมัน แต่ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก ในสูตรอาหารอาจมีการเติมแป้งหรือ เดกซ์ทริน (dextrin) ปริมาณที่เติมอาจเป็น 5-30 เปอร์เซนต์ของปริมาณอาหารทั้งหมด คาร์โบไฮเดรตอาจใช้เป็นสารเชื่อม (binding agent) เช่น sodium alginate ซึ่งนอกจากจะใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารของหอยเป๋าฮื้อยังใช้เพื่อให้อาหารมีความคงตัวเมื่ออยู่ในน้ำ (Hahn,1989)

แร่ธาตุและวิตามิน

แม้ว่าปกติในน้ำทะเลจะมีแร่ธาตุและโลหะปริมาณน้อยอยู่แล้ว และสัตว์น้ำจะได้รับสารอาหารเหล่านี้โดยวิธีการ active transport แต่มักจะมีการเติมลงไปในอาหารประมาณ 5 เปอร์เซนต์ของอาหารทั้งหมดเนื่องจากแร่ธาตุบางชนิด เช่น แคลเซียม มีความสำคัญต่อการสร้างกระดูก (De Silva และ Anderson, 1995) และเนื่องจากเปลือกของหอยเป๋าฮื้อที่ถูกทำลายเนื่องจากศัตรู เช่น ดาวทะเล เพรียง หรือฟองน้ำบางชนิด จำเป็นที่จะต้องใช้แร่ธาตุเหล่านี้ในการซ่อมแซมเปลือก (Hahn,1989) ส่วนวิตามินสัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ได้เองจึงมักจะเติมลงไปในสูตรอาหาร

สารดึงดูด (attractant)

การเติมสารดึงดูดลงในอาหารเพื่อกระตุ้นให้หอยกินอาหาร อาจโดยการเติมสาหร่ายแห้งชนิดที่หอยชอบผสมในอาหาร หรือโดยการเติมสารอินทรีย์บางอย่างลงไป นอกจากนี้อาจใช้พวกโปรตีน กรดไขมัน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิคบางชนิดเป็นสารดึงดูดในอาหารสัตว์น้ำ (Harada et al., 1984) (ตารางที่ 4) Harada และ Kawasaki (1982) ทดสอบอิทธิพลของสารดึงดูดจากสาหร่ายทะเลต่อหอยเป๋าฮื้อ *H. discus* พบว่าหอยชอบกินสาหร่ายสีน้ำตาลมากกว่าสาหร่ายสีเขียว และสาหร่ายสีแดง Sakata และ Ina (1985) และ Harada และ Akishima (1985) เชื่อว่าอาหารของหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. discus* ควรจะมีการเติมสารดึงดูด โดย Sakata และ Ina (1992) สกัด *Undaria pinnatifida* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีน้ำตาล และพบว่าสารดึงดูดที่สำคัญของ *H. discus* คือ digalactosyldiacylglycerol (DGDG) และ phosphatidylcholine (PG)

ตารางที่ 4 ชนิดของสารดึงดูด (Feeding attractants) ที่ใช้ในอาหารหอยเป๋าฮื้อ (Hahn, 1989)

Amino acids	only the L-form of the amino acids are active Basic amino acids all amino acids (moderate to strong) hydroxylysine (strong) ornithrine (strong) Neutral amino acids Glycine (moderate) Cysteine (moderate) Tyrosine (moderate) Acidic amino acids Hydroxyproline (strong) Asparagine (strong) Glutamine (strong)
Neutral lipids	Tristearin (strong)
Volatile nitrogenous bases	Mono- di- and trimethylamine Mono- di- and triethylamine Cardiolipin (moderate)
Non volatile nitrogenous bases	Choline (moderate) Ammonium acetate (moderate) y-Aminobutyric acid (strong)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มีการใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยง *H. discus, H. discus hannai* และ *H. sieboldii* ในญี่ปุ่น โดยจะเริ่มใช้เมื่อหอยมีขนาด 5-8 มิลลิเมตร หรือเมื่อมีการย้ายหอยออกจากแผ่นล่อที่มีไดอะตอม อาหารสำเร็จรูปที่มีการผลิตจะใช้แหล่งโปรตีนจากปลาป่น และถั่วเหลืองป่น และพบว่าให้ผลในการเจริญเติบโตได้ดีเช่นกัน Viana et al. (1993) รายงานการเปรียบเทียบการใช้อาหารสำเร็จรูปกับสาหร่ายในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. fulgens* พบว่าการใช้อาหารสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพดีกว่า โดยอาหารสำเร็จรูปที่ทำจากปลาป่นและเคซีนจะให้การเจริญเติบโตที่ดีกว่าเมื่อให้ *M. pyrifera* เป็นอาหาร Nie et al. (1986) รายงานการเลี้ยง *H. discus hannai* ขนาด 13-16 มิลลิเมตรด้วยอาหารสำเร็จรูป จะมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.14 มิลลิเมตรต่อวันซึ่งมากกว่าเมื่อเลี้ยงด้วยสาหร่าย *L. japonica* 1.78 เท่า โดยที่คุณภาพเนื้อหอยเป๋าฮื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปจะมีโปรตีนสูง และมีน้ำน้อย และหอยเป๋าฮื้อที่กินอาหารสำเร็จรูปจะมีอัตราการกินลดลงกว่าเมื่อใช้สาหร่ายเป็นอาหาร เนื่องจากมีโปรตีนสูงและมีปริมาณน้ำน้อย ในต่างประเทศ เช่นประเทศฝรั่งเศส มีการนำอาหารสำเร็จรูปมาใช้แทนสาหร่ายตั้งแต่ปี 1977 โดยใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. tuberculata* อายุ 1-3 เดือน อาหารดังกล่าวทำจากกากถั่วเหลือง ธัญพืช lactoserum แร่ธาตุ วิตามินรวม และ antioxidant ประกอบด้วยโปรตีน 21 เปอร์เซนต์ ไขมัน 3.5 เปอร์เซนต์ เซลลูโลส 3.5 เปอร์เซนต์ แร่ธาตุ 17 เปอร์เซนต์และมีความชื้น 9-10 เปอร์เซนต์ (Hahn, 1989) Uki et al. (1985a) เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. discus hannai* ด้วยอาหารสำเร็จรูปที่มีเคซีน 30 เปอร์เซนต์ โซเดียมอัลจิเนต 20-30 เปอร์เซนต์ น้ำมัน 5 เปอร์เซนต์ (น้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันตับปลาพอลลอก = 3:2+วิตามินอี 1 เปอร์เซนต์) แร่ธาตุ 4 เปอร์เซนต์ วิตามินรวม 1.5 เปอร์เซนต์ และเซลลูโลส 5 เปอร์เซนต์ จะทำให้หอยเป๋าฮื้อมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

Uki และ Watanabe (1992) สรุปว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อได้แก่ อาหารที่มีโปรตีน 28 เปอร์เซนต์ ไขมัน 5 เปอร์เซนต์ และแร่ธาตุ 8 เปอร์เซนต์

สำหรับการทดลองอาหารที่ใช้เลี้ยงหอยในประเทศไทย ธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2534 ข) ทดลองใช้อาหารสำเร็จรูปจากญี่ปุ่นทดแทนสาหร่าย *G. salicornia* การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ *H. asinina* อายุ 5 เดือนขนาดความยาว 17-35 มิลลิเมตรเป็นเวลา 120 วัน โดยอัตราการเติบโตเท่ากับ 101.9 เปอร์เซนต์ต่ำกว่าเมื่อใช้สาหร่ายในการเลี้ยง ซึ่งมีอัตราการเติบโตเท่ากับ 128.12 เปอร์เซนต์ หอยเป๋าฮื้อที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปมีอัตรารอดไม่แตกต่างจากหอยที่ได้รับสาหร่ายเป็นอาหารอย่างมีนัยสำคัญ และสรุปว่าสามารถใช้อาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงหอยได้ดีกว่าการใช้สาหร่าย *E. intestinalis*

ศัตรูและโรคของหอยเป๋าฮื้อ

ศัตรูในธรรมชาติของหอยเป๋าฮื้อได้แก่ ปลาหมึก (Tegner และ Butler, 1985) ปลาไหลทะเล หอยฝาเดียว ดาวทะเล และปู นอกจากนี้มีพวกที่เป็นคู่แข่งในการกินอาหาร ได้แก่ เม่นทะเล ปลากินพืช ไส้เดือนทะเลบางชนิด (Uki, 1984)

Crofts (1929) ศึกษาจากตัวอย่างของ *H. tuberculata* ที่เก็บจากธรรมชาติ พบ Trematode และ Cyst ของ Parasite บางชนิดในช่องว่างระหว่างกระเพาะ (digestive gland) และอวัยวะเพศ (Testis)

Lester และ Davis (1981) รายงานว่าพบโปรโตซัวชนิด *Perkinsus* spp. ใน *H. ruber*

O'donoghue et al. (1991) รายงานว่าพบ *Perkinsus olseni* ในหอยเป๋าฮื้อในเขตได้ของออสเตรเลียชนิด *H. ruber* และ *H. laevigata*

Hamilton (1984) และ Ebert และ Houk (1984) รายงานว่าการตายของหอยเป๋าฮื้อในช่วงตัวอ่อน เกี่ยวข้องกับแบคทีเรียชนิด *Vibrio* spp.

การควบคุมสภาวะแวดล้อมให้ดีจะช่วยลดอัตราการเกิดโรคได้ เช่นการลดความเครียดซึ่งอาจเกิดจากการขาดแคลนอาหาร ความหนาแน่นในระบบการเลี้ยงที่มากเกินไป การบาดเจ็บ นอกจากนี้การทำความสะอาดบ่อเลี้ยงด้วยการใช้คลอรีน หรือไฮโปคลอไรท์ การใช้น้ำที่ผ่านการกรอง หรือการใช้รังสียูวีเพื่อลดความเข้มข้นของเชื้อโรคให้น้อยลง และอาจมีการใช้ยาปฏิชีวนะเช่น Dipterex, Neomycin sulfate แต่การใช้ควรมีความรอบคอบเพราะอาจเป็นอันตรายต่อหอยได้เช่นกัน (Hahn, 1989)