

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

แบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง  
MODEL FOR DIGESTIVE SYSTEM OF SPINY – RAYED FISH



โดย

นายวีระพันธ์ มากนคร

ปท.

๑๘๔๖ ป ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดัชนีการเกษตร-การผลิตสัตว์  
๒๕๔๐

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์

เลขหม.....

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

เลขทะเบียน..... 30361

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วัน, เดือน, ปี ๖ ก.ค. ๒๕๔๑

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา ๒๕๔๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อปัญหาพิเศษ ปีการศึกษา 2540

**ชื่อเรื่อง** แบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

MODEL FOR DIGESTIVE SYSTEM OF SPINY – RAYED FISH

**ชื่อ-นามสกุล นายวีระพันธ์ มากนคร**

**สาขาวิชา เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์**

**ภาควิชา ทรัพยากรเกษตร**

**คณะ ทรัพยากรอุตสาหกรรม**

**อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชวีลักษ์ ปวงสุข**

### บทคัดย่อ

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ เป็นการจัดทำอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน ประเภทแบบจำลอง เรื่อง ระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง เพื่อแสดงให้เห็นระบบทางเดินอาหารและอวัยวะภายในของปลากระดูกแข็ง เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชามีนวิทสา รหัสวิชา สกม 2301 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในการทำแบบจำลองนี้เพื่อประโยชน์ในการเรียนวิชามีนวิทสาและวิชาที่ต้องศึกษาถึงลักษณะภายนอก ภายในของปลากระดูกแข็ง ซึ่งแบบจำลองนี้จะทำให้ผู้สอนสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์ที่เป็นตัวปลาจริง ซึ่งจะยุ่งยากและเป็นการเสียเวลามากในการจัดหาปลาจริงมาใช้ในการเรียนการสอน

การสร้างอุปกรณ์การสอนประเภทแบบจำลองนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะภายนอก ภายใน ระบบอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกินการย่อยอาหารของปลากระดูกแข็งซึ่งสามารถใช้แทนตัวปลาจริง ได้เป็นอย่างดีเนื่องจากแบบจำลองนี้ผู้จัดทำได้จัดทำให้มีลักษณะเทียบเคียงของจริงมากที่สุด

การดำเนินการจัดทำเริ่มตั้งแต่การศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เนื้อหาบทเรียน เพื่อกำหนดหัวข้อในการทำแบบจำลอง จากนั้นทำการศึกษาขั้นตอนวิธีการในการทำแบบจำลอง การปั้นหุ่น วัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการปั้น การทำแบบจำลอง และกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ในการทำแบบจำลองซึ่งได้เลือกใช้พลาสติกเหลวหรือเรซินเป็นอุปกรณ์ในการทำเพราะเป็นวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน จัดหาปลาที่จะใช้เป็นแบบ ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ผู้จัดทำ ได้เลือกใช้ปลานิล (Nill tilapia) เป็นแบบในการทำแบบจำลอง จากนั้นก็เริ่มทำแม่พิมพ์ยางโดยใช้ดินน้ำมันปั้นรูปปลานิลขนาดเท่าของจริง แล้วทาสีด้วยสีโคน ใช้ปูนปลาสเตอร์ทำพิมพ์ครอบอีกหนึ่งชั้นเพื่อให้คงรูป เมื่อได้พิมพ์ยางแล้วใช้พลาสติกเหลวหรือเรซินที่ผสมน้ำยาเร่งแล้ว หยดลงในพิมพ์ยางให้เต็มรองจนแข็งตัว ก็ถอดพิมพ์ออกแล้วลงสีตามอวัยวะต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

จากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำเป็นอย่างมาก เรื่องการหล่อพลาสติก การเลือกใช้สีสัณ การผสมสี และการทำแบบจำลอง ส่วนผลที่ได้จากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ คือได้แบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดุกแข็ง ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถแสดงให้เห็นทั้งลักษณะภายนอกของปลานิล ลักษณะภายใน อวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการกินและการย่อยอาหารของปลากระดุกแข็ง จำนวน 1 ชุด คำบรรยายประกอบแบบจำลอง 1 เล่ม

ประโยชน์จากแบบจำลองนี้คือใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนวิชาสัตววิทยา สกม 2301 ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อีกด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ก็ได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์ และบุคคลอื่นๆ อีกหลายท่าน ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์วิไลย์ ปวงสุข ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ความดีของปัญหาพิเศษฉบับนี้ขอมอบให้แก่ คุณพ่อคุณแม่ ตลอดจนครู อาจารย์ ที่ให้ การอบรมสั่งสอนจนทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแบบจำลองและรูปเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ สำหรับผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการทำแบบจำลอง และสำหรับผู้ที่จะศึกษาเกี่ยวกับสรีระวิทยาของปลา

นายวิระพันธ์ มากนคร

กุมภาพันธ์ 2541

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ความหมายของสื่อการสอน.....	5
2.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน.....	7
2.3 การศึกษาการทำหุ่นจำลอง.....	13
2.4 ลักษณะของปลากระดูกแข็ง.....	22
3. วิธีการสร้างอุปกรณ์.....	30
3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร.....	30
3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาส่วนที่จะนำมาสร้างอุปกรณ์.....	33
3.3 คำบรรยายประกอบแบบจำลอง เรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง.....	47
3.4 วิธีการดำเนินการ.....	51
4. การตรวจสอบอุปกรณ์และการแก้ไข.....	54
4.1 วิธีการตรวจสอบแบบจำลอง.....	54
4.2 แบบประเมินคุณภาพอุปกรณ์ประกอบการสอน.....	55
4.3 ผลการตรวจสอบ.....	56
4.4 การปรับปรุงแก้ไข.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1 สรุป.....	58
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การจัดการเรียนการสอน ในปัจจุบันผู้สอนจะคิดค้นหา “สื่อ” การสอนต่าง ๆ มาช่วยในการเรียนการสอนเพื่อถ่ายทอดความรู้ ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด แบบจำลอง (Model) ก็เป็นสื่ออีกชนิดหนึ่งซึ่งช่วยให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ ซึ่งจำลองขึ้นหรือลดขนาดของจริงมานั่นเอง แบบจำลองเป็นการศึกษาหารายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้ที่ศึกษามีความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ในเรื่องของรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ลักษณะของรูปร่าง โครงสร้างต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนย้ายไปใช้สอนได้ง่าย ตลอดจนถึงการดูแลและการเก็บรักษา

วาสนา ชาวหา (2525 : 18) กล่าวถึงสื่อประเภทของจริงว่า ของจริงหรือวัตถุเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เป็นประโยชน์ในการเรียนการสอน และยังเป็นสิ่งกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างดี เพราะเป็นสิ่งที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ได้โดยตรงด้วยตนเอง อาจเป็นไปได้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ได้เห็น ได้ชิม ได้กลิ่น ได้จับต้องดูคลำ เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความประทับใจ และจดจำได้นาน ของจริงอาจแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. วัตถุหรือของจริง (Object) ที่นำมาทั้งหมดไม่ว่าจะนำมาแต่ส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น นั่นก็หมายความว่า วัตถุหรือสิ่งของนั้นจะต้องไม่ลำบากต่อการนำเข้ามาในห้องเรียน เช่น ไม้ใหญ่เกินไป เป็นต้น

2. ของตัวอย่าง (Specimen) เป็นเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น หรือเป็นเพียงตัวแทนของสิ่งของนั้น เช่น ตัวอย่างผ้า ตัวอย่างหิน เป็นต้น ของจริงหรือของตัวอย่างที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนนั้น ควรจะได้อาจมาจากการร่วมมือของนักเรียนในการมีส่วนร่วมหามา และควรมีขนาดใหญ่พอสมควรที่ทุกคนสามารถมองเห็นได้ทั่วถึง ถ้าเล็กเกินไปอาจจะต้องใช้เครื่องฉายวัตถุทึบแสง (Opaque projector) ขยายให้มีขนาดใหญ่ปรากฏที่จอ เพื่อให้นักเรียนจะได้เห็นถึงนั้นได้ทั่วถึงทุกคน

ถักดา สุขปรีดี (2523 : 69) กล่าวว่า ของจริง คือสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยตรงด้วยตนเอง โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การมองเห็น ได้ยินเสียง ได้สัมผัส ได้กลิ่น และได้กลิ่น เป็นต้น

ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2533 : 91) กล่าวถึงชื่อประเภทของจริงว่า ได้แก่

1. วิทยากร ผู้ชำนาญการ สามารถจูงใจให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้ตั้งใจและรับความรู้ได้คืบหน้า
2. วัสดุสิ่งของและเครื่องมือต่าง ๆ ช่วยในการเรียนแบบฝึกปฏิบัติให้สามารถใช้เครื่องมือเหล่านั้นได้

จากเหตุผลที่กล่าวมา ประกอบกับการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา ของวิชามินวิทยา (สกม 2301) ซึ่งมีคำอธิบายรายวิชาคือลักษณะภายนอกและภายในของปลา ระบบต่าง ๆ ของร่างกายปลา พฤติกรรมและนิเวศน์วิทยาของปลา หลักการจำแนกและวิเคราะห์พรรณปลา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 (กรมอาชีวศึกษา, 2536 : 4) ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาประมง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นเหตุผลให้เลือกผลิตแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็งในการสอนวิชาดังกล่าว

แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง เป็นการศึกษารายละเอียดที่สำคัญ เช่น อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกินอาหารและการย่อยอาหาร ซึ่งในการเรียนการสอนจริงมีความยุ่งยาก และใช้เวลานานในการหาปลาเป็น ๆ มาชำแหละเพื่อให้นักเรียนดูระบบทางเดินอาหารและโครงกระดูกของปลา นักเรียนที่ยังไม่มีประสบการณ์ก็จะไม่สามารถสังเกตเห็น ระบบทางเดินอาหารและโครงกระดูกของปลา ได้ชัดเจนและถูกต้อง แต่ถ้าหากได้ดูจากแบบจำลองก็จะสามารถช่วยให้เกิดทักษะได้เร็วขึ้น และถ้าหากมีแบบจำลองนี้จะสามารถให้ประสบการณ์ตรงแก่ผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น เพราะนักเรียนสามารถดูได้โดยตรงจากหุ่นจำลอง ไม่ต้องยุ่งยากในการผ่าซากปลาซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งทำให้เป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเสียเวลามากขึ้น ดังนั้นการที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงจากแบบจำลองแล้ว เมื่อได้เรียนกับของจริงก็จะทำให้เข้าใจได้เร็วขึ้น อันจะเป็นผลทำให้การเรียนการสอนวิชามินวิทยา (สกม 2301) ในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติประสบผลสำเร็จตรงตามวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน และยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ ทางการประมง และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างชุดอุปกรณ์การสอนในวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้ ดังได้กล่าวข้างต้นว่าการเรียนการสอนจะต้องมีสื่อช่วยในการถ่ายทอด ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่ใกล้เคียงของจริงมากที่สุด ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง ในการเรียนการสอนวิชามินวิทยา (สกม 2301) ในหัวข้อเรื่องอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกินอาหารและการย่อยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม  
สาขาวิชาประมง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

### 1.3 ขอบเขตของปัญหา

การทำแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดุกแจ้ ในการเรียนการสอนวิชา  
มีนวิทยา (สทศ 2301) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) หัวข้อเรื่องอวัยวะภายในที่เกี่ยวข้อง  
ซึ่งกับการกินอาหาร การย่อยอาหารและโครงสร้างภายในของปลากระดุกแจ้ ซึ่งด้านขวาของตัว  
ปลาจะแสดงให้เห็นลักษณะภายนอกของปลากระดุกแจ้ และด้านซ้ายจะแสดงให้เห็นอวัยวะภายใน  
ในช่องท้องของปลากระดุกแจ้ ซึ่งในการทำแบบจำลองครั้งนี้ใช้มาตราส่วนของจริงต่อแบบ  
จำลองเท่ากับ 1 : 1 ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ปาก
2. หลอดคอ
3. กระเพาะอาหาร
4. ไส้ติ่ง
5. ถุงน้ำดี
6. ตับ
7. ลำไส้เล็ก
8. ลำไส้ใหญ่
9. ทวารหนัก
10. ไต
11. ถุงลม
12. รังไข่
13. เหวือก
14. หัวใจ
15. กระดุกซี่โครง
16. กระดุกสันหลัง
17. กระดุกค้ำจุนครีบท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แบบจำลองระบบทางเดินอาหารปลาทะเลกระดูกแข็ง ใช้ประกอบการเรียนการสอน วิชา มินิวิทยา (สทศ 2301) ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวศ.)
2. ผู้จัดทำได้ประสบการณ์ในการจัดทำ แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลา กระดูกแข็ง ซึ่งเป็นแนวทางในการทำสื่อชนิดอื่น ๆ ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ เป็นการจัดทำอุปกรณ์ประกอบ การเรียนการสอน ประเภทแบบจำลอง เรื่อง ระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง เพื่อแสดงให้เห็นระบบทางเดินอาหารและอวัยวะภายในของปลากระดูกแข็ง เพื่อใช้ประกอบการสอนวิชามีนวิทยา รหัสวิชา สกม 2301 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 (กรมอาชีวศึกษา 2536 : 4) ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตสื่อประกอบการสอน ซึ่งได้นำเอกสารเข้ามาประกอบการผลิตแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ความหมายของสื่อการสอน
2. ประเภทของสื่อการเรียนการสอน
3. การศึกษาการทำหุ่นจำลอง
4. ลักษณะของปลากระดูกแข็ง

#### 2.1 ความหมายของสื่อการสอน

กิดานันท์ มลิทอง (2536 : 75) กล่าวว่า สื่อการสอนนับว่าเป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอนนับแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผู้เรียนมีความเข้าใจความหมายของเนื้อหาบทเรียนได้ตรงกับที่ผู้สอนต้องการ ไม่ว่าจะสื่อนั้นจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ล้วนแต่เป็นทรัพยากรที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ได้ทั้งสิ้น ในการใช้สื่อการสอนนั้นผู้สอนจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติของสื่อแต่ละชนิด เพื่อเลือกสื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์การสอนและสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบในการใช้สื่อด้วย ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 40) ได้ให้ความหมายของ สื่อการสอนไว้ ดังนี้ สื่อการสอน (Instructional Media) เป็นการนำไปใช้สอนทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน เช่น ใช้สไลด์และภาพยนตร์ประกอบการสอน การใช้ตำราบทเรียนโปรแกรม รายการวิทยุโรงเรียน เป็นต้น สื่อการสอนนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการใช้ระบบการศึกษา จึงกล่าวได้ว่าสื่อการสอนเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลัดดา สุขปริศิ (2523 : 61) กล่าวว่า สื่อการเรียนการสอนมาจากคำว่า “สื่อ” (Media) และ “การเรียนการสอน” (Instruction) สื่อ หมายถึง ตัวกลาง ส่วนการเรียนการสอน หมายถึง ขบวนการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและทัศนคติระหว่างครูกับนักเรียน ฉะนั้นเมื่อรวมกันแล้ว สื่อการเรียนการสอนจึงหมายถึง ตัวกลางที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อให้ครูและนักเรียนเข้าใจสิ่งที่ถ่ายทอดซึ่งกันและกันได้ผลตรงตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน

สันทัด ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข (2523 : 35) ได้กล่าวถึงความหมายของสื่อการเรียน ใไว้ดังนี้ สื่อการสอนหมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับช่วยถ่ายทอดหรือนำความรู้หรือประสบการณ์ไปสู่ผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

นิพนธ์ สุขปริศิ (2528 : 113) กล่าวว่า การเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลงมาก คือมีการพัฒนาขึ้นจากเดิมที่มีครู ทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนด้วยวิธีการบรรยาย ใช้ตำราเรียนและกระดานขอลักเป็นเครื่องมือ โดยมีนักเรียนเป็นผู้ฟังและจดจำเนื้อหา ที่ครูถ่ายทอดด้วยวิธีซ้ำซาก จนกระทั่งปัจจุบันบทบาทของครูได้ถูกเปลี่ยนไป จากผู้บรรยายมาเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนให้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มตลอดจนการจัดระบบการเรียนการสอน ทั้งนี้โดยอาศัยโสตทัศนวัสดุเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียน ทั้งด้านการพัฒนาความรู้ ความคิด ทักษะและทัศนคติ

เกื้อกูล คุปรัตน์ (2528 : 10) ได้ให้ความหมายของโสตทัศนศึกษา (Audio Visual Education) ไว้ว่าเป็นสาขาวิชาหนึ่งที่ว่าด้วยการศึกษาที่กล่าวถึงเทคนิคการสอนโดยใช้โสตทัศนวัสดุ (Audio Visual Material and Equipment) ประกอบบทเรียนของครู ในภาษาอังกฤษ คำว่า โสตทัศนศึกษา หรือ Audio Visual Education มีผู้ใช้อื่น ๆ อีกหลายคำ เช่น Audio Visual Media, Instruction Media, Educational Technology, Education Media เป็นต้น ซึ่งมีความหมายทำนองเดียวกันทั้งสิ้น

โอวาท พูลศิริ (2525 : 3) ได้กล่าวถึงโสตทัศนศึกษาว่า หมายถึงการศึกษาที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยผ่านประสาทสัมผัสทางหู ตา เป็นส่วนใหญ่ นักศึกษาได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอินทรีย์สัมผัสทั้ง 5 ของคน วันหนึ่ง ๆ คนเราได้สัมผัสทางใดบ้าง จากผลการวิจัยเห็นว่า คนเราได้รับประสบการณ์โดยผ่านประสาทสัมผัสทางหู ตา เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจะเห็นว่าผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้ได้ดีโดยประสาทตา ฉะนั้นอุปกรณ์ด้านโสตทัศนศึกษาจึงมีความสำคัญมากต่อการเรียนรู้ของนักเรียน อุปกรณ์เหล่านั้น ได้แก่ ของจริง หุ่นจำลอง รูปภาพ วีดีโอ

เปียรศรี วิวิษศิริ (2527 : 35) ให้ความหมายว่า สื่อตามความหมายในพจนานุกรม หมายถึง ทำให้ติดต่อกันหรือทำการติดต่อให้ทั่วถึงกันชักนำให้รู้จักกัน เช่น สื่อสาร แม่สี ดังนั้นถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาคำว่าสื่อในแง่ของการสื่อสารแล้วก็จะมีความหมายว่า สื่อคือตัวกลางที่ใช้ในการสื่อความหมายเป็นเครื่องมือให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ง่ายขึ้น หรือคือวัสดุอุปกรณ์ วิธีการหรือเทคนิค รวมถึงบุคคลที่มาช่วยแก้ปัญหาทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ลุล่วงไปด้วยดีและรวดเร็ว

## 2.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

ประเภทของสื่อการสอนในทางเทคโนโลยีทางการสอนแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. อุปกรณ์หรือเครื่องมือ (Equipment or Hardware) สื่อประเภทนี้เป็นอุปกรณ์ทางด้านเครื่องบันทึกเสียง เครื่องฉายภาพเหนือศีรษะ วิทยุ เครื่องฉายภาพยนต์ โทรทัศน์ เป็นต้น
2. วัสดุ (Software) สื่อการสอนประเภทนี้ บางประเภทต้องใช้ร่วมกัน เป็นสื่อที่ต้องสร้างออกมาเพื่อบรรจุเรื่องราวต่าง ๆ เอกสารความรู้ที่ใช้ได้เป็นอิสระ เช่น แผ่นภาพ หุ่นจำลอง ใบงาน

สมเชาว์ เนตรประเสริฐ (2537 : 143) ได้จำแนกสื่อการสอนออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ คือ

1. Non-Projected Materials ได้แก่ รูปจำลอง แบบเขียน แผนภูมิ บัตรคำต่าง ๆ
2. Projected Materials ได้แก่ สื่อที่มีเครื่องฉายประกอบด้วย เช่น สไลด์ แผ่นใส

ฟิล์มสตริป

3. Audio Materials ได้แก่ สื่อจำพวกเครื่องเสียงต่าง ๆ คือ วิทยุ เทปบันทึกเสียง

วาสนา ชาวหา (2522 : 12) ได้จำแนกสื่อการสอนออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ คือ

1. วัสดุและเครื่องมือที่ไม่ต้องฉาย หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือที่ไม่ต้องอาศัยเครื่องฉายในการนำเสนอ แต่สามารถนำเสนอได้ด้วยตัวของมันเอง ได้แก่ รูปภาพ แผนที่ หุ่นจำลอง ฯลฯ ตลอดจนกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การสาธิต นิทรรศการ ทัศนศึกษา เป็นต้น

2. วัสดุและเครื่องมือที่ต้องฉาย หมายถึง วัสดุหรือเครื่องมือที่ต้องอาศัยเครื่องฉายจึงจะสามารถนำเสนอได้ ดังเช่น ฟิล์มภาพยนตร์และเครื่องฉายภาพยนตร์ ภาพโปร่งใสและเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เป็นต้น

3. วัสดุวัสดุและอุปกรณ์ หมายถึง วัสดุและอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับเสียง สามารถรับรู้ได้โดยการฟัง เช่น เครื่องบันทึกเสียงและเทปเครื่องเล่นแผ่นเสียง และแผ่นเสียง เครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เป็นต้น

ชัยงค์ พรหมวงศ์ อ้างโดย วาสนา ชาวหา (2522 : 12) ได้แบ่งสื่อการสอนเป็น 3 ประเภทดังนี้คือ

1. วัสดุ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลง เช่น ซอด้ก พลิ้ม ภาพถ่าย ภาพยนตร์ สไลด์ ฯลฯ
2. อุปกรณ์ หมายถึง สิ่งที่ช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เช่น กระดานดำ กล้องถ่ายภาพ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ
3. กระบวนการและวิธีการ ได้แก่ การจัดระบบ การสาธิต การทดลอง และกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะกิจกรรมที่ครูจัดทำขึ้นและมุ่งให้นักเรียนปฏิบัติ

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ อ้างโดย เป็ชศรี วิวิษลริ (2535 : 61) ได้แบ่งสื่อการสอนไว้ดังนี้ สื่อการเรียนการสอน หรือเรียกว่า โสตทัศนูปกรณ์ จำแนกได้ 6 ประเภท คือ

1. วัสดุถาวร เช่น แผนภูมิ แผนที่ ลูกโลก การ์ตูน โปสเตอร์ และยังรวมถึงป้ายนิเทศ กระดานดำด้วย
2. วัสดุมีทรง เช่น พิพิธภัณฑน์ ของจำลอง ของจริง ฯลฯ
3. โสตวัสดุ เช่น แผ่นเสียง วิทยุ
4. ภาพนิ่ง เช่น รูปภาพ สไลด์ สมุดภาพ ภาพโปรงแสง
5. การทำกิจกรรมร่วม เช่น งานที่เป็นโครงการ การเล่นเกม การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ นิทรรศการ เป็นต้น
6. ภาพยนตร์และโทรทัศน์

วาสนา ชาวหา (2522 : 13) กล่าวไว้ว่าสื่อการสอนจำแนกได้เป็น 8 ประเภท คือ

1. ของจริงและตัวบุคคล รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เช่น การสาธิต การทดลอง การศึกษานอกสถานที่
2. ภาษาพูดหรือภาษาเขียน หมายถึง คำพูด คำรา วัสดุพิมพ์ คำอธิบายในสไลด์ คำอธิบายฟิล์มสตริป แผ่นภาพโปรงแสง
3. วัสดุกราฟิก เช่น แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ โปสเตอร์ การ์ตูน แผนที่ ลูกโลก ภาพวาด ฯลฯ วัสดุประเภทนี้นอกจากจะนำมาใช้โดยตรงแล้ว ยังปรากฏในหนังสือ ตำรา แบบเรียน หนังสืออ้างอิง ภาพโปรงใส ภาพฟิล์มสตริป สไลด์ เป็นต้น
4. ภาพนิ่ง เป็นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพสไลด์และฟิล์มสตริป
5. ภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ ภาพยนตร์ โทรทัศน์
6. การบันทึกเสียง ได้แก่ เสียงจากเทป บันทึกเสียงจากแผ่นเสียง จากร่องเสียงของแผ่นฟิล์มภาพยนตร์ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การสอนประเภทโปรแกรม เป็นการสอนที่จะต้องจัดเตรียมล่วงหน้า อาจมีสื่อทางโสตทัศนศึกษาช่วยเป็นแบบเรียน โปรแกรมบทเรียนสำเร็จรูปใช้ ร่วมกับเครื่องช่วยสอนหรือคอมพิวเตอร์

8. สื่อประเภทสถานการณ์จำลองและชุดการสอน ได้แก่ การแสดงบทบาท การแสดงละคร

ดังนั้นจึงจำแนกสื่อการสอนเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทวัสดุ (Software or Material) บางครั้งก็เรียกว่า “สื่อเล็ก (Small Media)” เป็นสื่อการสอนประเภทสิ้นเปลือง เสียหายได้ง่ายและเป็นสื่อที่บรรจุเนื้อหาสาระเรื่องราวหรือความรู้ไว้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น สไลด์ บรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะภาพนิ่ง หนังสือบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ แผ่นเสียงหรือเทปบันทึกเสียงบรรจุเรื่องราวไว้ในลักษณะเสียง และฟิล์มภาพยนตร์ บรรจุเรื่องราวไว้ในรูปของภาพเคลื่อนไหวควบคู่กับเสียง เป็นต้น สื่อการสอนประเภทวัสดุยังสามารถจำแนกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 วัสดุที่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ จึงสามารถเสนอเรื่องราวความรู้หรือเนื้อหาสาระไปยังผู้เรียนได้ ตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ คือ แผ่นเสียง เทปเสียง เทปโทรทัศน์ ฟิล์มภาพยนตร์ ภาพโปรเจกต์ เป็นต้น

1.2 วัสดุที่สามารถเสนอเรื่องราว ความรู้ เนื้อหาไปสู่ผู้เรียนได้ด้วยตัวมันเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์แต่เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างวัสดุชนิดนี้ คือ หนังสือ แผนภูมิ รูปภาพ หุ่นจำลอง แผนที่ เป็นต้น

2. ประเภทเครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Hardware or Equipment) บางครั้งก็เรียก “สื่อใหญ่ (Big Media)” ได้แก่ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายเทป โทรทัศน์ เครื่องฉายภาพโปรเจกต์ และเครื่องฉายภาพทึบแสง เป็นต้น สื่อการสอนประเภทนี้เป็นเพียงเครื่องมือหรือตัวกลางซึ่งเป็นทางผ่านของความรู้หรือเรื่องราวเท่านั้น โดยตัวมันเองแล้วไม่ได้บรรจุเนื้อหาสาระความรู้หรือเรื่องราวใด ๆ ไว้เลยจึงไม่สามารถจะสื่อความหมายไปยังผู้เรียน ได้แต่จะต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุ (Software) มาใช้ควบคู่กันไปจึงจะสามารถเสนอเรื่องราวไปสู่ผู้รับ หรือเนื้อหาวิชาที่บรรจุอยู่ในสื่อประเภทวัสดุนั้นออกมาในลักษณะภาพเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติสร้างความสมจริงและน่าเชื่อถือ ตลอดจนการเสนอในลักษณะของเสียงที่ดังฟังชัดสามารถได้ยินกันอยู่ทั่วถึง

3. ประเภทเทคนิคและวิธีการ (Technique and Method) สื่อการสอนประเภทนี้ไม่จัดอยู่ในประเภทวัสดุหรือเครื่องมือ แต่ต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุหรือเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างมาใช้ร่วมกันในลักษณะของกิจกรรมหรือวิธีการ ตัวอย่างประเภทนี้ คือ การแสดงละคร การศึกษานอกสถานที่ นิทรรศการ การสาธิต เป็นต้น

ถัดมา ศุขปริที (2533 : 63) กล่าวว่าในทางเทคโนโลยีทางการสอน เราจำแนกประเภทของสื่อการเรียนการสอน ออกเป็น 3 ลักษณะ

1. สื่อประเภทวัสดุ (Material or Software) ได้แก่ สื่อขนาดเล็ก (Small Media) ที่ทำหน้าที่เก็บความรู้ในลักษณะของภาพ เสียง และอักษร ในลักษณะที่ผู้เรียนสามารถใช้เป็นแหล่งประสบการณ์ หรือศึกษาได้อย่างแท้จริงและกว้างขวาง แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 วัสดุที่เสนอความรู้ได้ด้วยตัวมันเอง ได้แก่ หนังสือ ตำรา ของจริง หุ่นจำลอง รูปภาพ แผนภูมิ ป้ายนิเทศ เป็นต้น

1.2 วัสดุที่ต้อง อาศัยสื่อประเภทเครื่องกลไก (Hardware) เป็นตัวนำเสนอ ได้แก่ फिल्मภาพยนตร์ แผ่นสไลด์ फिल्मสตริฟ เส้นเทปบันทึกเสียง รายการวิทยุ รายการโทรทัศน์ รายการที่ใช้กับเครื่องช่วยสอน เป็นต้น

2. สื่อประเภทเครื่องมือหรือโสตทัศนอุปกรณ์ (Devices or Hardware) ได้แก่ สื่อใหญ่ (Big Media) ที่เป็นตัวกลางของมันเองแล้วแทบจะไม่มีประโยชน์ต่อการสื่อความหมาย ถ้าไม่มีความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ มาป้อนเครื่องกลไกเหล่านี้ ดังนั้น สื่อประเภทนี้จำเป็นต้องอาศัยสื่อประเภทวัสดุ (Software) บางชนิดเป็นแหล่งความรู้ให้มันส่งผ่านมีการเคลื่อนไหว หรือไปสู่นักเรียนจำนวนมาก หรือไปได้ไกล ๆ รวดเร็ว และบางทีก็ทำหน้าที่เหมือนกับครูที่เลี้ยงเอง เช่น เครื่องช่วยสอน (Teaching Machine) สื่อการเรียนการสอนประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องบันทึกเสียง เครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องฉายภาพนิ่งทั้งหลาย เป็นต้น

สื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการต่าง ๆ (Techniques or Methods) เป็นตัวกลางในขบวนการเรียนการสอน ไม่จำเป็นต้องใช้แค่วัสดุ หรือเครื่องมือเท่านั้น บางครั้งจำเป็นต้องอาศัยเทคนิค และกลวิธีต่าง ๆ เป็นสำคัญเพื่อช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคหรือวิธีการ ได้แก่ ประสบการณ์ต่าง ๆ เช่น การสาธิต การแสดงบทบาท การแสดงละคร และหุ่น การศึกษานอกสถานที่ การจัดแสดง และนิทรรศการ ตลอดจนเทคนิคในการเสนอบทเรียนด้วยสื่อประเภทวัสดุ และเครื่องมือ เป็นต้น

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534 : 48) ได้จำแนกสื่อการเรียนการสอนออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สื่อประเภทโสต - ทัศนวัสดุ (Audio visual materials)
2. สื่อประเภทโสต - ทัศนอุปกรณ์ (Audio visual equipment)
3. สื่อประเภทเทคนิควิธีการ (techniques)

สื่อประเภทโสต - ทัศนวัสดุ แบ่งออกเป็น 6 จำพวก ได้แก่

1. รูปภาพ ได้แก่ ภาพเขียน ภาพถ่าย ภาพพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัสดุฉายเส้น ได้แก่ แผนภูมิ แผนสถิติ แผนภาพ ภาพโฆษณา
  3. วัสดุสามมิติ ได้แก่ ของจริง หุ่นจำลอง ของตัวอย่าง
  4. วัสดุประกอบแผ่นป้าย ได้แก่ ตัวแสดงที่ใช้กับแผ่นป้าย ฟ้าสำลี
  5. วัสดุสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือ ตำรา และเอกสาร ประกอบการเรียนการสอน
  6. วัสดุประกอบการทดลอง ได้แก่ ตัวอย่างหรือสื่อราคาขายที่ใช้ในการทดลอง
- สื่อประเภทโสต – ทัศนอุปกรณ์ แบ่งออกเป็น 2 พวก

1. จำพวกเครื่องฉายและเครื่องเสียง ประกอบด้วยตัวเครื่อง (Hardware) และเครื่อง (software) เช่น เครื่องฉายภาพชนิด และฟิล์มภาพชนิด

2. จำพวกเครื่องมือ (Apparatus) ได้แก่เครื่องมือวัด เครื่องมือตรวจ เครื่องมือแสดง

สื่อประเภทเทคนิค แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ คือ

1. จำพวกกิจกรรม ได้แก่ การทดลอง การเล่นละคร การแสดงบทบาท การสาธิต

นิทรรศการ

2. จำพวกบทเรียนแบบโปรแกรม ได้แก่ บทเรียนสำเร็จรูป เครื่องช่วยสอน ชุด

การสอน

### วัสดุสามมิติ

สมบูรณ์ สงวนญาติ (2534 : 95) วัสดุสามมิติ หมายถึง สิ่งซึ่งมีรูปทรงประกอบด้วยขนาดทั้ง 3 ทิศทาง คือ มีทั้งส่วนกว้าง ส่วนยาวและส่วนหนา เวลาเวลามองดูจึงเป็นส่วนนูน ส่วนเว้า ส่วนกว้าง และส่วนหนา สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา ส่วนมากเป็นวัตถุหรือวัสดุ สามมิติเกือบทั้งสิ้น บางอย่างเป็นสิ่งที่อยู่โดยธรรมชาติและบางอย่างเป็นที่มนุษย์สร้างขึ้นมา จึงได้จำแนกวัสดุสามมิติทางการศึกษาออกเป็น 6 ประเภท โดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะทางและสภาพการนำไปใช้ในการเรียนการสอนมีดังนี้

1. ของจริง (objects)
2. หุ่นจำลอง (models)
3. หุ่นมือ (puppets)
4. ของตัวอย่าง (specimens)
5. ของถือแบบ (mock up)
6. ตู้ Diorama (diorama)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาสนา ชาวหา (2533 : 22) ได้แบ่งวัสดุสามมิติออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ของจริงหรือของแท้ที่ไม่แปรเปลี่ยน หมายถึง วัสดุสามมิติที่อยู่ในสภาพความเป็นจริง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการแปรเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม มีทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์ผลิตขึ้นมา เช่น ดอกไม้ ใบไม้ แมลง เครื่องมือในการประกอบอาชีพ เป็นต้น

2. ของจริงที่เปลี่ยนแปลง หมายถึง ของจริงที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสมและสะดวกต่อการนำไปใช้ในการเรียนการสอน เช่น วัสดุตัดฟี่ เครื่องยนต์ สิ่งมีชีวิตที่คองน้ำชา

3. ของตัวอย่าง เป็นส่วนหนึ่งของจริงเท่านั้น แต่สามารถเป็นตัวแทนของของจริงได้เป็นอย่างดี เช่น ตัวอย่างแร่ ตัวอย่างของน้ำในแหล่งต่างๆ เป็นต้น

4. ของจำลองหรือหุ่นจำลอง หมายถึง วัสดุสามมิติที่สร้างขึ้นมาใช้แทนของจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้สอน ไม่สามารถนำของจริงหรือของตัวอย่างมาใช้ ในกระบวนการเรียนการสอน เพราะจำกัดต่าง ๆ ดังนี้ ของจริงหรือของตัวอย่างนั้นเป็นของที่ทำให้ยากมีราคาแพงเกินไปในการจับต้อง ผู้ยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน อันตรายเกินกว่าที่จะนำมาใช้ หรือนำออกมาจากที่เดิมจากตามธรรมชาติแล้วอาจคิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ดังนั้น จึงต้องนำของจำลองหรือหุ่นจำลองมาใช้แทนของจริง เพราะบางครั้งหุ่นจำลองสามารถเสนอความรู้หรือเรื่องราวให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ง่ายและสะดวกกว่าของจริง เนื่องจากหุ่นจำลองบางชนิดสามารถแสดงส่วนต่าง ๆ หรือโครงสร้างภายในได้แต่ในขณะที่ของจริงไม่สามารถแสดงได้ ซึ่งบางชนิดแสดงแต่ส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่แสดงส่วนที่สลับซับซ้อนหรือยุ่งยาก บางชนิดขยายให้ใหญ่โตเห็นได้ชัดเจนและบางชนิดก็ย่อส่วนให้เล็กลง เพื่อสะดวกในการนำไปใช้ เป็นต้น

วาสนา ชาวหา (2533 : 24) ได้กล่าวถึงหลักการนำไปใช้ของวัสดุสามมิติชนิดใดชนิดหนึ่งมาใช้ในการเรียนการสอน ควรพิจารณาเลือกให้รอบคอบและเหมาะสมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากที่สุดโดยอาศัยหลักการดังนี้

1. ในกรณีที่เป็นของจริงของตัวอย่างควรมีสภาพตามความเป็นจริงมากที่สุด
2. ถ้าเป็นของจริงควรมีส่วนประกอบครบทุกส่วน มิใช่มีเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง
3. มีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป
4. มีความคงทนถาวรพอสมควร ไม่เปราะ บอบบาง หรือชำรุดเสียหายได้ง่าย
5. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
6. เป็นสิ่งที่ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการจัดหาหรือผลิตขึ้นมาเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในกรณีที่เป็นหุ่นจำลองจะต้องแสดงส่วนสำคัญ ๆ ตรงตามวัตถุประสงค์ และใช้สีแสดงความแตกต่างของส่วนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนมีรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่จะใช้ในการเรียนเท่านั้น ไม่มีรายละเอียดหรือส่วนอื่น ๆ ที่เกินความจำเป็นและยุ่งยากต่อการเรียนรู้

วาสนา ชาวหา (2533 : 25) ได้กล่าวถึงหลักการใช้สื่อการสอนประเภทวัสดุสามมิติ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากที่สุด โดยอาศัยหลักการดังนี้

1. ในกรณีที่เป็นของจริงหรือของตัวอย่างควรมีสภาพตามความเป็นจริงมากที่สุด
2. ถ้าเป็นของจริงควรมีส่วนประกอบครบทุกส่วน มิใช่มีเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง
3. มีขนาดที่เหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป
4. มีความคงทนถาวรพอสมควร ไม่เปราะ บอบบาง หรือชำรุดเสียหายได้ง่าย
5. ไม่มีอันตรายต่อผู้ใช้
6. เป็นสิ่งที่ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการจัดหาหรือผลิตขึ้นเอง

7. ในกรณีที่เป็นหุ่นจำลองจะต้องแสดงส่วนสำคัญ ๆ ตรงตามวัตถุประสงค์ และใช้สีแสดงความแตกต่างของส่วนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนมีรายละเอียดเฉพาะเรื่องที่จะใช้ในการเรียนรู้เท่านั้น ไม่มีรายละเอียดหรือส่วนอื่น ๆ ที่เกินความจำเป็นและยุ่งยากต่อการเรียนรู้

หลักการใช้สื่อการสอนประเภทวัสดุสามมิติ เมื่อพิจารณาเลือกวัสดุสามมิติแต่ละชนิดอย่างดีแล้วในการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยอาศัยหลักการดังต่อไปนี้

1. เตรียมตัวครูและสถานที่โดยการทดลองใช้วัสดุสามมิติ ก่อนนำไปใช้จริง เพื่อศึกษาสภาพต่าง ๆ ของวัสดุสามมิติ และเตรียมการแก้ปัญหาอันอาจเกิดขึ้นในการใช้จริง
2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้หรือสัมผัสของจริงของตัวอย่างหรือหุ่นจำลองด้วยตนเอง
3. ผู้เรียนสามารถมองเห็นได้ชัดเจนและทั่วถึง
4. ในกรณีที่เป็นของตัวอย่างหรือหุ่นจำลองควรให้ผู้เรียนเข้าใจรูปร่าง ขนาดที่แท้จริง และส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กัน
5. ควรใช้ร่วมกับสื่อการเรียนการสอนชนิดอื่น ๆ ที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น
6. การนำเสนอควรให้ผู้เรียนได้เห็นอย่างทั่วถึง ไม่ว่าจะเป็นการแสดงหน้าชั้น หรือแบ่งกลุ่มกันดู

## 2.3 การศึกษาการทำหุ่นจำลอง

นิพนธ์ สุขปรีดี (2528 : 49) ได้กล่าวว่าหุ่นจำลอง (Model) หุ่นจำลองเป็นตัวแทนวัสดุสามมิติของจริงหลายอย่างที่เราไม่สามารถที่จะนำของจริงนั้น ๆ มาใช้สอนได้โดยตรง เพราะมีอุปสรรคต่าง ๆ เช่น

1. อาจมีขนาดใหญ่ หรือเล็กมากเกินไป เช่น บุงหรือช้าง
2. มีความซับซ้อนมาก เช่น อวัยวะภายในของคน
3. บางอย่างไม่สามารถใช้ของจริงได้ เช่น การทำงานระบบหมุนเวียนโลหิตของสัตว์

สัตว์

นิพนธ์ สุขปรีดี (2528 : 49) ได้แบ่งประเภทของหุ่นจำลองไว้ดังนี้

1. หุ่นทรงภายนอก (Solid Model) หุ่นแบบนี้ต้องการแสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้รับความเข้าใจโดยทั่ว ๆ ไป รายละเอียดต่าง ๆ ไม่จำเป็นที่คัดทิ้งเสีย หุ่นจำลองแบบนี้ยังเน้นในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี หรือพื้นผิว ลวดลาย มาตรการส่วนอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้ ครูอาจทำหุ่นจำลองรูปทรงภายนอกด้วยตนเอง ได้โดยวัสดุต่าง ๆ กัน เช่น กระดาษ พลาสติก ไม้และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น

2. หุ่นเท่าของจริง (Exact Model) ขนาดรูปร่างรายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ พวกนี้ใช้แทนของจริงที่หายาก หรือมีราคาแพงหรือเสียหายได้ง่าย แต่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดทุกอย่างว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น หุ่นจำลองของสมองของมนุษย์ เป็นต้น

3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged and Reduced Model) เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หุ่นจำลองแบบมาตราส่วน ทั้งนี้เพราะ เราย่อหรือขยายให้เล็กหรือใหญ่เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดและความสัมพันธ์ของของจริงได้

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut away Model) แสดงให้เห็นลักษณะภายใน โดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็นว่าส่วนต่าง ๆ ประกอบกันอย่างไรจึงจะเกิดเป็นสิ่งนั้น ๆ เช่น หุ่นตัดภายในพื้น หุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของดอกไม้

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build up Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้น ว่าภายในสิ่งนั้นประกอบด้วยสิ่งย่อยๆสามารถจะถอดออกเป็นส่วนๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น หุ่นจำลองปริมาตร หุ่นจำลองอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักร หุ่นจำลองพวกนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่สิ่งของนั้น ๆ

7. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง (Mock-up Model) แบบนี้แสดงความเป็นจริงของสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะจัดวางหรือประกอบส่วนต่าง ๆ ของจริงเสียใหม่ให้ผิดไปจากที่เป็นอยู่เดิม ส่วนมากใช้เป็นประโยชน์แสดงขบวนการซึ่งมีหลาย ๆ ส่วนเข้าไปเกี่ยวพันด้วย

ณรงค์ สมพงษ์ (2535:116) ได้แบ่งประเภทหุ่นจำลองไว้ดังนี้ คือ

1. หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายนอก (Solid Model) เป็นการจำลองแบบของจริงตามลักษณะที่มองเห็นภายนอก เช่น กล้องไม้ที่มีรูปทรงเหมือนบ้านที่ใช้แสดงที่ตั้งของบ้านเพียงแต่ตกแต่งส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย หุ่นจำลองแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดมากและทำง่าย ๆ ให้ถูกสัดส่วนเท่านั้น

2. หุ่นจำลองเหมือนของจริง (Extra Model) สร้างให้ถูกสัดส่วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์เหมือนของจริง ยกเว้นแต่ขนาดที่อาจสร้างตามความเหมาะสม ปกติจะมีความซับซ้อนมากและสร้างขึ้นโดยช่างฝีมืออาชีพ โดยเน้นลักษณะเหมือนจริงและสัดส่วนที่ถูกต้องออกเป็นเรื่อง ๆ

3. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut away Model) เป็นหุ่นจำลองที่สร้างขึ้น ให้มีลักษณะภายในของวัตถุ ตัวอย่างเช่น หุ่นจำลองเครื่องยนต์ผ่าซีก แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายในของมนุษย์ที่แสดงว่าเราได้ยินเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนได้อย่างไร หุ่นจำลองแบบนี้จึงมีประสิทธิภาพมากเพราะสามารถอธิบายของจริง ซึ่งบางครั้งก็มองไม่เห็นและยากแก่การเข้าใจ

4. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build-up) หุ่นจำลองแบบนี้ สามารถแยกเป็นส่วน ๆ หรือนำมารวมเข้าด้วยกันได้ ไม่เพียงแต่ใช้ในการสาธิตว่าวัตถุมีลักษณะอย่างไรเท่านั้น แต่ยังสามารถแสดงส่วนประกอบแต่ละส่วนที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมดได้ด้วย หุ่นจำลองแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการแสดงชนิดของดินแบบต่างๆการทำพื้นที่แบบชั้นบันไดและลักษณะภูมิประเทศ

5. หุ่นจำลองแสดงการทำงาน (Mock up) เป็นวัสดุที่สร้างขึ้น เพื่อการทำงานเลียนแบบของจริง โดยสร้างให้มีส่วนประกอบที่มีลักษณะเด่นของวัตถุนั้น พยายามจัดรายละเอียดที่ไม่สำคัญออกทั้งที่ขนาดเล็กกว่าของจริงและขนาดใหญ่กว่าของจริง เช่น นาฬิกาไม้ที่เลื่อนด้วยมือ ประกอบการสอนเรื่องเวลา แผงแสดงวงจรไฟฟ้า วิทยุ ซึ่งแสดงการต่อเส้นสายไฟให้เห็นชัดเจน เป็นต้น

สมบูรณ์ สวณญาติ (2534:97) ได้แบ่งประเภทของหุ่นจำลองไว้ดังนี้

1. หุ่นจำลองรูปทรงภายนอก (Solid Model) เป็นการจำลองแบบของจริง ตามลักษณะที่มองเห็นภายนอก เช่น กล้องไม้ที่มีรูปทรงเหมือนบ้านใช้แสดงที่ตั้งของบ้านเพียงแต่ตกแต่ง ส่วนประกอบต่าง ๆ เพียงเล็กน้อย หุ่นจำลองแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดมากและทำง่าย ๆ เพียงให้ถูกต้องตามสัดส่วนหรือมาตราส่วนเท่านั้นเอง

2. หุ่นจำลองเหมือนของจริง (Exact Model) มุมแสดงและขนาดที่เท่าของจริง อันเนื่องมาจากของจริงชำรุดง่ายหรือเป็นของที่หายากหรือไม่สะดวกที่จะนำมาใช้ในห้องเรียนเช่น โครงกระดูกปลา ผลไม้ต่าง ๆ ซึ่งหายากและเสียหายง่ายหรืออาจจะไม่มีในสภาพแวดล้อมของโรงเรียน

3. หุ่นจำลองแบบขยายส่วน (Enlarge Model) ใช้ในกรณีที่ของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไปไม่เหมาะที่จะศึกษาด้วยตาเปล่าจึงจำเป็นต้องขยายใหญ่เพื่อให้มองเห็นชัดเจนมากขึ้น เช่น ดา หู จมูก เป็นต้น

4. หุ่นจำลองแบบย่อส่วน (Reduce Model) ใช้ในกรณีที่ของจริงที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปไม่เหมาะที่จะนำมาศึกษาในห้องเรียนได้ เช่น โรงเรือน ลูกโลก หลัทธิลาจาริก กังหันไอน้ำ เป็นต้น

5. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut - Away Model) เป็นหุ่นจำลองที่แสดงลักษณะส่วนประกอบต่าง ๆ ภายใน เนื่องจากของจริงมองไม่เห็นหรือไม่สะดวกที่จะผ่าให้ดูได้ เช่น ผลมะพร้าวผ่าซีก เครื่องยนต์ผ่าซีก ลูกตาผ่าซีก เครื่องจักร ไอน้ำผ่าซีก เป็นต้น

6. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build up Model) เป็นหุ่นที่มุ่งแสดงให้เห็นลักษณะและตำแหน่งขององค์ประกอบของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง สามารถถอดเข้าออกและแสดงให้เห็นเป็นส่วน ๆ ได้ เช่น หุ่นจำลองร่างกายของมนุษย์ และ สัตว์ เป็นต้น

7. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวได้ (Working Model) ใช้สำหรับแสดงให้เห็นลักษณะการทำงานแบบต่าง ๆ ของเครื่องใช้เครื่องจักรกลให้เห็นจริงจังก๊ายของจริง เช่น หุ่นแสดงการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะและ 4 จังหวะ เครื่องจักรไอน้ำ มอเตอร์ เป็นต้น

สุโขทัยธรรมมาธิราช (2533 : 278) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของหุ่นจำลองต่อการเรียนการสอนไว้ว่าประโยชน์ของหุ่นจำลองต่อการเรียนการสอนดังนี้ คือ

1. ช่วยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะ สัดส่วน และความสัมพันธ์ของสิ่งที่มีขนาดโตเกินกว่าจะศึกษาจากของจริงได้ เช่น ลูกโลก

2. ช่วยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะ และสัดส่วนของสิ่งที่เล็กของมองเห็นจากของจริงได้ยาก เช่น เซื้อโรค ยุง แมลงตัวเล็ก ๆ

3. เป็นสิ่งที่ทดแทนของที่หายากหรืออยู่ไกล ราคาแพง เพื่อให้ผู้เรียน ได้ศึกษาและสังเกตอย่างใกล้ชิดได้
4. สามารถลดส่วนที่สลับซับซ้อนให้น้อยลงและเน้นเฉพาะส่วนที่ต้องการสอนให้เห็นเด่นชัดได้
5. ส่งเสริมความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ และการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนในกรณีที่ให้ผู้เรียนศึกษาและทำหุ่นจำลองขึ้นใช้เอง

สุโขทัยธรรมมาธิราช (2533 : 278) ได้กล่าวถึงเทคนิคในการทำหุ่นจำลองแต่ละชนิดไว้ดังนี้

1. กระดาษ กระดาษอาจจะพับเป็นรูปเลขาคณิตต่าง ๆ ได้ เช่น พับเป็นมุมต่าง ๆ หรือรูปทรงต่าง ๆ

2. กระดาษแข็ง อาจจะใช้เป็นส่วนของหุ่นที่ทำด้วยดินเหนียวได้ การพับกระดาษแข็งให้คั่นทำได้โดยใช้มีดกรีดเป็นร่องเสียก่อน ถ้าต้องการให้เคลื่อนไหว ก็อาจเจาะและติดตาไก่ไว้เพื่อให้หมุนได้

3. ไม้ ไม้มีประโยชน์ในการทำหุ่นจำลองหลาย ๆ แบบ การเลือกไม้ทำหุ่นนั้น ควรจะใช้ไม้เนื้ออ่อนเครื่องมือที่นำมาใช้ควรมีเลื่อยหลาย ๆ ประเภท เช่น เลื่อยเจาะ เลื่อยตัด เลื่อยผ่า และเลื่อยฉลุ การตัดไม้เป็นรูปแบบต่าง ๆ นั้น ถ้าใช้ไม้ท่อนหนา 4 เหลี่ยม ต้องเขียน โครงเส้นไว้ทุกด้านเสียก่อน เช่นจะทำกรวยก็ต้องใช้ไม้ท่อน ตัดให้ความยาวกว่าความสูงของกรวยเล็กน้อยแล้วเขียนเส้นแนวทางสำหรับเลื่อยไว้ทุกด้าน

4. โลหะ หุ่นจำลองบางอย่าง เช่น หุ่นจำลอง เครื่องจักร เครื่องใช้ ซึ่งจะทำให้เห็นการเคลื่อนไหวแล้ว เพื่อความคงทนควรใช้โลหะ โลหะที่ใช้นั้นควรเป็นโลหะอ่อน เช่นทองแดง ทองเหลือง หรืออลูมิเนียม แผ่นทองเหลือง อาจจะซื้อได้ตามร้านเครื่องยนต์ทั่วไป เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทำหุ่นจำลองด้วยโลหะนั้นมักจะมีดังต่อไปนี้ คือ คีมหนีบตัด ตะปู เจาะ ตะไบ เครื่องบดกรี

5. ดินเหนียว ดินเหนียวใช้ทำหุ่นจำลองได้หลายอย่าง เช่น รูปทรงเลขาคณิต ที่อยู่อาศัยทางประวัติศาสตร์ อนุสาวรีย์ สัตว์ ดินเหนียวที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ

- 5.1 ดินเหนียวที่อยู่ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย สามารถจะขุดมาเก็บเข้าน้ำไว้ที่โรงเรียน เมื่อปั้นเป็นรูปต่างแล้วควรจะตากไว้ในร่ม เพื่อไม่ให้แตกกระแหง เมื่อแห้งแล้วจึงนำไปเผาไฟ การเผา นั้นใช้ฟางข้าวเป็นดีที่สุก

- 5.2 ดินน้ำมัน เป็นดินเหนียวประคิมฐ์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปหรือร้านค้าทั่วไป ถ้าปั้นแล้วจะให้ความคงทนก็ทาสีแลเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปูนปลาสเตอร์ ปูนปลาสเตอร์มีขายทั่วไปตามร้านเครื่องปั้น หรือหล่อแบบต่าง ๆ ปูนปลาสเตอร์ใช้ทำหุ่นจำลองประเภทผ้าซีกได้ดีที่สุด การผสมปูนปลาสเตอร์นั้นทำง่าย โรยปูนปลาสเตอร์ลงในภาชนะที่ใส่น้ำไว้แล้ว โรยลงไปจนกระทั่งจมและขึ้นมาถึงระดับน้ำพอดี ปล่อยให้ทิ้งไว้ซัก 5 นาที แล้วจึงคนให้ทั่ว การหล่อก็ทำได้ง่าย เทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบ ผนังแบบต้องฉาบด้วยซีเมนต์พาราฟินหรือน้ำมันมะพร้าวก็ได้ ปล่อยให้ซักวันหรือสองวันก็แกะออก แล้วลงมือตกแต่งส่วนต่าง ๆ จะให้เห็นส่วนต่าง ๆ แยกต่างหาก ก็ลงด้วยหมึกสี

7. เปเปอร์มาเช เหมาะสำหรับหุ่นจำลองแบบทรวดทรงภายนอก เพื่อแสดงให้เห็นถึงพื้นผิวลวดลาย นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ในการสร้างหัวหุ่นกระบอกได้ด้วย การทำเราก็กทำง่าย ๆ ดังนี้

7.1 การผสมแป้งเปียก การอบแป้งเปียกนั้นทำได้ 2 วิธี คือ ถ้าใช้แป้งสาลีก็ผสมลงกับน้ำเย็นได้โดยที่เคียว ถ้าใช้แป้งมัน เช่น แป้งมันสำปะหลัง การผสมก็ต้องผสมด้วยน้ำร้อน การผสมแป้งแบบนี้ไม่เป็นก้อน ทำได้ดังนี้ ผสมแป้งกับน้ำเย็นก่อน แล้วจึงนำไปเทลงในน้ำร้อนซึ่งเดือดแล้วคนให้ทั่ว โดยเร็ว ก็จะได้แป้งเปียกเหลว ๆ เป็นยาง

7.2 นำกระดาษหนังสือพิมพ์มาฉีกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เอาแช่ลงในแป้งเปียก

7.3 เอากระดาษหนังสือพิมพ์ที่แช่แป้งเปียกแล้ว ไปพันรอบหุ่นจำลอง ซึ่งเตรียมไว้แล้ว หุ่นจำลองแบบนี้ทำด้วยดินเหนียวธรรมดา การพันก็พันให้ทั่วหลาย ๆ ชั้น เพื่อความคงทน ทิ้งไว้ให้แห้งหลาย ๆ วัน แล้วออกจากหุ่นแบบเราก็จะได้หุ่นจำลองที่ทำด้วยเปเปอร์มาเช

วัลลภ ไชยพรหม (2530 : 40) ได้กล่าวว่า การทำพิมพ์ยางเหมาะสำหรับงานรูปหล่อที่มีขนาดเล็ก มีลวดลายส่วนละเอียดและรูปทรงเมื่อหล่อรูปแล้ว ได้รูปหล่อที่ไม่มีตะเข็บจะสะดวกในการหล่อและทำได้รวดเร็ว ข้อเสีย จะมีส่วนเสียในเรื่องรูปทรงไม่แน่นอน เนื่องจากการหดตัวของยางในการทำารพิมพ์ซึ่งส่วนมากเป็นน้ำยางพาราผสมด้วยกรดน้ำส้ม จึงยึดหดตัวได้ง่ายจนเสียรูปทรงเดิม วัสดุและเครื่องมือในการทำพิมพ์ยาง ไว้ดังนี้

1. น้ำยางพาราที่ใช้ทำพิมพ์
2. ดินน้ำมันสำหรับปั้นแบบพิมพ์
3. ภาชนะสำหรับใส่ยางที่เป็นแก้วหรือพลาสติก
4. แปรงทาน้ำยางพาราหรือฟู่กันเบอร์ 12
5. ไม้กระดานรองแบบ
6. พัดลมเป่าให้ยางแห้งเร็ว
7. ลูกยางเป่าลมเพื่อไล่ตามซอก
8. เข็มสำหรับแขงฟองอากาศให้แตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำพิมพ์ยาง ทำได้ 3 วิธีคือ

1. วิธีทา ใช้กับรูปต้นแบบที่เป็นรูปนูนสูง
2. วิธีชุบ ใช้กับรูปต้นแบบที่เป็นรูปลอยตัวเท่านั้น
3. วิธีเทยางหล่อ โดยอาศัยซี่ผึ้งเป็นตัวประกอบในการทำพิมพ์

วิมล ไชยพรหม (2530 : 40) ได้กล่าวถึง ยางที่มีคุณสมบัติพิเศษซึ่งยางชนิดนี้ดีกว่ายางพารา แต่มีราคาสูงกว่ายางพาราถึง 20 เท่า เรียกว่า “ยางนอก” มีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ แต่ไม่เสียดรูปทรงเดิมและหล่อรูปที่ใช้ความร้อนได้เช่น พลาสติก สารเคมี เป็นต้น ทนความร้อนได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียส การทำพิมพ์ยางด้วยวิธีทา และวิธีชุบทำได้ดังนี้

1. ควรเลือกรูปต้นแบบชนิดรูปนูนสูงและรูปลอยตัว จะทำพิมพ์ยางได้ดีกว่ารูปนูนต่ำ ซึ่งเมื่อทำยางจะสะดุ้งหรือล่อนออกมาก่อนทำให้หล่อรูปได้ไม่เหมือนรูปต้นแบบจึงไม่ควรทำ
2. นำรูปต้นแบบที่ทำพิมพ์ยาง ซึ่งส่วนมากจะเป็นพิมพ์ยางที่ทำจากปูน พลาสติกเรซิน ที่แห้งแล้ว มาตากแห้งให้เรียบร้อย แล้วทาอะแลกซ์เคลือบผิว 1 - 2 ครั้ง และปล่อยให้แห้งเพื่อป้องกันความชื้น ซึ่งอาจมีขึ้นมาทำให้ยางที่ทาหรือชุบไว้ล่อนได้
3. วางรูปต้นแบบไว้บนกระดาษรองแบบ โดยให้ส่วนฐานแนบกับกระดาษรองแบบ ถ้ามีส่วนใดโหว่ต้องเอาดินน้ำมันอุดให้เรียบ เตรียมไว้ทาทองทั้งรูปนูนและรูปลอยตัว
4. สำหรับรูปต้นแบบที่ใช้วิธีชุบ ต้องเจาะที่กลางฐานใส่ห่วงโลหะ เกล็ดยิวยึดให้แน่น ทดลองแขวนไว้ที่มั่นคง เตรียมไว้ชุบยางจะใช้เฉพาะรูปลอยตัวเท่านั้น
5. เทน้ำยางใส่ภาชนะที่เป็นแก้วหรือพลาสติก อย่าใต้น้ำยางลงในกระป๋องโลหะ เพราะน้ำส้มจะกัดกระป๋องทำให้น้ำยางมีสีดำได้
6. ขนาดของภาชนะใต้น้ำยางต้องมีขนาดเหมาะสม เช่นวิธีทาก็ไม่ต้องใช้ขนาดใหญ่ แต่ถ้าใช้วิธีชุบก็ต้องมีขนาดใหญ่พอสมควร ไม่ให้รูปที่ชุบลงไปทำให้น้ำยางล้นจนหกได้
7. วิธีทา ใช้แปรงขนหรือฟู่กัน ถูน้ำยางพาราทาให้ทั่วรูปต้นแบบที่เตรียมไว้จนถึงกระดาษรองแบบห่างจากฐานด้านละ 1 นิ้ว
8. วิธีชุบ ให้เอารูปลอยตัว ที่เป็นรูปต้นแบบชุบลงไปภายในภาชนะใต้น้ำยาง หากไม้สอดส่วนที่ฐานให้พาดกับปากภาชนะ กระดาษใต้น้ำยางท่วมมิดฐานพอดี ปล่อยให้ประมาณ 2 - 3 นาที จึงยกขึ้นมาห้อยแขวนไว้ในที่มั่นคง
9. ใช้ลูกยางแปดตรงส่วนที่เป็นชอกเพื่อไล่ลม ถ้าไม่ไล่ลมครั้งแรกยางอาจไม่ซึมเข้าในชอก ทำให้เกิดฟองอากาศได้ภายหลังใช้ทั้งวิธีทาและวิธีชุบ

10. เมื่อไล่ลมหมดแล้ว ใช้แปรงทาน้ำยาฟาราเกลียลงบนส่วนที่ทาน้ำยา หรือชุบน้ำยาให้บาง ๆ เท่ากัน

11. ใช้พัดลมเป่าเรื่อย ๆ เพื่อช่วยให้น้ำยาแห้งเร็วขึ้นยางจะค่อย ๆ เริ่มใสไม่ขาว ขุ่นจึงทาทับหรือชุบซ้ำ ถ้าต้องการให้แห้งเร็วกว่านี้ก็เอาน้ำมะนาวซึ่งมีกรดส้มอยู่ทาทับผิวยางจะทำให้แห้งเร็วกว่านี้

12. การทาทับครั้งหลัง ๆ พยายามทาน่น้อยหรือชุบขึ้นเร็ว ๆ อย่าให้ยางแข็งเป็นจุด ควรเกลี่ยให้บางเท่า ๆ กัน ยางจะได้แห้งเร็วพร้อมกัน

13. ถ้าส่วนไหนเป็นส่วนลึกต้องทาซ้ำมาก ๆ แต่ต้องรอให้ยางที่ทาไว้เดิมแห้งก่อน

14. ทาหรือชุบไปเรื่อย ๆ จนมีความหนาอย่างน้อย 1/8 นิ้ว จึงจะใช้ได้

15. ถ้ายางนั้นล่อนออกมาก่อน ต้องลอกยางออกทันที

16. เมื่อได้ความหนาตามต้องการแล้ว ปล่อยให้แห้งให้แห้งหดรตัวเข้าที่คงรูปดีแล้ว หรือปล่อยให้ค้างคืนแล้วจึงค่อยเอามาใช้งาน หรือทำพิมพ์ครอบรูปด้วยปูนปลาสเตอร์ก็ได้

วัลลภ ไชยพรหม (2530 : 40) กล่าวถึงการเก็บรักษาพิมพ์ยางว่า

1. ถ้าต้องการเก็บพิมพ์ยางไว้นาน ๆ ให้หล่อรูปทิ้งค้างไว้แต่ต้องหล่อแล้วถอดแม่พิมพ์ออกก่อน จึงใส่กลับเข้าไปในแม่พิมพ์

2. เพื่อป้องกันไม่ให้พิมพ์ยางเปื่อยเหนอะหนะ ให้ใช้ผงแป้งมันทาที่พิมพ์ยางให้ทั่วทุกแห่ง

3. อย่าเก็บพิมพ์ยางไว้ในที่ร้อนจัด ควรเก็บไว้ในที่แห้งและเย็น

4. อย่าให้น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ ฯลฯ ถูกแม่พิมพ์ยาง

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ (2521 : 56 ) ได้กล่าวถึง การหล่อพลาสติกเหลวหรือเรซินว่า พลาสติกเหลวที่ใช้ในการหล่อนั้น บางทีก็เรียกว่า “เรซิน” คนส่วนมากมักรู้จักชื่อหลังนี้มากกว่าอย่างอื่น มีลักษณะเป็นของเหลวเหนียวหนืด ที่ใช้กันส่วนมากมักทำมาจากโพลีเอสเตอร์ละลายในตัวทำละลายโมโนสไตลีน (Polyester+Monostylene) ถ้าต้องการให้หนืดหรือข้นก็ใส่โมโนสไตลีนลงไปน้อยลง ตามความต้องการ มีชื่อเรียกว่า โพลิคอน (Polykon) เป็นต้น หลักของการทำให้แข็งตัวก็พยายามทำให้ตัวทำละลายของพลาสติกเหลวระเหยออกไปให้หมดโดยใช้ความร้อน ความร้อนที่ใช้นี้ได้จากปฏิกิริยาระหว่างสาร 2 ชนิด ชนิดแรกเรียกชื่อว่าสารตัวเร่งทำจาก Coboltnapthynate ละลายใน Xylene เมื่อละลายแล้วจะเป็นของเหลวสีฟ้าหรืออาจทำจาก Coboltoctatonate ละลายใน Xylene เมื่อละลายแล้วจะเป็นของเหลวสีม่วงสารตัวเร่งทั้งสองแบบนี้ใช้ผสมเรซินได้เลย ส่วนผสมตัวเร่งที่ใช้อยู่ในช่วง 0.5-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร บริษัทผู้ผลิตมักจะเขียนหมายเลขชื่อเอาไว้สำหรับอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วน เพื่อความสะดวกสำหรับผู้ซื้อและผู้ขาย สารตัวทำให้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีชื่อเรียกทางเคมีว่า “เอ็มอีเคพี (MEKP = Methyl Ethyl Ketone Peroxide)” เป็นสารที่ใช้ผสมครั้งสุดท้าย ทำให้เรซินแข็งตัว อัตราส่วนที่ใช้ประมาณ 0.5-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในการหล่อพลาสติกนั้นจะต้องมีแบบหล่อเมื่อต้องการอยากจะได้รูปร่างอย่างนั้น วัสดุที่ใช้ทำแบบหล่อส่วนมากทำด้วยเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเนียม ไม้ ปูนปลาสเตอร์ กระจกเคลือบ ซิลิโคน และยางพารา ในกรณีที่ทำแบบหล่อด้วยยางพารานั้นจะต้องหล่อรูปทรงที่ไม่ใหญ่และหนามากนัก เนื่องจากยางที่ทำแบบอาจยืดออกไป เนื่องจากแรงกดคั้นของเรซิน ทำให้รูปทรงที่หล่อนั้นเพี้ยนไปจากเดิม ก่อนจะทำการหล่อควรใช้สารทาแบบหล่อเสียก่อนเพื่อใช้ถอดแบบได้ง่าย สารที่ใช้ทานี้ที่ใช้กันมากมี 2 อย่าง อย่างแรกคือ พีวีเอ (P.V.A. = Polyvinyl Alcohol) เป็นของเหลวใสทำจากเอทิลแอลกอฮอล์แล้ว คั้น และใช้ไม้กวาดจนกลายเป็นของเหลวใส ไม่ควรให้เหนียวเหนียวเกินไป อย่างที่สองเป็นพวกขี้ผึ้ง (Wax) ซึ่งมีความมัน เช่น ขี้ผึ้งลงพื้นบ้านขี้ผึ้งสำหรับทาแบบหล่อ โดยเฉพาะก็มี หรืออาจใช้เทียนไขผสมน้ำมันก๊าดใสในภาชนะตั้งเตาไฟอ่อน ๆ และใช้ไม้กวาดให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะแข็งตัวเป็นขี้ผึ้งสำหรับนำไปใช้งานได้ วิธีการหล่อปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมจัดหาแบบหล่อ ที่จะใช้หล่อแล้วทำความสะอาดให้เรียบร้อย ใช้สารทาแบบ ทาผิวแบบหล่อบาง ๆ ให้ทั่วทั้งไว้ให้แห้ง ถ้าเป็นแบบขี้ผึ้งเมื่อแห้งแล้วต้องใช้ผ้าเช็ดผิวที่ทาให้มันเงาแล้วต้องใช้ผ้าทาแบบด้วยพีวีเอ ไม่ต้องใช้ผ้าเช็ดเหมือนแบบขี้ผึ้ง

2. นำเอาเรซินผสมกับตัวเร่ง ใช้ไม้กวาดหรือแท่งคนสารกวนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนผสมของตัวเร่งที่ใส่ประมาณ 0.5-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อกวนจนเข้ากันดีแล้วตั้งทิ้งไว้จนหมดฟองอากาศ จึงจะนำไปใช้ต่อไป การผสมตัวเร่งมากจะช่วยทำให้เรซินแข็งตัวเร็วมีความร้อนสูง และมีข้อเสียคือจะทำให้มีสีของตัวเร่งติดอยู่ จึงต้องเลือกส่วนผสมให้พอเหมาะับลักษณะของงาน ทางที่ดีควรทดลองหาส่วนผสมที่พอเหมาะเสียก่อนที่จะปฏิบัติการหล่อจริง เรซินที่ผสมตัวเร่งแล้วสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นเดือนถ้าเก็บไว้ในที่เย็น ๆ ถ้าเก็บไว้ในที่ร้อน ๆ จะแข็งตัวเร็ว

3. เมื่อจะลงมือหล่อจึงนำเรซินที่ผสมตัวเร่งไว้แล้ว ตวงปริมาตรตามปริมาณที่ต้องการเทลงในภาชนะ เช่นกระป๋อง หลังจากนั้นจึงนำสารตัวทำให้แข็ง 0.5-4 เปอร์เซ็นต์ ถ้าผสมตัวทำให้แข็งมากจะทำให้เรซินแข็งตัวเร็ว มีความร้อนเกิดมาก อาจทำให้เรซินที่หล่อกรอบและแตก ร้าวได้ ถ้าการระบายความร้อนไม่ดี เมื่อผสมสารตัวทำให้แข็งลงไปแล้วต้องรีบใช้ไม้กวาดให้เป็นเนื้อเดียวกัน รีบเทลงในแบบหล่อต้องระวังอย่าให้เรซินไหลขาดตอนออกจากกัน จะทำให้เกิดฟองอากาศเหลืออยู่ภายในแท่งเรซินที่หล่อนั้น เมื่อเทเรซินเต็มแล้วทิ้งไว้ประมาณ 5-15 นาทีก็จะแข็งตัว ซึ่งสามารถถอดออกจากแบบหล่อได้ วิธีตักแต่งพลาสติกที่หล่อจากเรซินหลังจากเมื่อถอดจากแบบหล่อแล้ว ผิวขอบด้านบนของแท่งพลาสติกที่หล่อนั้นมักจะนูนและขรุขระเล็กน้อย เมื่อมองดูไม่ค่อยสวยงาม แก้ไขโดยการขัดด้วยกระดาษทรายน้ำชนิดละเอียดจนผิวเรียบตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 119) ได้ว่าถึงข้อดีของหุ่นจำลองไว้ว่า ข้อดีของหุ่นจำลอง คือ

1. ช่วยจำลองของจริงที่มีขนาดใหญ่มากเกินไป ในการขนย้ายหรือการจัดเก็บ เช่น สิ่งก่อสร้างหรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ
2. ช่วยขนย้ายของจริงที่มีขนาดเล็กมากเกินไปจนไม่สามารถมองเห็น เช่น แมลง
3. เลียนแบบของจริงบางอย่างที่เสียหายง่าย เช่น อาหาร ผลไม้หรือของอื่น ๆ ที่มีลักษณะของมนุษย์และสัตว์
4. ช่วยทำให้มองเห็นลักษณะการทำงานภายในของวัตถุ เช่น เครื่องยนต์ หรือ อวัยวะภายในของมนุษย์และสัตว์

ณรงค์ สมพงษ์ (2535 : 119) ได้กล่าวถึงวิธีการใช้หุ่นจำลองในการสอนไว้ว่า การใช้หุ่นจำลองในการสอนก่อนที่จะแสดงควรอธิบายวัตถุประสงค์ในการใช้ก่อนช่วยให้ผู้ฟังเข้าใจวิธีการทำงานและเข้าใจขนาดที่แท้จริงของวัตถุนั้น โดยเปรียบเทียบกับขนาดของคนหรือแสดงด้วยภาพของวัตถุจริงเปรียบเทียบกับสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้ได้ทดลองใช้หุ่นจำลองด้วยตนเอง การใช้หุ่นจำลองร่วมกันกับวัตถุอื่น ๆ เช่น ใช้สไลด์ ภาพวาดและกระดาษ ผ้าสาธิต เพื่อเน้นรายละเอียดซึ่งไม่สามารถเห็นได้ง่ายเมื่อใช้หุ่นจำลอง

#### 2.4 ลักษณะของปลากระดูกแข็ง

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2530 : 315) ได้ให้ความหมายของปลาว่า ปลาหมายถึง ชื่อสัตว์เลือดเย็น มีกระดูกสันหลัง ร่างกายแบ่งเป็นส่วนหัว ลำตัว และหาง ส่วนใหญ่หายใจด้วยเหงือก มีครีบใช้ช่วยในการเคลื่อนไหว บางชนิดมีเกล็ดบางชนิดไม่มีเกล็ด รูปร่างลักษณะ ขนาดและพฤติกรรมแตกต่างกันมากมาย พบทั้งในทะเลและแหล่งน้ำจืด

พจนานุกรมฉบับเฉลิมพระเกียรติ (2531 :356) ได้ให้ความหมายของปลาว่า ปลาหมายถึง ชื่อสัตว์เลือดเย็น มีกระดูกสันหลัง หายใจทางเหงือก เคลื่อนไหวด้วยครีบ บางชนิดมีเกล็ด บางชนิดไม่มีเกล็ด

สืบสิน สนธิรัตน์ (2527 : 112) บอกลักษณะสำคัญในแง่ชีววิทยาของปลาว่า ปลาจัดอยู่ใน Phylum Chordata, Subphylum Vertebrata และ Class Pisces สัตว์ที่จัดว่าเป็นปลาจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นสัตว์เลือดเย็น
2. หายใจด้วยเหงือก
3. หากินและมีชีวิตอยู่ในน้ำเท่านั้น
4. มีกระดูกสันหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีขากรรไกรครบ ยกเว้นพวก Agnatha or Cyclostome ได้แก่ ปลาปากกลม เป็นพวกไม่มีขากรรไกร

6. ลำตัวปกคลุมด้วยเกล็ดหรือเมือกหรือแผ่นกระดูก

7. เคลื่อนไหวไปมาโดยอาศัยครีบและกล้ามเนื้อลำตัว

8. มีหัวใจ 2 ห้อง

9. ส่วนมากปลาจะมีการผสมพันธุ์ภายนอก (External Fertilization) ลำตัวซีกซ้ายและขวาเท่ากัน (Bilateral Symmetry)

บทวิษและนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 331) ได้กล่าวว่ปลากระดูกแข็งเป็นสัตว์ที่มีการปรับตัวและแพร่กระจายออกไปเป็นวงกว้าง มีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่ในน้ำได้ทุกสภาพ ลำตัวมีหลายแบบ รูปร่างอาจเพริชและมีการปรับตัวเพื่อลดแรงเสียดทานต่อน้ำ พวกที่ล่าเหยื่อ และปลาที่ลอยตัวตามน้ำจะมีลำตัวยาวและหางที่แข็งแรงและมีกลไกอื่น ๆ ที่ช่วยให้ว่ายน้ำได้ดี พวกที่กินอาหารอยู่ตามท้องน้ำมีลำตัวแบนสำหรับการเคลื่อนที่ไปตามพื้นน้ำ ปลาไหลปรับตัวให้ลำตัวยาวเพื่อให้ฝังตัวลงในโคลน หรือเข้าไปอยู่ตามรูหรือโพรงเล็ก ๆ ได้ ปลาบางชนิด เช่นปลาจิมฟันจระเข้ (pipes fishes) มีลักษณะคล้ายแต่ ทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นสายของอัลจีที่เคลื่อนไหวตามกระแสน้ำในทะเล รูปร่างแบบอื่น ๆ จะเป็นการพรางตัวเพื่อหลบหนีศัตรูหรือพรางตัวเพื่อล่าเหยื่อ ปลากระดูกแข็งมีลักษณะที่ชัดเจน แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ Crossopterygii ได้แก่ ปลาโลบฟินน์ (lobe-finned fishes) Dipneusti ได้แก่ ปลาที่มีปอด (lung fishes) และ Actinopterygii ได้แก่ปลาที่ครีบบมีก้านครีบลักษณะทั่วไปของปลากระดูกแข็งคือ

1. มีโครงร่างเป็นกระดูกแข็ง มากหรือน้อยตามแต่นชนิด ข้อกระดูกสันหลังมีจำนวนมากและส่วนใหญ่มีหางแบบโฮโมเซอร์คัล (homocercal)
2. ผิวหนังมีต่อมจำนวนมากและมีเกล็ดฝังตัวอยู่ เกล็ดมี 3 แบบคือ กานอย (ganoid) เกล็ดกลม (cycloid) และเกล็ดหซึก (ctenoid) แต่ปลากระดูกแข็งบางชนิดก็ไม่มีเกล็ด
3. มีทั้งครีบเดี่ยวและครีบคู่ และมีขากรรไกรเป็นกระดูกอ่อนหรือกระดูกแข็ง
4. ปากอยู่ปลายหัวด้านหน้ามีฟันจำนวนมาก จูบรับกลิ่นมีเป็นคู่ อาจเปิดเข้าปากหรือไม่เปิดเข้าปาก
5. หายใจด้วยเหงือกและมีแผ่นเปิดเหงือก (Operculum)
6. มักจะมีถุงลมซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีต่อเข้าคอหอย
7. ระบบหมุนเวียนประกอบด้วยหัวใจซึ่งมี 2 ห้อง มีเส้นเลือดใหญ่ 4 คู่
8. สมอประกอบด้วยโกลแฟคทอรี โลบ ขนาดเล็กซีริบรัมและออบดิก โลบ ขนาดใหญ่และซีริเบลล์มีเส้นประสาทสมองมี 10 คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เพศแยก อวัยวะสืบพันธุ์เป็นคู่ ปฏิสนธิภายนอกเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะตัวอ่อนอาจแตกต่างจากตัวเต็มวัยมาก

บพิธและนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 332) ได้กล่าวว่า ปลากระดูกแข็งส่วนมากมีขนาดใหญ่ กลุ่มปลาขนาดเล็กจะมีเพียงบางชนิดที่ยาวไม่เกิน 2 ซม. ปลาบางชนิดอาจยาวกว่า 3 เมตร ปลากระโทงแทง (Swordfishes) เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ชนิดหนึ่งที่มีลำตัวยาวถึง 4 เมตร ขณะที่ปลาส่วนใหญ่มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 2 - 30 ซม.

บพิธและนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 333) ได้กล่าวว่า ปลาโลบฟินน์ (lobe-finned-fishes-Subclass Crossopterygii) ที่มีชีวิตในปัจจุบันมีเพียงชนิดเดียวคือปลาซีลาแคนท์ (*Coelacanth-Latimeria chalumnae*) ปลาโลบฟินน์หรือปลาเมฆา มีความสำคัญต่อวิวัฒนาการของสัตว์มีกระดูกสันหลัง เนื่องจากกลุ่มสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก หรืออาจกล่าวได้ว่าสัตว์สี่เท้า (tetrapod) ทั้งหมด ได้มีวิวัฒนาการมาจากปลากลุ่มนี้ ปลาโลบฟินน์มีปอดและเหงือกซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการอยู่รอดในซุคตีโนเวียน ซึ่งเป็นยุคที่มีความแห้งแล้งสลับกับน้ำท่วม ปลากลุ่มนี้จะใช้ครีบ ที่เป็นแผ่นหนาแข็งแรงต่างเท้าในการหนี จากบริเวณที่แห้งแล้งไปหาแหล่งน้ำใหม่

บพิธและนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 334) ได้กล่าวว่า ปลาที่มีปอด (lungfishes-Subclass Dipneusti) เป็นกลุ่มปลาโบราณซึ่งปัจจุบันคงเหลืออยู่เพียง 3 สกุล ปอดปลาที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการเอาชีวิตรอด จากที่เป็นน้ำนิ่งและออกซิเจนต่ำ โดยการขึ้นมาอยู่ที่ผิวน้ำและกลืนอากาศเข้า ปอดซึ่งมีอยู่ 1 อัน

บพิธและนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 335) ได้กล่าวว่า ปลาที่มีก้านครีบ (rayfined fishes-Subclass Actinopterygii) เป็นปลากลุ่มใหญ่ที่รวมเอาปลากระดูกแข็งทุกชนิด ที่มีเหลืออยู่เอาไว้ปลากลุ่มนี้เริ่มมีในซุคตีโนเวียน ในทะเลสาบและลำธาร บรรพบุรุษมีขนาดเล็ก มีกระดูก มีเกราะหุ้มลำตัวหนา มีปอดและเหงือก การวิวัฒนาการของปลากลุ่มนี้มี 3 ขั้นตอนคือ เริ่มจากปลากลุ่ม Chondrostei มาเป็น Helostei และในที่สุดมาเป็น Telostei ซึ่งเป็นปลาที่พบในปัจจุบัน ลักษณะทั่วไปของปลากระดูกแข็ง มีดังนี้คือ

1. การแบ่งส่วนลำตัว แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หัว (head) เป็นส่วนตั้งแต่จะงอยปากจนถึงขอบด้านท้ายของแผ่นปิดเหงือก (operculum) ส่วนด้านหลังจากบริเวณเหนือปากไปยังนัยน์ตาคือ หน้าผาก (snout) บนหน้าผากมีรูจมูก 1 คู่ เปิดเข้าสู่ถุงรับกลิ่น ทำหน้าที่ดมกลิ่นเพียงอย่างเดียวเนื่องจากรูจมูกไม่ทะลุถึงช่องปากจึงไม่ได้ใช้ในการหายใจ ลำตัว (trunk) เป็นส่วนจากท้ายแผ่นปิดเหงือกไปจนถึงทวารหนัก หาง (tail) ส่วนหลังจากทวารหนัก

2. เกล็ด (scale) ปลากระดูกแข็งวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษของปลาโตเดิร์ม แต่ไม่มีแผ่นกระดูกปกคลุมตัวอย่างปลาโตเดิร์ม แต่ยังคงมีเกล็ดที่ฝังอยู่ในผิวหนัง ปลาบางชนิดไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกล็ด เช่น catfishes (ปลาจำพวกปลาสาวย ปลาเทโพ ปลาดุก ปลาเขยง ฯลฯ) ม้าน้ำ (sea horses) และปลาจิ้มฟันจระเข้ (pipefish) ไม่มีเกล็ด ลำตัวปกคลุมด้วยแผ่นกระดูก (bony plate) เรียงเป็นวงรอบตัวและเป็นแถวตามยาว เกล็ดของปลาไหลน้ำจืดเล็กมากฝังอยู่ใต้ผิวหนังเรียงต่อกันโดยไม่ได้แยกกันเหมือนเกล็ดทั่วไป จึงดูเหมือนไม่มีเกล็ด ปลากระดูกแข็งส่วนใหญ่จะมีเกล็ดแบบใดแบบหนึ่งใน 3 แบบ

2.1 เกล็ดคานอย (ganoid scales) ลักษณะเกล็ดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีสารเคลือบฟัน (enamel) ที่แข็งและเป็นเงาเคลือบอยู่ภายนอก สารที่วุ้นนี้เรียกว่า ganoin ปลาปัจจุบันที่มีเกล็ดแบบนี้คือปลาสเตอร์เจียนและ gar pike

2.2 เกล็ดกลม (cycloid scales) ปลากระดูกแข็งที่มีวิวัฒนาการดีขึ้น เกล็ดกลมหรือเกล็ดหยัก ด้านหน้าของเกล็ดฝังลงไปใต้วง ส่วนท้ายเป็นอิสระยกอยู่บนเกล็ดอันถัดมาทางท้าย ลักษณะเกล็ดกลมจะเป็นทรงกลม ตอนกลางหนาขึ้น มีเส้นแสดงการเจริญของเกล็ดเป็นวงๆ ออกจากจุดศูนย์กลางคล้ายวงปีของต้นไม้

2.3. เกล็ดหยัก (Ctenoid scales) ลักษณะเกล็ดเป็นทรงกลมคล้ายเกล็ดกลม แต่ทางตอนท้ายของเกล็ดมีหนาม เวลาถูบตัวปลาอ่อนเกล็ดจึงรู้สึกสากมือ ปลาชนิดเดียวอาจมีเกล็ดทั้งสองแบบ เช่น กลุ่มปลาตาเดียวหรือปลาซีกเดียว (founder) เช่นปลาลิ้นควาย ปลาลิ้นหมา มีเกล็ดหยักทางด้านหลัง ส่วนทางด้านท้องมีเกล็ดกลม เป็นต้น

3. ครีบ (fins) ครีบปลา มี 2 ประเภทคือ ครีบเดี่ยว (median fin) ได้แก่ ครีบหลัง (dorsal fin) ครีบหาง (caudal fin) และครีบก้น (anal fin) ครีบคู่ (paired fin) ได้แก่ ครีบอก (pectoral fins) และครีบเอว (pelvic fins) ปลาว่ายน้ำโดยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและครีบหางในขณะที่ครีบคู่จะกางออก และครีบอื่น ๆ จะตั้งตรงเพื่อให้ลำตัวตั้งตรง การเคลื่อนไหวของหางควบคู่กับกล้ามเนื้อบนลำตัวที่มีลักษณะเป็นปล้องจะทำให้ลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นแบบลูกคลื่นตลอดถึงหาง การเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ จะใช้เพียงครีบคู่เท่านั้น ครีบหางของปลากระดูกแข็งจะมี 3 แบบคือ

3.1. ไดฟิเซอร์คัล (Diphycercal) หางแบบนี้จะมีกระดูกสันหลังยาวไปจนถึงปลายหาง พบในปลาโบราณกลุ่มปลามีปอดและซีลาแคนท์ ปลาปัจจุบันที่มีหางแบบนี้ได้แก่ปลาคูททะเล

3.2. เฮโมโรเซอร์คัล (Hemiorotercal) ลักษณะของหางส่วนบนและส่วนล่างจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน กระดูกสันหลังจะเข้าไปในหางส่วนที่มีขนาดใหญ่ พบในปลาโบราณ ปลาสเตอร์เจียน และปลาฉลาม

3.3. โฮโมเซอร์คัล (Homocercal) ลักษณะหางส่วนบนและส่วนล่างมีลักษณะเหมือนกันและขนาดเท่ากัน ปลากระดูกแข็งปัจจุบัน จะมีหางแบบนี้เป็นส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บพิท และนันทพร จารุพันธุ์ (2540 : 341) ได้กล่าวถึง ระบบการย่อยอาหาร ท่อทางเดินอาหาร ประกอบด้วยอวัยวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ปาก ภายในปากมีฟันรูปโคนอยู่บนขากรรไกรบนและล่าง ที่เพดานปากมีลิ้นขนาดเล็กมาก (Rudimentary tongues) ยื่นออกมาจากพื้นปาก ทำหน้าที่รับสัมผัส
2. อู่ปาก
3. ฟาริงซ์ สองข้างของฟาริงซ์มีช่องเหงือกข้างละ 4 ช่อง
4. หลอดอาหาร
5. กระเพาะอาหาร
6. ลำไส้
7. Pyloric cecum
8. ทวารหนัก
9. ต่อมสร้างน้ำย่อย ประกอบด้วยตับ (Liver) ซึ่งมีถุงน้ำดี (gall bladder) เก็บน้ำดี และตับอ่อน (pancreas) สร้างน้ำย่อย

บพิท และนันทพร จารุพันธุ์ (2528 : 173) ได้กล่าวถึง อวัยวะภายในของปลากระดูกแข็งไว้ว่าอวัยวะภายใน ของปลาจะแบ่งเป็นสองส่วนคืออวัยวะภายในอยู่ที่หัว และในช่องท้องของลำตัว

1. อวัยวะภายในส่วนหัว ลำตัวส่วนอื่นจะมีกล้ามเนื้อซึ่งใช้ในการเคลื่อนที่ ที่หัวมีกระดูกปิดเหงือก 1 คู่ ปิดเหงือกไว้ภายใน เหงือกเป็นอวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊ส มี 4 คู่อยู่ที่ผนังด้านในของคอหอย ด้านในของเหงือกเป็นแกนแข็ง (gill axis) โคนแก้ว ด้านนอกเป็นซี่เหงือก (gill filament) สีแดง หันออกมาทางช่องเหงือก (gill slit) และออกทางช่องเปิดของเหงือก ซึ่งเป็นช่องเปิดใหญ่เพียงช่องเดียว ลักษณะเช่นนี้แตกต่างจากปลากระดูกอ่อนที่มีช่องเปิดออกภายนอกเท่ากับจำนวนช่องเหงือกภายใน

2. อวัยวะภายในช่องลำตัว ช่องลำตัวของปลามีอวัยวะในระบบต่าง ๆ อยู่ ช่องตัวประกอบด้วยช่องรอบหัวใจ (Pericardial cavity) และช่องท้อง (abdominal cavity)

บพิทและนันทพร จารุพันธุ์ (2528 : 174) ได้กล่าวว่า การศึกษาอวัยวะภายในของปลาควรใช้ปลาสดเพื่อจะให้เห็นสีที่แท้จริงของอวัยวะต่างๆ การเปิดช่องตัวให้ใช้กรรไกรปลายแหลมสอดเข้าทางด้านท้องบริเวณหลังรูทวารแล้วตัดขึ้นไปทางด้านข้างของลำตัวจนถึงกึ่งกลางตัว และตัดย้อนไปทางหัวจนถึงกระดูกปิดเหงือก ตัดเฉียงลงมาทางด้านท้องคลบชั้นเนื้อที่ตัดลงมาข้างล่างหรืออาจตัดทิ้งไป ถ้างเล็ดออกแล้วใช้เข็มเย็บช่วยในการเย็บดูอวัยวะภายใน ซึ่งจะเห็นดังนี้คือ

1. หัวใจ หัวใจเป็นก้อนสีแดงเข้มอยู่ใต้เหงือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตับ เป็นพู่ใหญ่สีเหลืองอยู่เหนือหัวใจ ที่ตับนี้มีถุงน้ำดีฝังตัวอยู่
3. กระเพาะ ทางด้านหลังของช่องท้องมีกระเพาะสีเขียวยาว ที่กึ่งกลางทางด้านท้องของกระเพาะอาหารเป็นกระเปาะของกระเพาะส่วนไพลอริก (Pyloric) ปลายของไพลอริกมีแขนงแยกออกไปคือ ซีกัม (cecum)
4. ลำไส้ ลำไส้ต่อจากไพลอริกเป็นท่อยาวมาก ขดอยู่ตอนล่างของช่องท้องและปลายท่อคือรูทวารเปิดออกหน้าครีบก้น
5. ม้าม ม้ามเป็นต่อมสีแดงติดอยู่กับเยื่อยึดทางเดินอาหาร
6. อัณฑะ เป็นถุงเล็กเรียวยาว 1 คู่อยู่เหนือลำไส้ตอนท้าย มีท่ออสุจิ (Sperm duct) จากอัณฑะ ไปเปิดรวมกับท่อปัสสาวะแล้วเปิดออกภายนอกหลังรูทวาร รูนี้เรียกว่า Urogenital pore
7. รังไข่ มีลักษณะเป็นก้อนยาวสีเหลือง 1 คู่ อยู่ในตำแหน่งเดียวกับอัณฑะ ท่อนำไข่เปิดรวมกับท่อขับถ่ายเช่นเดียวกับตัวผู้
8. กระเพาะลม (Air bladder) อยู่ทางด้านหลังของช่องท้องเหนือกระเพาะ และอวัยวะสืบพันธุ์ กระเพาะลมเป็นถุงยาวออกมาจากคอหอย กระเพาะลมของปลาบางชนิดทำหน้าที่คล้ายปอด แต่กระเพาะลมของปลาส่วนใหญ่มีหน้าที่ในการทรงตัว ปลากระดูกอ่อน ไม่มีกระเพาะลม
9. ไต ลักษณะไตมีสีด่าง 1 คู่ อยู่เหนือกระเพาะลมใต้กระดูกสันหลัง ท่อไตนำของเสียไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) ที่อยู่ด้านหลังของปลายท่อปัสสาวะ ของเสียขับถ่ายออกไปทาง Urogenital pore

นิตยา เสาหะจินดา (2539 : 202) ได้กล่าวถึง วิวัฒนาการของปลากระดูกอ่อนและปลากระดูกแข็งว่าปลากระดูกแข็งที่มีซากดึกดำบรรพ์ยืนยันได้คือ *Cladoseche* และ *Cherolepis* แต่ต้นกำเนิดของปลาทั้งสองกลุ่มอาจเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ยุคไซลูเรียนตอนปลายก็เป็นได้ ลักษณะสำคัญที่ทำให้ปลากระดูกอ่อนและปลากระดูกแข็งประสบความสำเร็จอย่างดีในการดำรงชีวิตในน้ำ คือการปรับตัวในด้านรูปร่างและโครงสร้างบางอย่าง การปรับตัวเพื่อการเคลื่อนที่ไปในน้ำได้ดี ครีบเดี่ยวช่วยในการทรงตัวให้อยู่ในระดับไม่เอียงไปมา ครีบคู่ช่วยในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลังและขึ้นลงในน้ำได้ และยังช่วยในการเลี้ยวซ้ายขวา ได้อีกด้วย ส่วนครีบหลังทำหน้าที่เหมือนหางเสือของเรือช่วยในการบังคับทิศทางได้ การเคลื่อนที่ว่องไวจึงทำให้ได้เปรียบในการหาอาหารและหลบศัตรู ทำให้สามารถรอดชีวิตและวิวัฒนาการเกิดเป็นชนิดต่าง ๆ มากมาย นอกจากการปรับตัวเพื่อเคลื่อนที่แล้วปลากระดูกแข็งยังมีการพัฒนาการกระดูกเพื่อช่วยค้ำจุนขากรรไกรและกล่องสมองเรียก ไฮโอแมนดิบูลาร์ (Hyomandibular) กระดูกชิ้นนี้เป็นกระดูกชิ้นแรกถัดจากขากรรไกร จึงทำหน้าที่ค้ำจุนหรือเชื่อมระหว่างขากรรไกรและกล่องสมองกระดูกชิ้นนี้ถือว่าเป็นวิวัฒนาการที่สำคัญของปลาทั่ว

ไปและสัตว์บก ในปลาที่มีขากรรไกรโบราณกลุ่มแรกๆ จะมีกระดูกขากรรไกรชิ้นหนึ่งคือ พาลาโตควอดเรต (palatoquadrate) เชื่อมต่อกับกล่องสมองโดยตรง

นิตยา เลาหะจินดา (2539 : 205) ได้กล่าวถึง ปลากระดูกแข็งเป็นสัตว์น้ำที่พบมากที่สุด ในปัจจุบัน กลุ่มที่พบมากที่สุดคือชั้นปลา Actinopterygii (ray – fins) ส่วนที่พบมีชีวิตจนถึงปัจจุบันเพียงไม่กี่ชนิดคือ ปลาในชั้นปลา Dipneusti (lung fishes) ซึ่งมีเพียง 3 ชนิด และ Crossopterygii (lobe – finned fish) คือ Chondrostei (Palaeoniscoidea), Holostei และ Teleostei กลุ่มที่ค่อนข้างโบราณคือ Chondrostei และ Holostei ส่วน Teleostei มีจำนวนสปีชีส์มากที่สุด และมีวิวัฒนาการสูงที่สุดในพวกปลา ลักษณะทั่วไปของ infraclass ทั้ง 3 มีดังนี้

<i>Chondrostei</i>	<i>Holostei</i>	<i>Teleostei</i>
Heavy, rhombic scales	Rhombic scales continued	Thin scales, of rounded
Internal skeleton partly cartilaginous	Internal skeleton partly cartilaginous	Internal skeleton completely ossified
Spiracular slit present	Spiracle lost	Spiracle lost
Eye large	Eye large	Eye large
Hyostylic skull	Hyostylic skull	Hyostylic skull
Maxilla fastened to cheek	Maxilla freed from cheek	Maxilla free, transformed into a “pushing” bone; Cheek region opened jaws shortened

1. Infraclass Chondrostei เป็นกลุ่มที่โบราณที่สุด พบในยุคดีโนเวียนถึงเปอร์เมียน ที่พบดำรงชีวิตในปัจจุบันคือปลา bichir (*Polypterus*) และปลา sturgeon (*Acipenser*) ซึ่งมีเกล็ดแบบ rhombic ganoid scale ที่หนาแข็งแรง

2. Infraclass Holostei เป็นกลุ่มที่โบราณรองจาก Chondrostei มีเพียง 2-3 ชนิดที่ดำรงชีวิตจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ gar-pike, *Lepisosteus* และ bow-fin, *Amia* เกล็ดยังคงแบบเดิม ไม่มีปอดแต่มีกระเพาะลมแทน

3. Infraclass Teleostei เป็นปลากระดูกแข็งที่พบมากที่สุดและมีวิวัฒนาการสูงที่สุดพบตั้งแต่ยุคครีเตเชียสจนถึงปัจจุบัน ลักษณะที่สำคัญที่ต่างจากกลุ่มอื่น คือ เกล็ดมีลักษณะบาง และกลมมีสองชนิด คือเกล็ดแบบ cycloid และ ctenoid โครงร่างภายในเป็นกระดูกแข็งทั้งหมด ไม่มีสไปราเคิล หางเป็นแบบโฮโมเซอรัล (homocercal) โดยมีกระดูกสันหลังสิ้นสุดที่โคนหาง และ

แผนหางต่อจากส่วนนี้ประกอบด้วยแผ่นกระดูกไฮพูรัล (hypural plate) มีกระดูกลมที่ทำหน้าที่ในการพยุงตัว

ดังนั้นกล่าวโดยสรุปลักษณะในปลากระดูกแข็ง Actinopterygii ที่วิวัฒนาการดีขึ้นได้แก่

1. เกล็ด เปลี่ยนจากเกล็ดที่หนา และเคลือบด้วยสาร ganoine ในเกล็ดแบบ rhombic ganiod เป็นเกล็ดแบบ cycloid และ ctenoid ซึ่งเป็นเกล็ดที่มีรูปร่าง ลักษณะกลมบางคล้ายกัน ยกเว้นเกล็ดแบบ ctenoid จะมีฟันเล็ก ๆ ที่ขอบเกล็ดที่โผล่พ้นผิวหนัง

2. โครงร่าง เปลี่ยนจากโครงร่างที่ผสมระหว่างกระดูกแข็งและกระดูกอ่อนในกลุ่ม Chondrostei และ Holosteii เป็น โครงร่างกระดูกแข็งล้วน ๆ ใน Teleostei

3. ช่องเปิดสไปราเคิล ซึ่งเกิดมาจากช่องเหงือกคู่แรก จะยังคงพบในปลาโบราณ เช่น Chondrostei และ Holosteii แต่ไม่พบใน Holosteii

4. ครีบหาง Chondrostei และ Holosteii มีครีบหางแบบเฮเทโรเซอคัลคล้ายปลากระดูกอ่อนซึ่งเป็นลักษณะโบราณกว่าหางแบบโฮโมเซอคัลที่พบใน Teleostei

5. ถุงลม ในปลา Chondrostei และ Holosteii มีกระเพาะลมลักษณะคล้ายปอด และใช้แลกเปลี่ยนแก๊สได้ ในขณะที่ Teleostei ใช้กระเพาะลมในการลอยตัว

ดังนั้นปลากระดูกแข็งกลุ่มนี้นับว่าประสบความสำเร็จในแง่ของจำนวนสปีชีส์ที่พบในปัจจุบันมากที่สุด วิวัฒนาการของลักษณะอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาส่วนมากเป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อความเหมาะสมในการดำรงชีวิตและในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

## บทที่ 3

### วิธีการสร้างอุปกรณ์

#### 3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่อง **แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง (MODEL FOR DIGESTIVE SYSTEM OF SPINY - RAYED FISH)** ประกอบการสอนวิชามีนวิทยา (สทศ 2301) เป็นวิชาเฉพาะสาขา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาประมง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เป็นวิชา Pflicht 2 คาบ / สัปดาห์ ปฏิบัติ 2 คาบ / สัปดาห์ จำนวน 3 หน่วยกิต โดยมีคำอธิบายรายวิชาดังนี้

#### คำอธิบายรายวิชา

ลักษณะภายนอกและภายในของปลา ระบบต่าง ๆ ของร่างกายปลา พฤติกรรมและนิเวศน์วิทยาของปลา หลักการวิเคราะห์พรรณปลา

#### จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ เรื่องลักษณะภายนอกและภายในของปลา ระบบต่าง ๆ ของร่างกายปลา พฤติกรรมและนิเวศน์วิทยา หลักการจำแนกและวิเคราะห์ชนิดของปลา
2. เพื่อให้มีทักษะและประสบการณ์ในการจำแนกชนิดของปลา ระบบการทำงาน และลักษณะภายนอกและภายในของปลา
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการศึกษาวิชามีนวิทยา

### รายละเอียดการสอน

ภาคทฤษฎี 36 คาบ	
บทที่ หัวข้อเรื่อง	เวลาสอน/คาบ
1. บทนำ	1
2. การแบ่งกลุ่มของปลาอย่างง่าย	3
3. ลักษณะภายนอกของปลา	3
4. ระบบโครงสร้าง ระบบกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหว	4
*5. ระบบทางเดินอาหารและต่อมสมทบ	4
5.1 การกินอาหาร	
5.2 ปัจจัยที่ควบคุมการกินอาหารของปลา	
5.3 วิธีการหาอาหารของปลา	
5.4 ส่วนประกอบของทางเดินอาหารของปลา	
6. ระบบทางเดินโลหิต	3
7. ระบบการหายใจ	3
8. ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	3
9. ระบบการขับถ่ายและรักษาสมดุลของน้ำ	3
10. ระบบสืบพันธุ์และดูแลลูกอ่อน	3
11. ระบบต่อมไร้ท่อ	3
12. นิเวศน์วิทยาและการแพร่กระจาย	3
รวม	36

หมายเหตุ : \* คือบทเรียนที่ทำแบบจำลอง

ภาคปฏิบัติ 54 คาบ

บทที่	หัวข้อเรื่อง	เวลาสอน/คาบ
1.	ลักษณะภายนอก	3
2.	ระบบ โครงสร้างของร่างกาย	6
3.	กล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว	6
* 4.	ทางเดินอาหารและต่อมสมทบ	6
5.	การไหลเวียนโลหิต	3
6.	อวัยวะหายใจ	3
7.	อวัยวะภายใน	3
8.	ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก	3
9.	ระบบขับถ่ายและรักษาสมดุลของน้ำ	3
10.	อวัยวะสืบพันธุ์	6
11.	ระบบต่อมไร้ท่อ	6
12.	ที่อยู่อาศัย และการแพร่กระจาย	3
	รวม	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การวิเคราะห์เนื้อหาส่วนที่จะนำมาสร้างอุปกรณ์

จากเนื้อหาและรายละเอียดต่าง ๆ ของวิชา สกม 2301 มีนวิทยา เป็นวิชาชีพเลือก ทฤษฎี 2 คาบ / สัปดาห์ ปฏิบัติ 2 คาบ / สัปดาห์ จำนวน 3 หน่วยกิต เป็นวิชาเฉพาะสาขาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาประมง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในการสร้างแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดุกแข็ง (MODEL FOR DIGESTIVE SYSTEM OF SPINY - RAYED FISH) โดยใช้เนื้อหา ทฤษฎีบทที่ 3 เรื่องลักษณะภายนอกของปลา ใช้เวลาสอน 3 คาบ ในบทที่ 4 เรื่องระบบโครงสร้างระบบกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหว ใช้เวลาสอน 4 คาบ ในบทที่ 5 เรื่องระบบทางเดินอาหารและต่อมสมทบ ใช้เวลาสอน 4 คาบ ในบทที่ 5 เรื่องระบบทางเดินอาหารและต่อมสมทบ ใช้เวลาสอน 4 คาบ ซึ่งจะสัมพันธ์กับภาคปฏิบัติ ในบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องลักษณะภายนอก เวลาสอน 3 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องระบบโครงสร้างของร่างกาย เวลาสอน 6 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องทางเดินอาหารและต่อมสมทบจำนวน 6 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 7 เรื่องอวัยวะภายใน เวลาสอน 3 คาบ มาจัดทำสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบของหุ่นจำลองที่มีอัตราส่วนเท่ากับของจริงของปลากระดุกแข็ง เพื่อใช้ประกอบการสอนวิชามีนวิทยา

#### 3.2.1 ลักษณะภายนอกของปลา

การแบ่งส่วนของตัวปลา ลักษณะของปลาเมื่อโตเต็มวัย จะมีรูปร่างเป็นแบบสมมาตร ยกเว้นพวกปลาซีกเดียว ร่างกายของปลาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนหัว เริ่มตั้งแต่ปลายสุดของจงอยปาก จนถึงส่วนริมสุดของกระดูกกระพุ้งแก้ม ส่วนนี้เป็นที่รวมของอวัยวะรับความรู้สึกต่าง ๆ ได้แก่ ตา ปาก จมูก ในบางชนิดจะมีหนวดคู่สำหรับภายในส่วนหัวจะมี เหงือก ฟัน ในส่วนของกะโหลกศีรษะจะเป็นจุดกำเนิดของสมอง และเส้นประสาทสำคัญต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังเป็นที่ตั้งของระบบย่อยอาหารบางส่วน

2. ลำตัว อยู่ถัดจากปลายสุดของกระดูกกระพุ้งแก้ม จนถึงรูทวาร ในปลาที่มีเกล็ดจะเป็นส่วนที่ปกคลุมหนาแน่นเพื่อการป้องกันตัว มีเส้นข้างตัว มีครีบช่วยในการทรงตัวและเคลื่อนไหว เป็นที่ตั้งของระบบอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ ระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่าย และระบบสืบพันธุ์

3. หาง เป็นส่วนสุดท้ายของตัวปลา โดยเริ่มจากรูทวารเป็นต้นไป จนสุดปลายครีบหาง เป็นส่วนที่มีเกล็ดปกคลุมอยู่และมีกล้ามเนื้อหนาแน่น เพื่อใช้ในการหันเหทิศทางการเคลื่อนที่ และช่วยในการทรงตัว

### การวัดขนาดและสัดส่วนต่าง ๆ ของปลาแบ่งออกได้ดังนี้

1. การวัดความยาวทั้งสิ้นหรือความยาวเหยียด (Total length, TL.) หมายถึงการวัดความยาวเป็นเส้นตรงจากส่วนปลายสุดของจะงอยปาก จนถึงส่วนปลายสุด ของครีบหลัง
2. การวัดความยาวมาตรฐาน (Standard length, ST.) หมายถึงการวัดความยาวเป็นเส้นตรงจากปลายสุดของจะงอยปาก จนถึงฐานครีบหางซึ่งส่วนสุดท้ายของกระดูก Hypural plate ทราบได้โดยการงอส่วนหางของปลาขึ้น รอยหักตรงบริเวณคอคอดหาง ถือเป็นส่วนสุดท้ายของกระดูกชิ้นนี้
3. การวัดความยาวถึงส่วนหยักลึกของหาง (Fork length, FL.) หมายถึงการวัดความยาวเป็นเส้นตรงจากปลายสุดของจะงอยปาก จนถึงส่วนหยักลึกของหางที่มีลักษณะเป็นรูปสี่มุม
4. การวัดความลึก (Body depth) หมายถึงการวัดในแนวตั้งลงมาเป็นเส้นตรง จากส่วนบนสุดของตัวปลาเมื่อหุบครีบแล้วจนถึงส่วนท้องของตัวปลา
5. การวัดความกว้าง (Body Width) หมายถึง วัดระยะทางจากด้านข้างด้านหนึ่งไปจนถึงอีกด้านหนึ่งของตัวปลา

สาเหตุที่มีการวัดของปลาหลาย ๆ แบบนั้น เนื่องจากปลามีรูปร่างต่าง ๆ กันมากมาย จึงต้องใช้การวิเคราะห์ชนิดและประโยชน์ทางการประมง นอกจากนี้การวัดดังกล่าวยังมีการวัดความยาวในส่วนของอวัยวะอื่น ๆ ด้วยเช่น ความสูงของก้านครีบ ความยาวของหัว ความยาวของฐานครีบ เส้นผ่าศูนย์กลางของตา ความยาวของหนวด เป็นต้น การวัดหาสัดส่วนของอวัยวะใด อวัยวะหนึ่งของตัวปลา โดยการวัดขนาดส่วนนั้น ๆ แล้วนำมาเทียบกับส่วนอื่นของปลาที่ใหญ่กว่า ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นที่ซึ่งอวัยวะนั้น ๆ ตั้งอยู่ เช่นการวัดส่วนหัวของปลา เพื่อเทียบกับความยาวของตัวปลา (head in length) การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของตา เพื่อเทียบกับความยาวของส่วนหัว (eye in length) หรือความลึกของปลากับความยาวของปลา (depth in length) เป็นต้น

รูปร่างของปลา (Form) เนื่องจากการแพร่กระจายกว้างขวางมาก ปลาต้องพบกับสภาพแวดล้อมหลายรูปแบบทำให้มีการวิวัฒนาการรูปร่าง จนมีรูปร่างต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

1. Fusiform ถือเป็นรูปร่างของปลาโดยทั่วไป เมื่อมองจากด้านข้างจะเห็นเป็นรูปกระสวย (torpedo-shaped) ถ้ามองทางด้านหน้าตัด อาจเป็นรูปกรวยหรือรีเล็กน้อย ทางส่วนหน้าจะหนาและค่อย ๆ เรียวเล็กลงเพื่อจะได้ค้ำน้ำน้อยลง ปลาพวกนี้ว่ายน้ำเร็ว ได้แก่ ปลาทู ปลาโอ ปลาทูน่า และปลาฉลาม
2. Arrow-shaped มีลักษณะคล้าย fusiform แต่ลำตัวยาวกว่า และครีบหลังอาจจะยาวกว่าว่ายน้ำได้ดี อาศัยในทะเลเปิดเช่น ปลา garpike

3. Globiform มีรูปร่างทรงกลมคล้ายลูกบอล ถ้าตัวสั้นกลม ว่ายน้ำช้า แต่จะมีเกราะป้องกันตัว ซึ่งอาจจะเป็นหนามแหลม ๆ และบางครั้งจะพองตัวให้ลอยน้ำได้ เช่น ปลาปักเป้าหนามทุเรียน

4. Anguilliform (snake-shaped, serpentine-shaped) มีรูปร่างเรียวยาว แต่ทางหน้าตัดจะมองเห็นเป็นวงกลมในตอนส่วนหัว และจะค่อย ๆ แบนลงทางด้านข้างในส่วนหาง การเคลื่อนไหวเหมือนกับก้านของเส้นเชือกที่ปลายข้างหนึ่ง ซึ่งปลายส่วนที่ไม่สั้นจะมีความแข็งแรงน้อยลง ทำให้ตัวน้ำน้อยลง พวกนี้อาศัยอยู่ตามกอฟีรทะเล ตัวอย่าง ได้แก่ ปลาไหล ปลาเข็ม

5. Trachtypteriform เป็นรูปทรงที่แบนยาวเบบริบบิ้น ทางด้านหน้าตัดจะเห็นเป็นรูปแบน พวกว่ายน้ำไม่เก่ง แต่อาศัยการเลื้อย ซึ่งจะสามารถเบนตัวเป็นมุมได้มากกว่า anguilliform ตัวอย่าง ได้แก่ ปลาตาบลาว ปลาตาบเงิน

6. Filiform เป็นรูปแบบของปลาที่มีลักษณะยาวมาก มองคล้ายเส้นด้าย ได้แก่ พวกปลาไหลทะเลลึก

7. Compressed เป็นลักษณะรูปทรงของปลาที่แบนข้างเหมือนลูกบิบ แบ่งออกได้เป็น

ก. Bream-type มีลักษณะเป็นรูปไข่ เมื่อมองทางด้านข้างส่วนมากเป็นปลาน้ำจืด อาศัยอยู่ตามพื้นน้ำ ได้แก่ปลากระดี่

ข. Moon fish type มีลักษณะเป็นเหลี่ยมเมื่อมองทางด้านข้าง อาศัยในทะเลเปิด ได้แก่ปลาพระจันทร์ ปลาโคมงาม

ค. Pleuronectiid type เป็นปลาที่มีลักษณะแบนข้าง แต่มีอุปนิสัยคล้ายกับปลาพวก depressed คือเอาข้างลงไปอยู่กับพื้น เช่น ปลาลิ้นหมา

8. Depressed หรือ flattened เป็นปลาที่มีลำตัวแบนลงมาข้างล่าง เหมือนกับลูกกด ได้แก่ปลาฉลาม ปลากระเบน

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งรูปทรงของปลาโดยใช้การเทียบสัดส่วน (Morphometry) ระหว่างความยาวและความลึกของตัวปลาได้ดังนี้

1.) Elongate เป็นลักษณะรูปทรงที่มีความยาวต่อความลึก มากกว่า 4 เท่า ได้แก่ปลาตาบลาว ปลาตาบเงิน ปลาไหล

2.) Oblong เป็นลักษณะรูปทรงที่มีความยาวต่อความลึกของตัวปลามากกว่า 2 เท่าแต่ไม่เกิน 4 เท่า ได้แก่ ปลาสิ่กุน ปลาใบขนุน ปลาลิ้นควาย

3.) Ovate เป็นลักษณะของรูปทรง ที่กลมรีแบบรูปไข่ โดยมีความยาวต่อความลึกของตัวปลาน้อยกว่า 2 เท่า ได้แก่ ปลาลิ้นควาย ปลาเปิ่น ปลาลิ้นหมาบางชนิด

### สิ่งปกคลุมตัวปลา ได้แก่ ผิวหนังและเกล็ด

ผิวหนัง (Skin) ผิวหนังของปลาเป็นเหมือนเกราะป้องกันตัวปลา ให้ปราศจากภัยอันตราย ได้แก่การป้องกันเชื้อโรคและป้องกันผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม ซึ่งผิดปกติไปจากเดิม มีหน้าที่ช่วยในการหายใจ ขับถ่ายของเสีย ได้ควบคุมการรับและขับน้ำออกจากตัว และยังเป็นที่อยู่ของต่อมสร้างสี ต่อมเรืองแสง ต่อมพิษ ต่อมเมือก และอวัยวะรับความรู้สึก

โครงสร้างของผิวหนัง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้น ผิวหนังชั้นนอกเรียกว่า Epidermis มีลักษณะเหมือนกับที่ระบุในปาก เป็นเซลล์หลายชั้นมีลักษณะแบนและมีความชื้น ชั้นที่อยู่ลึกเข้าไปจะเป็นชั้นที่มีชีวิตอยู่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้ เรียกว่า Stratum germinativum ซึ่งจะสร้างเซลล์ขึ้นมาทดแทน เซลล์ชั้นนอกที่ตายและหลุดออกไป ในผิวหนังนี้จะมีต่อมเมือก ช่วยให้ความชื้น และลดแรงต้านน้ำ ปลาแต่ละชนิดมีเมือกมากน้อยต่างกัน ปลาไม่มีเกล็ดจะมีเมือกน้อยกว่าปลาที่ไม่มีเกล็ด เมือกปลาแต่ละชนิด มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกันทำให้กลิ่นคาวปลา ต่างกันไปด้วย ผิวหนังชั้นใน เรียกว่า Dermis หรือ Corium ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นชั้นที่มีความหนา ภายในมีเส้นเลือด เส้นประสาท อวัยวะรับความรู้สึกไวมาก เป็นชั้นที่ช่วยสร้างเกล็ด

เกล็ด (Scale) เป็นสิ่งปกคลุมตัวปลาอย่างหนึ่งมีต้นกำเนิดมาจากผิวหนังชั้นใน ถือว่าเป็นโครงสร้างภายนอก นอกจากเป็นส่วนที่อยู่ภายนอกและห่อหุ้มตัวปลา ปลาบางชนิดมีเกล็ดปกคลุมเฉพาะบางส่วน เช่น ปลา sturgeon จะมีเกล็ดตามตัว 2-3 แถว และเป็นหย่อม ๆ บางชนิดหลุดง่าย

### ระยางค์ของปลา (Appendage)

ระยางค์ของปลาหรือเรียกว่าครีบ มีการวิวัฒนาการมาจาก บรรพบุรุษที่ไม่มีครีบ ต่อมาได้มีการพัฒนาสันกลางหลังขึ้นมา สันนี้เกิดใกล้กับส่วนหัว แล้ววนไปรอบทางด้านหลังจนจรดกัน ในระยะแรก ๆ ไม่มีแกนพุง ต่อมาจึงมีเส้นกระดูกอ่อนมาพุงให้สันแข็งแรงขึ้นจึงกลายเป็นครีบเดี่ยว ดังอย่างที่เราเห็นได้ชัดเจนคือ ครีบในแนวตั้ง ซึ่งเข้าใจว่าเป็นบรรพบุรุษของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

ครีบปลาแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. ครีบเดี่ยว (Single) ได้แก่ ครีบหลัง (dorsal fin) ครีบหาง (caudal fin) และครีบกัน (anal fin) ครีบฟอย ครีบไขมัน ประโยชน์ของครีบเดี่ยวช่วยให้ปลาอยู่แนวตรงในน้ำ
2. ครีบคู่ (paired fin) ได้แก่ ครีบอก (pectoral fins) และครีบท้อง (pelvic fins) ปลาว่ายน้ำโดยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและครีบหาง ในขณะที่ครีบคู่จะกางออก และครีบอื่นๆ จะตั้งตรงเพื่อให้ลำตัวตั้งตรงการเคลื่อนไหวของหางควบคู่กับกล้ามเนื้อบนลำตัวที่มีลักษณะเป็นปล้อง

จะทำให้ลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นแบบลูกคลื่นตลอดถึงหาง การเคลื่อนที่อย่างช้าๆ จะใช้เพียงครีบกู้เท่านั้น

### 3.2.2 ระบบโครงสร้าง ระบบกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหว

#### ระบบโครงสร้าง (Skeleton system)

โครงสร้างของร่างกายในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระดูกชนิดต่าง ๆ โนโตคอร์ด เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กลีต ฟัน ส่วนประกอบของระบบประสาท และก้านครีบกู้เพื่อทำหน้าที่

1. ให้ร่างกายคงรูป และมีความแข็งแรง
2. ค้ำยันสมอง ไขสันหลัง และอวัยวะภายใน
3. เป็นฐานยึดเหนี่ยวของกล้ามเนื้อ
4. ช่วยในการเคลื่อนไหว
5. เป็นที่อยู่ของเยื่อสร้างเม็ดเลือด

การศึกษาโครงกระดูกของปลา โดยแบ่งตามตำแหน่งและหน้าที่ออกได้ 3 แบบ

1. Exoskeleton หมายถึงกระดูกที่มีกำเนิดมาจากผิวหนังชั้นในอย่างเดียว
2. Endoskeleton หมายถึงกระดูกภายในร่างกาย ได้แก่กระดูกแกน
3. Membranous skeleton ได้แก่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

การเกิดกระดูกแข็ง ( Bone) เกิดได้ 2 วิธี

1. เกิดจากการที่ bone cell หรือ osteocyte สร้าง matrix ที่มีเนื้อแน่นในเยื่อเกี่ยวพัน โดยตรงเรียกระดูกพวกนี้ว่า dermal bone หรือ membranous bone ลักษณะของกระดูกจะเรียบและแข็ง ไม่มีเส้นประสาททะลุได้ ส่วนมากเป็นกระดูกชั้นนอก เช่น กระดูกตามส่วนหัว ด้านบนของกล่องสมอง ซึ่งเป็น dermal plate มีต้นกำเนิดมาจากผิวหนังแล้วจมตัวในผิวหนัง ในบางครั้งมีแคลเซียม ฟอสเฟต และแคลเซียมคาร์บอเนตมาสะสมทำให้กระดูกแข็งขึ้น

2. เป็นกระดูกแข็งที่มีต้นกำเนิดมาจาก cartilage เรียกว่า cartilageous หรือ replacement bone โดยการที่ osteocyte สร้าง matrix ลงใน cartilage ทำให้มีความแข็งแรงขึ้น osteocyte จะมีแขนงเล็ก ๆ ยื่นออกมาตามเยื่อกระดูก มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยง โดยผ่านทางช่องเล็ก ๆ เรียกว่า Haversian canal ฉะนั้นจะเห็นกระดูกพวกนี้มีรูพรุน

#### กระดูกส่วนหัว

กระดูกกะโหลกของปลากระดูกแข็ง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ neurocranium หมายถึงส่วนของกะโหลกศีรษะด้านบนที่อยู่รอบกล่องสมองและห่อหุ้มอวัยวะรับ

ความรู้สึบบางส่วน และ branchiocranium หมายถึงส่วนของกะโหลกศีรษะด้านล่าง ในส่วนของ neurocranium จะแบ่งกระดูกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่หุ้มภายใน (endosteal) ซึ่งเป็นส่วนของพื้นที่กล่องสมอง ส่วนที่อยู่รอบและป้องกันอวัยวะรับความรู้สึกต่าง ๆ ได้แก่ olfactory , optic และ otic capsule และส่วนหน้าของโนโตคอร์ค กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่หุ้มภายนอก (endosteal) ได้แก่ พวงกระดูก dermal ของหลังคากล่องสมอง และส่วนที่พวงรูปหน้าสำหรับส่วนของ branchiocranium จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ขากรรไกรบนและล่าง ส่วนที่พวงขากรรไกรและกระดูกแก้ม และส่วนของกระดูกแกนเหงือก

#### กระดูกสันหลัง (Vertebrate column)

ในปลาปากกลม กระดูกสันหลังจะเป็นแบบธรรมดา โนโตคอร์คยังคงเป็นส่วนแกน มีกระดูกอ่อนขนาดเล็กเรียงกันเป็นปล้องอยู่ทางด้านบนของโนโตคอร์ค แล้วกลายเป็นส่วนโค้งอยู่เหนือไขสันหลังในปลากระดูกอ่อนจะมีความสลับซับซ้อนขึ้น แต่ก็ยังคงเป็นกระดูกอ่อนอยู่ ในปลากระดูกแข็งส่วนนี้จะเป็นกระดูกแกนซึ่งเกิดมาแทนที่โนโตคอร์คอย่างแท้จริง เพื่อทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้แก่ไขสันหลังและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ

กระดูกสันหลังประกอบด้วยข้อกระดูก เรียกว่า Vertebra ต่อกันเป็นข้อ ๆ จากปลายสุดของกะโหลกศีรษะจนถึงส่วนหาง ในแต่ละข้อประกอบด้วยแท่งทรงกระบอกคั่น เรียกว่า centrum ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบ คือ

Amphicoelous (both side + hollow) มีส่วนเว้าทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อต่อกันเป็นเส้นยาว ตรงส่วนเว้าจะมีโนโตคอร์คบรรจุอยู่ พบในปลากระดูกอ่อน และปลากระดูกแข็งทั่วไป

Opisthocoelous (in behind+hollow) มีส่วนนูนทางด้านหน้าและเว้าทางด้านหลังเพื่อให้รับกัน พบเฉพาะในปลา gar และปลา pike เท่านั้น

Procoelous (in front +hollow) มีส่วนเว้าทางด้านหน้าและส่วนนูนทางด้านหลัง พบในพวกปลาไหล ในแต่ละข้อของกระดูกสันหลัง ประกอบด้วย process ต่างยื่นออกมา เรียกว่า apophysis ซึ่งประกอบกันเป็นส่วนห่อหุ้มระบบที่อ่อนแอกว่า

Neurapophysis อยู่ทางด้านบนกลายเป็น neural arch และ neural spine ช่องภายใน neural spine เป็น neural canal สำหรับเป็นที่อยู่ของไขสันหลังในปลากระดูกสันหลัง 1 ข้อจะมี neural arch และ neural spine อย่างละ 1 อัน ตรงส่วนฐานของ neurapophysis จะมี process ที่เรียกว่า prezygapophysis และ postzygapophysis สำหรับติดต่อกับกระดูกสันหลังข้อก่อนและข้อหลังตามลำดับ

Haemapophysis อยู่ทางด้านล่างตรงข้ามกับ neurapophysis ซึ่งกลายเป็น haemal arch ภายในช่องท้อง haemal canal ให้เส้นเลือดผ่าน สำหรับข้อกระดูกที่อยู่ทางส่วนหางของตัวปลา จะมี haemal spine ยื่นลงมาทางด้านล่างด้วย

บริเวณซี่โครงจะมีก้าง (rib) อยู่ 2 ชนิด คือ Plural rib และ ventral rib ซึ่งจะเจริญอยู่ทางด้านล่างบริเวณช่องอกและช่องท้องของปลา และ epipleural หรือ dorsal rib ซึ่งเจริญอยู่ภายในเยื่อชั้นตามแนวราบ และเกาะยึดกับผิวด้านหลังของ pleural rib ด้วยเอ็น ก้างชนิดนี้มีขนาดเล็ก ในบางครั้งเรียกว่า ก้างฝอย หรือ intermuscular bone เนื่องจากเกิดอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ

#### กระดูกค้ำจุนครีบหลังและครีบก้น (Dorsal and anal fin support)

กระดูกภายในตัวปลาที่ค้ำจุนครีบเดี่ยวประกอบด้วยกระดูก 3 ชุด ชุดในสุดเป็น median skeletogenes septum อยู่ระหว่าง neural spine 2 อัน เรียกว่า proximal pterygiophore (axonost) ซึ่งเจริญมาจากกระดูก interneural ถัดจากชั้นนี้จะเป็นกระดูกชุดกลาง เรียกว่า intermediate pterygiophore กระดูกชุดนอกสุด คือ distal pterygiophore (baseost) ซึ่งจะติดกับกระดูกค้ำจุนแผ่นครีบ

#### กระดูกค้ำจุนครีบหาง (Caudal fin support)

เป็นส่วนปลายสุดของกระดูกสันหลังที่มีวิวัฒนาการไปหลายรูปแบบ คือ

Proterocercal (dipbycercal) เข้าใจว่าเป็นหางแบบแรกสุดโดยกระดูกสันหลังยังคงเป็นกระดูกค้ำจุนครีบไว้ และแบ่งหางออกเป็นซีกบนและซีกล่างเท่า ๆ กัน

Heterocercal จะมีส่วนปลายของกระดูกสันหลังโค้งงอขึ้นข้างบนช่วยพยุงแพนหางซีกล่างให้คงรูปอยู่

Hypocercal ตรงข้ามกับ heterocercal โดยส่วนปลายของกระดูกสันหลังจะโค้งงอลงมาข้างล่างทำให้แพนหางซีกบนคงรูปอยู่

Isocercal เป็นแบบที่กระดูกสันหลังข้อสุดท้ายเปลี่ยนรูปร่างเป็นแผ่นเล็ก ๆ และมีก้านครีบแยกมาจากส่วนของครีบหลังและครีบก้น

Leptocercal (bridge tail) จะมีแกนค้ำจุนหางเปลี่ยนแปลงมาจาก dorsal และ ventral interspinous bone

Homocercal จะมีกระดูกสันหลังส่วนปลาย รวมทั้งส่วนประกอบที่เปลี่ยนแปลงไป โดย neural arch และ neural spine เปลี่ยนไปเป็น epiural (upper+tail) ส่วน haemal arch และ haemal spine เปลี่ยนรูปไปเป็น hypural (below+tail) ทำให้แพนหางที่เท่ากันทั้งบนและล่างอยู่ในซีกล่างของส่วนกระดูกสันหลัง

### กระดูกค้ำจุนครีบอก (Pectoral fin support)

ในปลาปากกลมไม่มีครีบอกและไม่มีกระดูกค้ำจุนครีบอก ในปลากระดูกอ่อน ฐานของครีบอกจะประกอบด้วย coracoscapular เป็นกระดูกอ่อนที่แข็งแรงและเป็นรูปตัว U ปากกว้างทางด้านล่างของรูป ตัว U จะเป็นส่วนของกระดูก coracoid ซึ่งมีครีบอกมาต่อเข้าตรงมุม และตรงส่วนบนสุดของรูปตัว U จะเป็นส่วนของ scapula ในปลากระดูกเบน และ chimera ส่วนของ scapula cartilage จะมีด้านบนสิ้นสุดที่แนวกระดูกสันหลัง สำหรับในปลากระดูกแข็ง ฐานครีบอกจะประกอบด้วยกระดูกอ่อน และกระดูกแข็งส่วนที่เป็นกระดูกอ่อน ได้แก่ coracoid และ scapula อย่างละคู่ และกระดูก radial 4 คู่ ส่วนที่เป็นกระดูกแข็ง ได้แก่ posttemporal, supracleithrum, cleithrum และ postcleithrum อย่างละคู่ ฐานครีบอกนี้จะติดต่อกับกล่องสมองด้วยกระดูก posttemporal ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยยื่นส่วนของสี่เหลี่ยมไปข้างหน้า ขาข้างหนึ่งไปต่อกับกระดูก epiotic และอีกข้างหนึ่งไปต่อกับกระดูก opisthotic ทางส่วนหลังด้านล่างของกระดูก posttemporal จะต่อกับกระดูก supracleithrum ซึ่งจะยื่นลงไปยังกระดูกชิ้นใหญ่ที่เรียกว่า cleithrum กระดูก postcleithrum จะต่อกับกระดูก cleithrum ทางด้านล่างและเรื่อยเข้าไปยังกล้ามเนื้อด้านข้างของส่วนท้อง กระดูก coracoid เป็นกระดูกสามเหลี่ยมต่อกับกระดูก scapula กระดูก cleithrum โดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กระดูก scapula เป็นกระดูกสี่เหลี่ยมซึ่งมีรูใหญ่ตรงกลาง จะต่อกับกระดูก radial ในปลาบางชนิดจะมีก้านครีบอกโดยตรงกับกระดูก scapula แต่ในปลาบางชนิด ฐานครีบอกจะหดหายไป เช่น ในปลาปักเป้า

### กระดูกค้ำจุนครีบท้อง (Pelvic fin support)

ในปลากระดูกอ่อนจะมี cartilageous bar หรือกระดูก เรียกว่า ischiopubic ช่วยค้ำจุนกระดูก radial ไว้กระดูกนี้จะเป็นคู่ พบในปลา chimaera ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับฐานครีบอกของปลาพวก lobefin และ lungfish

ในปลากระดูกแข็ง ฐานครีบท้องจะเป็นกระดูกอ่อนที่เป็นคู่ เรียก basipterygium อาจรวมหรือแยกกันเป็น 2 ชิ้นก็ได้ ทางด้านหลังของ basipterygium จะเป็นกระดูก radial ซึ่งจะพบในปลาพวก holoster สำหรับในปลากระดูกแข็งชั้นสูงส่วนของกระดูก radial จะหดหายไปและก้านครีบอกจะติดต่อกับ basipterygium จากการวิวัฒนาการพบว่า ในปลาที่มีวิวัฒนาการมาก กระดูกฐานครีบท้องจะเคลื่อนจากบริเวณท้องไปติดกับฐานครีบอก และในปลาบางชนิดฐานครีบอกนี้จะอยู่เลยหน้าครีบอกขึ้นไป

### ก้านครีบ (fin ray)

ในปลาปากกลมจะเป็น cartilage มีลักษณะเป็นแท่งยาว ไม่มีข้อ ซึ่งแท่งนี้จะติดต่อกับกระดูกสันหลังด้วย membranous skeletal tissue ซึ่งจะช่วยค้ำจุนครีบเดี่ยว โดยทั่ว ๆ ไป ก้านครีบของปลาแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะ โครงสร้าง คือ

1. ก้านครีบแข็ง (spine, spiny หรือ simple ray) มีลักษณะเป็นท่อนเดี่ยว ไม่มีข้อ และปล้องเมื่อดูทางด้านตรงจะไม่เห็นรอยต่อระหว่าง 2 ข้าง พบในครอบครัวของปลาแก้ว

(Serrimidae) ครอบครัวของปลากะพง (Percidae)

2. ก้านครีบอ่อน (soft, segmentes หรือ branched ray) มีลักษณะเป็นปล้องๆ ซึ่งอาจจะแยกออกจากกันเป็นหลายแฉก และมีเยื่ออีกระหว่างแฉก พบในปลากระดูกแข็งทั่ว ๆ ไป

### 3.2.3 ระบบทางเดินอาหารปลา (DIGESTIVE SYSTEM)

ระบบทางเดินอาหารของปลาเป็นระบบที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นระบบที่เป็นที่มาของอาหารปลาหรือวัตถุดิบต่าง ๆ ซึ่งปลานำมาย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานใช้ในชีวิตรประจำวัน เนื่องจากปลาเป็นสัตว์ที่ไม่สามารถสร้างอาหารจากแร่ธาตุโดยการสังเคราะห์แสงเหมือนพืชทั่วไปได้ ดังนั้นภายในระบบทางเดินอาหารนี้จึงมีพื้นที่บางส่วนทำหน้าที่ดูดซึมธาตุอาหารที่ย่อยได้ร่วมกับการย่อยในขณะที่อาหารเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้เราไม่สามารถพบในพืช

ระบบทางเดินอาหารไม่ว่าปลาดกระดูกอ่อนและปลาดกระดูกแข็ง ต่างก็มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเหมือนกันอาหารจะเข้าทางปาก ผ่านทางเดินอาหารภายในและอวัยวะที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อย่อยและดูดซึม หลังจากนั้นกากที่เหลือจะขับทิ้งออกนอกร่างกายทางรูทวารหนัก (Anus) ซึ่งอยู่ท้ายลำตัว ระบบทางเดินอาหารปลาทุกชนิดมีลักษณะตรง กล่าวคือ ปากและทวารหนักตั้งอยู่ตรงกันข้ามเสมอ การย่อยและการดูดซึมอาหารพบว่าเกิดขึ้นมากที่สุดที่ลำไส้เล็กซึ่งถือว่าเป็นระบบทางเดินอาหารส่วนกลาง ส่วนบริเวณท้ายสุดของระบบทางเดินอาหารเราจะพบว่ามีกรดไขมันน้อย หน้าที่ที่แท้จริงของส่วนสุดท้าย มักเกี่ยวข้องกับการขับถ่ายและการสืบพันธุ์ของปลา

### ส่วนประกอบของทางเดินอาหารปลา

#### 1. ริมฝีปาก (Lip)

ปลาที่กินอาหารชิ้นใหญ่หรือมีการกัดกิน จะมีริมฝีปากบาง ปลาที่มีปากดูด ริมฝีปากจะเป็นเนื้อหนาขึ้นมา ซึ่งอาจจะเป็นหนังแข็งและเหนียวหรือเป็น papilla ริมฝีปากจะเคลื่อนไหวได้ ได้แก่ปลา sturgeon ปลาลูกฝี่ พวกนี้ส่วนมากจะมีหนวกรอบปาก ใช้ประโยชน์ในการช่วยหาทิศทาง และตำแหน่งของอาหาร

Suctorial lip ของปลาบางชนิด ใช้เป็นอวัยวะยึดเกาะ (holdfast organ) กับพื้นในขณะที่มีกระแส น้ำแรงๆ ในปลาพวกนี้ น้ำเข้าทางปากไม่ได้ จึงทำให้ต้องแบ่งช่องเหงือกออกเป็น 2 ช่อง โดยช่องบนเป็นทางน้ำเข้า สำหรับในปลาที่เป็นตัวเมีย มันจะใช้สำหรับเกาะติดกับ host ในปลาบางชนิดใช้ยึดตัวเมียเวลาผสมพันธุ์

## 2. ปาก (Mouth)

เป็นช่องเปิดที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย ทำหน้าที่ในการรับอาหาร รับน้ำเพื่อหายใจ ช่วยในการยึดเกาะ บางชนิดใช้ในการต่อสู้ศัตรู บางชนิดใช้ในการหาอาหาร ก่อนถึงปากจะมีส่วนที่เรียกว่าจะงอยปาก snout หรือ rostrum โดยเริ่มจากปลายหน้าสุดของส่วนหน้าจนถึงหน้าดวงตา ทั้งนี้รวมทั้งริมฝีปากและจมูกด้วย ตัวอย่างของปลาที่มีจะงอยปากยาว ได้แก่ ฉลาม กระเบนและกระโทงเทง ตัวอย่างปลาที่มีจะงอยปากสั้น ได้แก่ ปลาเข็ม และปลาคางเมือ

ปากของปลาจะแตกต่างกันที่ตำแหน่ง ขนาด รูปทรง โดยเทียบขนาดความกว้างของส่วนหัวส่วนหนึ่งส่วนใดก็ได้

ปลาที่มีปากขนาดเล็ก ได้แก่ ปลากระตี่ ปลาสกลิด ปลาผีเสื้อ

ปลาที่มีปากขนาดกลาง ได้แก่ ปลาสาวย ปลาเทโพ

ปลาที่มีปากกว้างมากๆ ได้แก่ ปลาช่อน ปลาเค้า ปลาคางเมือ ปลาแก้ว และปลาใน

ทะเลลึก

ตำแหน่ง ที่ตั้งของปากปลา แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ

Terminal mouth ปากอยู่ทางหน้าสุดของส่วนหัว พบในปลาทั่วไป

Inferior mouth ปากอยู่ด้านล่างของส่วนหัวส่วนมากพบในปลากระดูกอ่อนพวกฉลามและกระเบน ปลาไส้ตัน และปลากูเรอ พวกนี้หากินตามพื้น

Superior mouth เป็นลักษณะของปากที่เอียงลง (oblique) เช่นปลาคางเมือ ปลาเข็

นอกจากทั้ง 3 แบบที่กล่าวมา ถ้าปากอยู่ในแนวราบและมีลักษณะตรง เรียกว่า

horizontal mouth ถ้าอยู่ในลักษณะเอียง เรียกว่า oblique mouth

รูปทรงของปาก จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการกินอาหาร ดังนี้

1.) ปากดูด (sucking disc) พวกนี้จะดูดกินอาหาร อาจจะเป็นตัวเมีย หรือดูดกินอาหารตามพื้นดิน ได้แก่ ปลา lamprey, hagfish, ปลากลูฟี่ง, ปลา sturgeon

2.) ปากเป็นปล้องยาสูบ (tube) พวกนี้ช่องเปิดของปากอยู่ที่ปลายจะงอยของปาก ส่วนมากปากจะมีขนาดเล็ก เติบโตขึ้นเล็กน้อย พบในปลาม้าน้ำ ปากแคระ จิมฟันจระเข้ ปลาผีเสื้อ

3.) ปากเป็นฟันเลื่อย (saw like) มีลักษณะเหมือนใบเลื่อย ส่วนของปลายปากจะเป็นจะงอยยื่นยาวออกมา พบในปลาฉนาก

4.) ปากนก (beak like) ลักษณะเหมือนปากนกที่ยืดยาวออกไป แบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง คือ

4.1) ขากรรไกรบนสั้น และขากรรไกรล่างยาว ได้แก่ปลากระทุงเหว ปลา ตับเต่า ปลาเข็ม

4.2) ขากรรไกรล่างสั้น และขากรรไกรบนยาว ได้แก่ปลากระพงแดง ปลากะ โทงดาบ

5.) ปากสามารถยืดหดได้ (protractile) เกิดจากส่วนของกระดูก maxilla ทำหน้าที่ เป็นคานงัดค้ำให้ปากยาวออกมาได้ เนื่องจากมีส่วนของ premaxilla ยาว ปากจะยืดหดได้ ลักษณะ การยืดออกอาจจะขึ้นข้างบน ซึ่งข้างล่างหรือตรงออกไป พบในพวกปลาเป็น ปลาหมอตาล ปลา กระเบนไฟฟ้า ปลาสร้อย ปลาโสร่งแขก

### 3. ฟัน (Tooth)

มีต้นกำเนิดจากเนื้อเยื่อ Ectoderm ฝังอยู่ลอย ๆ ในบริเวณขากรรไกรไม่ใช่ฝังใน กระดูกแบบสัตว์เลื้อยลูกค้ำยนม ในปลาปากกลม ไม่มีฟันที่แท้จริงเป็นเพียง Epidermal tooth ที่ติด อยู่บนกรวยปากเท่านั้น ในปลากระดูกอ่อนฟันจะมีขนาดและรูปร่างเหมือนกันเรียกว่า homodont (same - tooth) ซึ่งจะยึดติดกับผิวหนังของเหงือกด้วยเส้นใยคอนลาเจน เรียกว่าเส้นใยของชาร์ป्ली (Sharply's fiber) ไม่ได้ยึดติดกับกระดูกขากรรไกร ในปลากระดูกแข็งจะดีขึ้น และฟันจะฝังลึกลง ไปในช่องบนของกระดูกขากรรไกรแต่ยังไม่มียากฟัน เรียก accordant (summit + tooth) ฟันปลาจะ มีการหลุดและเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลาในปลาฉลามจะมีการเกิดของฟันเรียงเป็นแถว ๆ ฟันแถวนอก สุดจะมีอายุมากที่สุดเมื่อหลุดไป แถวใหม่ด้านในจะสร้างขึ้นมาทดแทน และแถวถัดจากแถวนอก จะรันเข้ามาแทนที่จะแตกต่างกับในปลาชนิดอื่นๆ ถ้าฟันหลุดตรงไหนจะสร้างแทนที่เฉพาะตรงนั้น ปลาเป็นสัตว์ที่กินอาหาร โดยไม่เคี้ยวจึงมีฟันเหมือนการบดคึกกับในสัตว์เลื้อยลูกค้ำยน้ำนม (เป็น heterodont) แต่ฟันปลาแต่ละชนิดจะมีการจัดระเบียบและเรียงเป็นแถวในตำแหน่งต่างๆกัน อาจจะ อยู่โดดเดี่ยวโดยการเรียงเป็นแถวเดี่ยว (series) หรืออาจจะเป็น 2 หรือ 3 แถวก็ได้หรืออาจจะเบียด แน่นเป็นกลุ่มติดกันเป็นกระจุก (patch) บางชนิดอาจจะเรียงกันเป็นแถบ (band) จำนวนของฟันขึ้น กับชนิดของปลาอาจจะมีมากหรือน้อยก็ได้แต่ในปลาบางชนิดไม่มีฟัน ตำแหน่งฟันจะเกิดภายใน ช่องปากตามที่ต่าง ๆ กันเช่น ที่กระดูก permaxilla เรียกว่า permaxillary tooth ที่เพดานบน เรียกว่า palatine และ vomerine tooth ที่กระดูกลิ้นเรียกว่า lingual tooth ที่ช่องคอเรียกว่า pharyngeal tooth บางชนิดพบที่กระดูกแกนเหงือกและหลอดคอด้วย ชนิดของฟันในปลาแต่ละชนิดจะมีฟันที่มีรูป แบบขนาดและทำหน้าที่ต่างกันแล้วแต่อาหารที่กิน โดยจำแนกออกได้เป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

- ฟันละเอียด (citriform) หรือ (ciliform) เป็นฟันที่มีขนาดเล็กมาก ไม่มีความแข็งแรงและไม่มั่นคง สามารถโยกได้ รวมอยู่เป็นแถบหรือเป็นกระจุก พบในปลาหลังเขียวและปลาตะลุมพุก

- ฟันซี่เล็ก (villiform) มีลักษณะเรียว ไม่ยาวอยู่ติดกันเรียงเป็นแถว และเรียงกันเป็นแถบคล้ายกับ villi ในลำไส้เล็กพบในปลาเข็ม ปลาตก

- ฟันแบบ (cardiform) มีลักษณะเป็นฟันเล็กสั้น ๆ และแหลมมากอยู่บนฐานที่เป็นกระดูกคล้ายกับฟันบน (wool card) ของเครื่องสาวใย พบในปลาตก

- ฟันเขี้ยว (canine) มีลักษณะคล้ายเขี้ยวของสุนัข เป็นซี่เรียวยาวปลายแหลม อาจเป็นรูปกรวยตรง มีความแข็งแรงและมั่นคงมาก ใช้สำหรับกัดฉีก พบในปลาน้ำดอกไม้ ปลาช่อน

- ฟันลิ่ว (chisel-like) เป็นฟันปลายแบนคมแบบปลายลิ่ว ใช้เจาะของแข็งเช่น หอย ปู พบในปลาฉลาม

- ฟันตัด (incisor) มีลักษณะปลายตัดอย่างฟันหน้าของสัตว์ทะเล พบในปลาปักเป้า ปลานกแก้ว

- ฟันเป็นแผ่นแบน (tassilated plate) เป็นฟันคู่อยู่ข้างหน้าใช้สำหรับขบกัดให้แตก กัดให้ขาด

- ฟันกราม (molariform) เป็นฟันซี่ใหญ่ ใช้สำหรับบด ขบให้แตก พบในปลาฉลาม กระเบน

- ปลาที่ไม่มีฟัน ปลาม้าน้ำ จิมฟันจระเข้ ปลากระบอก ปลานวลจันทร์ทะเล

ดังนั้น ปลาที่กินแพลงค์ตอนขนาดเล็ก จะมีฟันขนาดเล็กไม่มั่นคง แข็ง ยิงปลาที่กินของเน่าเหม็นอาจจะไม่มีฟันเลยหรือมีฟันซี่เล็กมาก ถ้าเป็นปลาคูหรือปลากินสัตว์ จะมีฟันเขี้ยวไว้ฉีกเนื้อและถ้าเป็นปลาที่กินพวกของแข็งจะมีฟันบดไว้บดเปลือกให้แตกก่อน

#### 4. ลิ้น (Tongue)

ปลามีลิ้นแต่ยังไม่เจริญ เนื่องจากไม่ได้ใช้ในการคลุกเคล้าอาหาร ลิ้นปลาไม่มีกล้ามเนื้อเป็นเพียงแกนกระดูกที่มีเยื่อหุ้ม ในปลาบางชนิดจะเห็นเป็นรอยบุ๋มชัดมาก ปลาเสื่อพ่นน้ำจะอาศัยปลายลิ้นที่ค่อนข้างยาวช่วยดันเพดานปาก ให้ฉีคน้ำไปยังเหยื่อได้ ลิ้นปลาเชื่อกันว่ามีต่อมรับรส อยู่ด้วย บางชนิดมีฟัน เช่นปลากลาย ปลาสลาด

#### 5. ช่องคอ หรือ คอหอย (Pharynx)

เป็นส่วนที่ถัดจากช่องปากเข้าไปเป็นช่องแคบสั้นเหมือนปากกรวย ในบริเวณนี้จะมีซี่เหงือก ซึ่งจะสกัดกั้นอาหารแล้วส่งเข้าหลอดคอในปลาบางชนิดช่องคอจะมีฟันด้วย

## 6. ซี่กรอง (Gill raker)

ฟันที่อยู่บนแกนเหงือก gill arch ของปลาเรียกว่าซี่กรอง หรือ gill raker เมื่อเปิดกระดุกฝาเหงือกของปลาขึ้น จะพบซี่กรองอยู่บนแกนเหงือกอันดับแรก บนแกนเหงือกอันดับต่อไป อาจจะมีหรือไม่มีซี่กรองก็ได้ ซี่กรองในปลาแต่ละชนิด มีความแตกต่างกันปลาที่กินแพลงก์ตอน เช่นปลาทุง จะมีซี่กรองยาวและมีจำนวนมากเพื่อให้กรองแพลงก์ตอนกินเป็นอาหาร ปลาที่กินพืช หรือซากเน่าเยื่อซี่กรองจะไม่ละเอียด สำหรับในปลากินเนื้อ ซี่กรองอาจจะมีลักษณะเป็นตุ่ม หรือเป็นซี่สั้นๆ ปลาบางชนิดไม่มีซี่กรอง

## 7. หลอดคอ (Esophagus หรือ Gullet)

เป็นอวัยวะต่อจากช่องคอเป็นหลอดหรือท่อที่แท้จริง แต่มีขนาดสั้นมากเนื่องจากปลาไม่มีคอ ทำให้หลอดคอกมีขนาดพอกับกระเพาะอาหารทำให้การแยกอวัยวะสองส่วนนี้เป็นไปได้ยาก แต่ทราบได้จากการขยายตัวเมื่อมีอาหารผ่านเข้าไป

## 8. กระเพาะอาหาร (Stomach)

กระเพาะอาหารปลา ทำหน้าที่เช่นเดียวกับกระเพาะอาหารสัตว์ชั้นสูงทั่วไป กล่าวคือนอกจากเป็นส่วนใช้พักอาหารแล้ว ยังทำหน้าที่บดอาหารได้อีก ทั้งนี้เพราะบริเวณผนังของกระเพาะอาหารปลา มีต่อมช่วยย่อยอาหารฝังตัวอยู่ โดยทั่วไปกระเพาะอาหารปลาแบ่งออกเป็นสองส่วนคือกระเพาะอาหารส่วนต้นกระเพาะอาหารส่วนปลาย มีปลาบางชนิดที่กระเพาะอาหารส่วนปลาย มีการดัดแปลงรูปร่างไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย่อย ให้ได้มากขึ้นเรียกว่ากระเพาะอาหารเสริม พบได้ในปลากระบอก รูปร่างของกระเพาะอาหารปลามี 3 รูปแบบคือ

1.) รูปตัว บ หรือ U - shaped เรียกว่า siphonal type พบในปลาแรด มองดูคล้ายกับเป็นถุง

2.) รูปตัว ง หรือ j - shaped เรียกว่า caecal type กระเพาะจะงอจุ่มเป็นมุมแหลมจนไม่มีส่วนของก้นถุงพบในปลาฉลาม

3.) เหยียดตรง หรือ straight type โดยที่กระเพาะส่วนต้นและส่วนปลาย อยู่ต่อกันพบในปลาลิ้นหมา ปลาช่อน กระเพาะอาหารทำหน้าที่เป็นที่พักอาหารและย่อยอาหาร โดยใช้น้ำย่อยจากต่อมน้ำย่อยที่มีในผนังของกระเพาะ สำหรับในปลาที่หาอาหารยากจะมีกระเพาะใหญ่มาก สำหรับเก็บอาหารที่มันล่าได้ในครั้งหนึ่งๆ กินปลา (gizzard) เป็นกระเพาะที่ช่วยในการย่อยอาหารอยู่ตรงส่วนท้ายสุดของกระเพาะอาหารพบในปลาโคก

## 9. ลำไส้เล็ก (Small intestine)

แยกออกจากกระเพาะด้วย pyloric sphincter เป็นอวัยวะที่ยาวที่สุดในระบบย่อยอาหาร อาจจะเป็นท่อเหยียดตรงหรือขม้วน ภายในลำไส้จะมีลิ้นเล็กๆ ตามยาวเกิดขึ้นทำให้มีช่องเล็กๆ เรียกว่า typhlosole ระหว่างลิ้นเป็นจำนวนมาก ลำไส้เล็กแบ่งเป็น 3 ตอน

- 1.) Duodenum เป็นตอนที่ยาวกว่าส่วนอื่นอยู่ถัดจากส่วนท้ายของกระเพาะอาหาร ทอดยาวไปทางหาง อาจจะมีขดยาวเล็กน้อยมีสีดำกว่ากระเพาะมีกล้ามเนื้อห่อหุ้มไว้เป็นที่อยู่ของไส้ติ่ง (pyloric caeca)
- 2.) Jejunum ถัดจากตอนแรกขนาดสั้นกว่า สีและขนาดไม่แตกต่าง ส่วนนี้อาจจะวกไปทางหัว
- 3.) Ilium สั้นและแคบกว่าส่วนอื่น ๆ และเหยียดไปทางหาง ในปลาที่กินเนื้อ ลำไส้เล็กจะสั้นกว่าปลาที่กินพืช ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อย่อยได้เร็วและย่อยในกระเพาะอาหาร ได้ดีกว่าลำไส้เล็ก

## 10. ไส้ติ่ง (Pyloric caeca)

เป็นหลอดปลายตัน บางครั้งเรียกว่า ไส้ตันเป็นถุงเล็กๆ มีขนาดความกว้างยาวต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาเนื้ออ่อนจะไม่มีไส้ติ่ง ปลาไหลบางชนิดมี 1 อัน ปลาช่อนมี 2 อัน ในปลาลิ้นหมา มี 2-3 อัน และปลาทุ้มมีมากกว่า 200 อัน ไส้ติ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อปลาที่กินแพลงค์ตอนเป็นอาหารสำหรับในปลาที่กินเนื้ออาจจะไม่ได้ใช้ประโยชน์

## 11. ลำไส้ใหญ่ (Large intestine)

เป็นส่วนสุดท้ายของทางเดินอาหาร ต่อจากลำไส้เล็ก แยกจากลำไส้เล็กโดยรอยข้อศอกภายในจะมีรอยข่นมากกว่าลำไส้เล็ก ในปลากระดูกอ่อนจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนต้นเรียกว่า rectum ส่วนปลายเรียกว่า cloaca แต่ในปลากระดูกแข็งจะมี rectum ถึง anus เลย สำหรับในปลากระดูกอ่อน จะมีการพัฒนาภายใน เพิ่มพื้นที่ในการดูดซึมอาหารตรงส่วนต้นของลำไส้ใหญ่ โดยสร้างผนังบิดเป็นบันไดเวียนเรียกว่า spiral valve หรือเป็นแบบขม้วนเสีย

ต่อมทำหน้าที่สร้างน้ำย่อยต่าง ๆ เพื่อใช้ย่อยอาหารในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก ต่อมาต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

1. ต่อมในกระเพาะอาหาร (Gastric gland) พบในผนังกระเพาะอาหาร เฉพาะปลา กินเนื้อเท่านั้น ทำหน้าที่สร้างกรดเกลือ และสาร Pepsinogen ใช้ย่อยโปรตีน ค่า pH ของน้ำย่อยจะอยู่ในช่วง 2.4 – 3.6
2. ตับ (Liver) ต่อมที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารมีพื้นที่มากที่สุด ตับปลาเนื้อจะ มีขนาดใหญ่กว่าตับปลากินพืช หน้าที่คือสร้างน้ำย่อยส่งไปสู่ลำไส้เล็ก ส่วนหน้าที่อื่นๆ ได้แก่ การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บสะสมอาหารจำพวกไขมัน ทำหน้าที่แยกของเสียที่เป็นค่างจากน้ำดีเก็บไว้ภายในตับ ส่วนน้ำดีที่บริสุทธิ์ จะนำออกจากตับ ไปเก็บที่ถุงน้ำดี

3. ตับอ่อน (Pancreas) ในปลากระดูกอ่อนมักพบอยู่รวมกัน ในปลากระดูกแข็งจะกระจายตัวออกไป ปลาบางชนิด ตับอ่อนจะลดขนาดลง เหลือเพียงเป็นแถบเส้นสีขาว ๆ เท่านั้น แต่ในปลาบางชนิดบางส่วนของตับอ่อนจะฝังตัวอยู่ในตับ ตับอ่อนเราจัดว่าเป็นทั้งต่อมมีท่อและไม่มีท่อ ถ้าเป็นต่อมมีท่อ Exocrint gland ผลิตน้ำย่อย 3 ชนิด สำหรับย่อยแป้ง (amylase) สำหรับย่อยโปรตีน (trypsin) และน้ำย่อยสำหรับย่อยไขมัน (strepsin) ส่วนต่อมที่ไม่มีท่อ endocrine gland ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมน insulin ควบคุมปริมาณน้ำตาลในร่างกาย

4. ถุงน้ำดี (Gall bladder) เป็นอวัยวะมีผนังบางใส ภายในบรรจุน้ำดีมีสีเขียวหรือสีน้ำตาล น้ำดีจะทำหน้าที่ตัวปรับค่าความเป็นกรด ค่าง ของน้ำย่อยให้เหมาะสมในการส่งผ่านท่อน้ำดีไปเปิดเข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้น

5. ไส้คั่ง (Pyloric Caeca) เป็นอวัยวะที่พบในส่วนท้ายของกระเพาะอาหาร และจะพบเฉพาะในปลาบางชนิดเท่านั้นที่ช่วยดูดซึมอาหารอีกด้วย

### 3.3 คำบรรยายประกอบแบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
	บทนำ	แบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็งแสดงให้เห็นถึงอวัยวะภายในช่องตัวของปลากระดูกแข็งซึ่งจะมีอวัยวะที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารและต่อมสมทบ ระบบขับถ่ายของเสีย ระบบสืบพันธุ์ ซึ่งจะสามารถใช้ประกอบการสอนในเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้ได้เป็นอย่างดี
	อวัยวะภายในของปลา	อวัยวะภายในของปลาจะแบ่งได้เป็นสองส่วนคืออวัยวะภายในส่วนหัวซึ่งที่หัวจะมีกระดูกปิดเหงือก 1 คู่ปิดเหงือกไว้ภายใน และอวัยวะภายในช่องลำตัวซึ่งจะมีอวัยวะภายในระบบต่าง ๆ อยู่ ช่องตัวประกอบด้วยช่องรอบหัวใจ และช่องท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
1.	<p>ระบบทางเดินอาหาร</p> <p>ปาก</p>	<p>เป็นช่องเปิดที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย ทำหน้าที่ในการรับอาหาร รับน้ำเพื่อหายใจ ช่วยในการซึบเกาะ บางชนิดใช้ในการต่อสู้ศัตรู บางชนิดใช้ในการหาอาหาร ก่อนถึงปากจะมีส่วนที่เรียกว่า จะงอยปาก snout โดยเริ่มจากปลายหน้าสุดของส่วนหน้าจนถึงหน้าดวงตา</p>
2.	<p>หลอดคอ</p>	<p>หลอดคอ (Esophagus) เป็นอวัยวะต่อจากช่องคอเป็นหลอดหรือท่อที่แท้จริง แต่มีขนาดสั้นมากเนื่องจากปลาไม่มีคอ ทำให้หลอดคามีขนาดพอกับกระเพาะอาหาร ทำให้การแยกอวัยวะสองส่วนนี้เป็นไปได้ยาก แต่ทราบได้จากการขยายตัวเมื่อมีอาหารผ่านเข้าไป</p>
3.	<p>กระเพาะอาหาร</p>	<p>ทำหน้าที่เช่นเดียวกับกระเพาะอาหารสัตว์ชั้นสูงทั่วไป กล่าวคือนอกจากเป็นส่วนใช้พักอาหารแล้ว ยังทำหน้าที่บดอาหาร ได้อีก ทั้งนี้เพราะบริเวณผนังของกระเพาะอาหารปลา มีต่อมช่วยย่อยอาหารฝังตัวอยู่ โดยทั่วไปกระเพาะอาหารปลาแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ กระเพาะอาหารส่วนต้น และกระเพาะอาหารส่วนปลาย</p>
4.	<p>ไส้ติ่ง</p>	<p>เป็นอวัยวะที่พบในส่วนท้ายของกระเพาะอาหาร และจะพบเฉพาะในปลาบางชนิดเท่านั้นที่ช่วยดูดซึมอาหารอีกด้วย</p>
5.	<p>ถุงน้ำดี</p>	<p>เป็นอวัยวะมีผนังบางใส ภายในบรรจุน้ำดีมีสีเขียวหรือสีน้ำเงิน น้ำดีจะทำหน้าที่ตัวปรับค่าความเป็นกรด ต่างของน้ำย่อยให้เหมาะสมในการส่งผ่านท่อน้ำดีไปเปิดเข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้น</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
6.	คับ	ต่อมที่เกี่ยวเนื่องกับการย่อยอาหารมีพื้นที่มากที่สุด คับ ปลากินเนื้อจะมีขนาดใหญ่กว่าคับปลากินพืช หน้าที่คือ สร้างน้ำย่อยส่งไปสู่ลำไส้เล็ก ส่วนหน้าที่อื่นๆ ได้แก่ การเก็บสะสมอาหารจำพวกไขมัน ทำหน้าที่แยกของ เสียที่เป็นคั่งจากน้ำดีเก็บไว้ภายในคับ ส่วนน้ำดีที่ บริสุทธิ์ จะนำออกจากคับไปเก็บที่ถุงน้ำดี
7.	ลำไส้เล็ก	เป็นอวัยวะที่ยาวที่สุดในระบบย่อยอาหาร อาจจะเป็น ท่อเหยียดตรงหรือขดม้วน ภายในลำไส้จะมีลิ้นเล็ก ๆ ตามยาวเกิดขึ้นทำให้มีช่องเล็ก ๆ เรียกว่า typhosole ระหว่างลิ้นเป็นจำนวนมาก ลำไส้เล็กแบ่งเป็น 3 ตอนคือ Duodenum Jejunum และ Ileum
8.	ลำไส้ใหญ่	เป็นส่วนสุดท้ายของทางเดินอาหาร ต่อจากลำไส้เล็ก แยกจากลำไส้เล็กโดยรอยขอด ผิวภายในจะมีรอยข่น มากกว่าลำไส้เล็ก ในปลากะตุกอ่อนจะแบ่งออกเป็น สองส่วน ส่วนคั่นเรียกว่า rectum ส่วนปลายเรียกว่า cloaca แต่ในปลากะตุกแข็งจะมี rectum ถึง anus เลข
9.	ทวารหนัก	เป็นจุดสิ้นสุดของระบบทางเดินอาหาร เป็นอวัยวะ สำหรับขับถ่ายของเสีย
10.	อวัยวะภายใน ไต	ไตมี 1 คู่ อยู่เหนืออุ้งลมใต้กระดูกสันหลัง ท่อไตนำของ เสียไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ(Urinary bladder) ที่อยู่ ด้านหลังของปลายท่อปัสสาวะ ของเสียขับถ่ายออกไป ทาง Urogenital pore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
11.	อุ้งลม	อยู่ทางด้านหลังของช่องท้องเหนือกระเพาะอาหารและอวัยวะสืบพันธุ์ ลักษณะเป็นถุงยาวออกมาจากคอกอหอยในปลาบางชนิดจะทำหน้าที่คล้ายปอด แต่ในปลาส่วนมากจะทำหน้าที่ในการทรงตัว ปลากระดูกอ่อนไม่มีกระเพาะลม
12.	รังไข่	ลักษณะเป็นก้อนขาว 1 คู่อยู่เหนือลำไส้ตอนท้ายมีท่อหน้าไข่เปิดร่วมกับท่อปัสสาวะแล้วเปิดออกภายนอกหลังรูทวาร รูนี้เรียกว่า Urogenital pore
13.	เหงือก	เหงือกปลาโดยปกติจะมี 4 คู่ ประกอบด้วยเหงือก (gill arch) ซึ่งมีกระดูกอ่อนค้ำจุน ด้านหนึ่งของแกนเหงือกมีซี่เหงือก (gill filament) งอกออกมาเป็นคู่ ๆ เรียงเป็นแถว
14.	หัวใจ	เป็นอวัยวะในระบบหมุนเวียนโลหิต ลักษณะเป็นก้อนสีแดงเข้มอยู่ใต้เหงือก หัวใจมี 2 ห้อง คือ Atrium รับเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแล้วส่งเข้า Ventricle เพื่อส่งไปฟอกที่เหงือก จากเหงือกขนส่งเลือดที่ฟอกแล้วไปเลี้ยงร่างกาย
15.	กระดูกซี่โครง	บริเวณซี่โครงจะมีก้าง (rib) อยู่ 2 ชนิด คือ Plural rib และ ventral rib ซึ่งจะเจริญอยู่ทางส่วนล่างบริเวณช่องอกและช่องท้องของปลา และ epipleural หรือ dorsal rib ซึ่งเจริญอยู่ภายในเชื่อมกันตามแนวราบ และเกาะยึดกับผิวด้านหลังของ pleural rib ด้วยเอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
16.	กระดูกสันหลัง	กระดูกสันหลังประกอบด้วยข้อกระดูก เรียกว่า vertebra ต่อกันเป็นข้อ ๆ จากปลายสุดของกะโหลกศีรษะจนถึงส่วนหาง ในแต่ละข้อประกอบด้วยแท่งทรงกระบอกรัดกัน
17.	กระดูกค้ำจุนครีบทหลัง	กระดูกภายในตัวปลาที่ค้ำจุนครีบทเดี่ยวประกอบด้วยกระดูก 3 ชุด ชุดในสุดเป็น median skeletogenoes septum อยู่ระหว่าง neural spine 2 อัน เรียกว่า proximal pterygiophore (axonost) ซึ่งเจริญมาจากกระดูก interneural ถัดจากชั้นนี้จะเป็นกระดูกชุดกลาง เรียกว่า intermediate pterygiophore กระดูกชุดนอกสุด คือ distal pterygiophore (baseost) ซึ่งจะติดกับกระดูกค้ำจุนแผ่นครีบท

### 3.4 วิธีการดำเนินการ

#### 3.4.1 อุปกรณ์ในการจัดทำอุปกรณ์ประกอบการสอนมีดังนี้

1. ดินน้ำมัน	2	กิโลกรัม
2. ยางซิลิโคน	1	กิโลกรัม
3. ใส่น้ำมัน	3	กระป๋อง
4. พู่กัน	2	ด้าม
5. สีเคลือบเงา	1	กระป๋อง
6. ปูนปลาสเตอร์	2	กิโลกรัม
7. ไม้กระดาน	1	แผ่น
8. เรซิน+น้ำยาเร่ง	2	กิโลกรัม
9. โครงเหล็ก	1	โครง
10. แผ่นฟิล์มที่ใช้แล้ว	1	ม้วน
11. เครื่องมือปั้นแกะสลัก	1	ชุด
12. ฟิล์มสี	1	ม้วน
13. กระดาษ A4	1	รีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ฟ้าย่ามะหยี่	1	ปลา
15. เครื่องคอมพิวเตอร์	1	เครื่อง
16. ตู้พลาสติกครอบ	1	ตู้
17. กาวลาเท็กซ์	1	กระป๋อง
18. กาวยาง	1	กระป๋อง
19. เครื่องมือผ่าตัด	1	ชุด

### 3.4.2 วิธีการดำเนินการ

การจัดทำปัญหาพิเศษในรูปแบบหุ่นจำลอง เรื่องระบบทางเดินอาหารของปลา กระจกแข็ง ได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม สาขาวิชาประมง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อสร้างแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระจกแข็ง ในการเรียนการสอนวิชา มินิวิทยา (สทศ 2301) ในหัวข้อเรื่องอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการกินอาหาร และการย่อยอาหาร จะสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนในบทที่ 3 เรื่องลักษณะภายนอกของปลา เวลาสอน 3 คาบ ในบทที่ 4 เรื่องระบบโครงสร้างระบบกล้ามเนื้อ และการเคลื่อนไหว ใช้เวลาสอน 4 คาบ ในบทที่ 5 เรื่องระบบทางเดินอาหารและต่อมสมทบ ใช้เวลาสอน 4 คาบ ซึ่งจะสัมพันธ์กับภาคปฏิบัติ ในบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องลักษณะภายนอก เวลาสอน 3 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องระบบโครงสร้างของร่างกาย เวลาสอน 6 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องทางเดินอาหารและต่อมสมทบเวลาสอน 6 คาบ ในบทปฏิบัติการที่ 7 เรื่องอวัยวะภายใน เวลาสอน 3 คาบ จึงได้จัดทำสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบของหุ่นจำลองที่มีอัตราส่วนเท่ากับของจริงของปลานิล ซึ่งในการทำแบบจำลองครั้งนี้ได้ใช้ปลานิล (*Nile tilapia*) เป็นแม่แบบ

2. ศึกษาวิธีการทำหุ่นจำลองแสดงระบบทางเดินของปลากระจกแข็ง โดยการศึกษาจากเอกสารตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการทำหุ่นจำลอง การหล่อ การปั้น

3. เสนอโครงร่างปัญหาพิเศษ พร้อมขออนุมัติทำโครงร่างปัญหาพิเศษ

4. วางแผนในการสร้างหุ่นจำลองและภาคเอกสาร

5. จัดทำโครงเหล็กขนาดเท่าของจริงของปลานิล เพื่อใช้เป็นโครงสร้างของแม่แบบ โดยใช้วิธีการตัดเหล็กกลวดและทำฐานรองให้มั่นคง

6. ใช้ดินน้ำมันปั้นเป็นรูปตัวปลาบนโครงเหล็ก จากนั้นทำการแกะลวดลายบนดินน้ำมันให้เหมือนตัวจริงของปลานิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ขั้นตอนทำพิมพ์ยางก่อนทาทายจะต้องกะขนาดแม่พิมพ์ครึ่งตัวปลาเป็นสองซีก แล้วใช้ฟิล์มตัดเป็นแผ่นกันตามแนวยาวกึ่งกลางของลำตัว

8. จากนั้นใช้ยางซีลีโคนที่ผสมตัวเสร็จแล้ว โดยกะประมาณให้พอดี ทาไปที่ตัวปลา ด้านใดด้านหนึ่งก่อนแล้วรองยางแข็งตัวหลังจากนั้นทาทายลงอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ

9. เทปูนปลาสเตอร์ด้านที่ทาทายเสร็จแล้ว เรียกว่าการทำพิมพ์ครอบเพื่อให้ยางคงรูปร่าง ทิ้งไว้จนปูนปลาสเตอร์แข็งตัวแล้วพลิกอีกด้านหนึ่งขึ้นมาทำลักษณะเดียวกันแต่ก่อนทำต้องทาน้ำสบู่ก่อนเพื่อป้องกันยางติดกันกับอีกด้านที่ทำเสร็จแล้ว

10. เมื่อรองปูนแข็งตัวเราก็ถอดพิมพ์ออกก็จะได้พิมพ์ยางที่เสร็จสมบูรณ์ จากนั้นก็เป็นขั้นตอนการหล่อเรซิน

11. ขั้นตอนการหล่อเรซิน เมื่อได้พิมพ์ยางแล้วเราก็นำมาประกบกัน แล้วเทเรซินที่ผสมน้ำยาเสร็จแล้วลงไป โดยการกรอกเรซินลงในรูเล็ก ๆ ที่เจาะไว้ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว แล้วแกะออกมา ก็จะได้ชิ้นงานที่เป็นเรซิน

12. ต่อจากนั้นก็ระบายสีลงบนตัวปลาที่เราหล่อออกมา ก็จะได้ผลงานตามรูป

13. ขั้นการตกแต่งส่วนต่าง ๆ ให้เรียบร้อยและให้มีความคงทนถาวรมากที่สุด

14. ดัดชื่อและหมายเลขส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของแบบจำลอง

15. ตรวจสอบความเรียบร้อย และจัดทำตู้พลาสติกครอบ

16. จัดทำภาคเอกสารและจัดพิมพ์

17. ตรวจสอบความสมบูรณ์กับอาจารย์ที่ปรึกษา

18. นำปัญหาพิเศษเสนอต่อคณะกรรมการเพื่อการประเมินผล

19. จัดทำภาคเอกสารและจัดพิมพ์ปัญหาพิเศษฉบับสมบูรณ์

## บทที่ 4

### การตรวจสอบอุปกรณ์และการแก้ไข

#### 4.1 วิธีการตรวจสอบแบบจำลอง

ในการสร้างอุปกรณ์หรือแบบจำลองในครั้งนี้ เพื่อนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชามีนวิทยา (สทศ 2301) ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) การที่จะทำให้สื่อนั้นมีคุณภาพได้นั้นต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ในด้านต่าง ๆ เพื่อที่จะมีผลต่อการนำไปใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน และทำให้ผู้เรียนนั้นมีความเข้าใจในเนื้อหาส่วนต่าง ๆ ของแบบจำลองได้ง่ายยิ่งขึ้น พร้อมทั้งทำให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จมากขึ้น อาจจะเป็นในด้านการมองเห็นเหมือนของจริงและเข้าใจในเรื่องระบบทางเดินอาหารและอวัยวะต่าง ๆ ของปลากระดูกแข็ง ในการตรวจสอบอุปกรณ์นั้นมีขั้นตอนและรายละเอียดที่ตรวจสอบดังนี้

1. ความมั่นคงของฐาน
2. ความเหมาะสมของขนาด
3. ความคมชัดสมจริงของสีสັນ
4. ความถูกต้องของรูปทรง
5. ความเด่นชัดของอวัยวะภายในและโครง กระดูกบางส่วน
6. ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการสอน
7. ความสอดคล้องกับเนื้อหา
8. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
9. ความสะดวกในการเก็บรักษา

#### 4.2 แบบประเมินคุณภาพอุปกรณ์ประกอบการสอน

นายวีระพันธ์ มากนคร

ปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ และเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้

##### 1. แบบประเมินคุณภาพแบบจำลอง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความมั่นคงของฐาน</li> <li>- ความเหมาะสมของขนาด</li> <li>- ความคมชัดสมจริงของสีสัณ</li> <li>- ความถูกต้องของรูปทรง</li> <li>- ความเด่นชัดของอวัยวะภายในและ โครงกระดูกบางส่วน</li> <li>- ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการสอน</li> <li>- ความสอดคล้องกับเนื้อหา</li> <li>- ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย</li> <li>- ความสะดวกในการเก็บรักษา</li> </ul>				

ข้อเสนอแนะ.....  
 .....  
 .....

(.....)

ผู้ประเมิน

## 2. แบบประเมินเนื้อหาของแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
- เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์การสอน - ความสอดคล้องกับหุ่นจำลอง - การเรียบเรียงเนื้อหาถูกต้อง - ความเหมาะสมกับระดับความรู้ ปวส.				

ข้อเสนอแนะ.....  
 .....  
 .....

(.....)  
 ผู้ประเมิน

### 4.3 ผลการตรวจสอบ

ในการประเมินคุณภาพของแบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง ได้ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การประเมินด้านคุณภาพแบบจำลอง โดยอาจารย์พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์ ได้ประเมินผลและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคุณภาพแบบจำลองดังนี้

ความเหมาะสมของขนาด ผลการประเมินดี

ความเหมาะสมของขนาด ผลการประเมินดี

ความคมชัดสมจริงของสีสัน ผลการประเมินดี

ความถูกต้องของรูปทรง ผลการประเมินดี

ความเด่นชัดของอวัยวะภายในและ โครงกระดูกบางส่วน ผลการประเมินดี

ความเหมาะสมในการใช้ประกอบ ผลการประเมินดี

ความสอดคล้องกับเนื้อหา ผลการประเมินดี

ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ผลการประเมินดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสะดวกในการเก็บรักษา ผลการประเมินดี

ข้อเสนอแนะ ควรเน้นจุดที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เช่น ถ้า ควรจะมีบางจุดที่ถอดประกอบได้ เพื่อเป็นจุดสนใจในการสอนในชั้นเรียน

2. ด้านเนื้อหาในการทำแบบจำลองโดยอาจารย์ราตรี ไชยคำภาเป็นผู้ประเมินได้ ประเมินผลและเสนอแนะมาดังนี้

เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์การ ผลการประเมินดี

ความสอดคล้องกับหุ่นจำลอง ผลการประเมินพอใช้

การเรียบเรียงเนื้อหาถูกต้อง ผลการประเมินดี

ความเหมาะสมกับระดับความรู้ ปวส. ผลการประเมินดี

ข้อเสนอแนะ ในด้านเนื้อหาตรงทางเดินอาหารส่วนปาก ควรมีการคำแสดงรายละเอียดด้วยก็จะทำให้ชัดเจนมากขึ้น รายละเอียดเนื้อหาบางอย่างเป็นอวัยวะภายในไม่ใช่อวัยวะในการย่อยอาหารทั้งหมด รวมทั้งถ้าหากอวัยวะแต่ละส่วนสามารถถอดออกได้ก็จะดี

#### 4.4 การปรับปรุงแก้ไข

จากผลการประเมินได้รับคำแนะนำจากผู้ประเมินและได้ทำการแก้ไขดังนี้คือ

1. ด้านสีของตัวเลขที่ใช้ในการบอกตำแหน่งของอวัยวะต่าง ๆ และได้ทำการแก้ไขคือการเปลี่ยนสีของตัวเลขใหม่ให้มีความเด่นชัดมากขึ้นกว่าเดิม

2. ด้านการทำป้ายบอกตำแหน่งของอวัยวะ ควรให้สอดคล้องและมีความเด่นชัดมากขึ้น และได้ทำการแก้ไขดังนี้คือ การทำป้ายใหม่และจัดวางในลักษณะที่สามารถมองเห็นได้เด่นชัดมากยิ่งขึ้น

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ เป็นการจัดทำอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน ประเภทแบบจำลอง เรื่อง ระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง เพื่อแสดงให้เห็นระบบทางเดินอาหารและอวัยวะภายในของปลากระดูกแข็ง เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชามินิวิทา รหัสวิชา สกม 2301 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในการทำแบบจำลองนี้เพื่อประโยชน์ในการเรียนวิชามินิวิทาและวิชาที่ต้องศึกษาถึงลักษณะภายนอก ภายในของปลากระดูกแข็ง ซึ่งแบบจำลองนี้จะทำให้ผู้สอนสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์ที่เป็นตัวปลาจริง ซึ่งจะยุ่งยากและเป็นการเสียเวลามากในการจัดหาปลาจริงมาแสดงในการเรียนการสอน

การจัดทำแบบจำลองเรื่องระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็งก่อนทำจะต้องวิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตของปัญหาพิเศษ จากนั้นจึงทำการศึกษาขั้นตอนการทำแบบจำลองและวิธีการต่าง ๆ ในการทำแบบจำลอง ในการใช้วัสดุพวกปูนปลาสเตอร์ พลาสติกขั้นตอนการหล่อ การผสมปูน การผสมเรซินและขั้นตอนการปฏิบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การทำแบบจำลองต้องใช้เวลาในการทำมากเนื่องจากต้องทำเป็นขั้นตอนหลายขั้นตอนคือต้องเริ่มจากการปั้นปลาขึ้นมาเป็นแม่แบบ แล้วทำพิมพ์ยาง เมื่อพิมพ์ยางแห้งก็ต้องใช้ปูนปลาสเตอร์ทำพิมพ์ครอบอีกที จากนั้นจึงจะสามารถหล่อพลาสติกหรือเรซินได้ เมื่อทำการหล่อเสร็จแล้ว ก็เป็นขั้นตอนการลงสีซึ่งนับได้ว่าเป็นขั้นตอนที่ยากเนื่องจากการทำแบบจำลองประเภทนี้จะต้องเลียนแบบของจริง การที่เราจะผสมสีและทาสีให้ได้ โดดเดี่ยวหรือเหมือนธรรมชาตินั้นเป็นไปได้ยากมากทีเดียว ดังนั้นในการทำผู้จัดทำจึงต้องปรึกษาหาความรู้เรื่องการทำแบบจำลองและเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งด้านเทคนิคการใช้สี การหล่อ การปั้น หรือเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ด้าน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ เป็นการจัดทำอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน ประเภทแบบจำลอง เรื่อง ระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง เพื่อแสดงให้เห็นระบบทางเดินอาหารและอวัยวะภายในของปลากระดูกแข็ง เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชามินิวิทา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รศวิชา สกม 2301 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 ประเภทวิชาเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในการจัดทำได้มีการใช้วัสดุในการทำได้แก่ ปูนปลาสเตอร์ พลาสติกเหลวหรือเรซิน ดินน้ำมัน และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอีกหลายอย่าง ผู้จัดทำได้มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษในลักษณะนี้อีก ในวาระต่อไปดังนี้คือ

5.2.1 การทำแบบจำลองจะต้องมีการทำแม่แบบก่อนดังนั้น ในการทำแม่แบบต้องพิถีพิถันมากเนื่องจากถ้าแม่แบบไม่ดีผลงานที่ได้ก็จะไม่ดีตามไปด้วย ดังนั้นการทำให้ได้แม่แบบที่ดีที่สุดจึงจะสามารถหล่อแบบจำลองให้ลักษณะดีดังที่ผู้จัดทำต้องการได้

5.2.2 การหล่อพลาสติกจะต้องผสมตัวเร่งให้ได้อัตราส่วนที่พอดีเพราะถ้าผสมน้ำยาเร่งไม่ดี พลาสติกหล่อที่ได้ก็จะไม่ดีเท่าที่ควร

5.2.3 การทำแบบจำลองเป็นการทำอุปกรณ์ชนิดที่ต้องลงทุนสูง ดังนั้นผู้จัดทำไม่ควรจะทำให้มีการผิดพลาดเพราะจะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นและจะเป็นการสิ้นเปลืองเงินทุนอย่างยิ่ง

5.2.4 ในการทำแบบจำลองการเลือกสีสัณก็เป็นเรื่องที่ยากอีกอย่างหนึ่ง ดังนั้นผู้ที่คิดจะทำจะต้องศึกษาเกี่ยวกับการทำสี การเลือกใช้สีให้เหมาะสมเพื่อความสมบูรณ์ของแบบจำลอง

### บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอ็ดมันเพรสโปรดักส์, 2536.
- เกื้อกุล คุปรัตน์. โสตทัศนศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุณพิณอักษรกิจ, 2528.
- ฉรงค์ สมพงษ์. สื่อเพื่องานส่งเสริมเผยแพร่. พิมพ์ครั้งที่ 2. ชลบุรี : โรงพิมพ์โอเคียนสโตร์, 2535.
- นิตยา เลาหะจินดา. วิวัฒนาการของสัตัว. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ลินคอร์น, 2539.
- นิพนธ์ สุขปรัดดี. โสตทัศนศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แพรววิทยา, 2528.
- บพิรและนันทพร จารุพันธ์. สัตัววิทยา : ปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ : รุ่งวัฒนาการพิมพ์, 2528.
- บพิรและนันทพร จารุพันธ์. สัตัววิทยา. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.
- เป็ยศรี วิวิษศิริ. สื่อสำหรับการศึกษาคู่ใหญ่และการศึกษานอกโรงเรียน. ภาควิชาการศึกษาผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2527.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. เคลือบรูปพลาสติก. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2521.
- ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับเฉลิมพระเกียรติ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช, 2531.
- ศักดิ์ สุขปรัดดี. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิมพ์เนต, 2523.
- ศักดิ์ สุขปรัดดี. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ชลบุรี : โรงพิมพ์โอเคียนสโตร์, 2533.
- วัลลภ ไชยพรหม. เทคโนโลยีพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุริยาสาน, 2530.
- วาสนา ชาวหา. เทคโนโลยีทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์, 2522.
- วาสนา ชาวหา. สื่อการเรียนการสอน. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. ชลบุรี : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์, 2533.
- สุโขทัยธรรมาราช, มหาวิทยาลัย. เทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช, 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สันทัต ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข. สื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ :  
โรงพิมพ์พีระทัศน์, 2523 .

สืบสิน สนธิรัตน์. ชีววิทยาปลา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช, 2527.

สมเชาว์ เนตรประเสริฐ. เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :  
ฝ่ายการพิมพ์สำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

สมบูรณ์ สงวนญาติ. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 41,  
2534 .

โอวาท พูลศิริ. โสตทัศนศึกษา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า  
คุณทหารลาดกระบัง, 2523.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพอุปกรณ์ประกอบการสอน

นายวีระพันธ์ มากนคร

ปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ และเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. แบบประเมินคุณภาพแบบจำลอง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
- ความมั่นคงของฐาน			✓	
- ความเหมาะสมของขนาด			✓	
- ความคมชัดสมจริงของสีต้น			✓	
- ความถูกต้องของรูปทรง			✓	
- ความเด่นชัดของอวัยวะภายในและ โครงกระดูกบางส่วน			✓	
- ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการสอน			✓	
- ความสอดคล้องกับเนื้อหา			✓	
- ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย			✓	✓
- ความสะดวกในการเก็บรักษา			✓	

ข้อเสนอแนะ... ควรนำจุดที่เกี่ยวกับเนื้อหา เช่น สี วัสดุ: มี  
บางจุดที่ถอดได้ เพื่อเป็นจุดสนใจในทรานสแลนในชั้นเรียน

(.....)  
.....

ผู้ประเมิน

## 2. แบบประเมินเนื้อหาของแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
- เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์การสอน				
- ความสอดคล้องกับหุ่นจำลอง				
- การเรียบเรียงเนื้อหาถูกต้อง				
- ความเหมาะสมกับระดับความรู้ ปวส.				

ข้อเสนอแนะ.....  
 .....  
 .....



(.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพอุปกรณ์ประกอบการสอน

นายวีระพันธ์ มากนคร

ปัญหาพิเศษเรื่อง แบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดูกแข็ง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ และเติมข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. แบบประเมินคุณภาพแบบจำลอง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
- ความมั่นคงของฐาน				✓
- ความเหมาะสมของขนาด		✓		
- ความคมชัดสมจริงของสีสัน			✓	
- ความถูกต้องของรูปทรง				✓
- ความเด่นชัดของอวัยวะภายในและโครงกระดูกบางส่วน			✓	
- ความเหมาะสมในการใช้ประกอบการสอน		✓		
- ความสอดคล้องกับเนื้อหา		✓		
- ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย				✓
- ความสะดวกในการเก็บรักษา				✓

ข้อเสนอแนะ.....แบบจำลองควรทำขนาดใหญ่ชัดเจนมองเห็นทั่วทั้งชิ้น.....

.....

.....

ผู้ประเมิน  
(นายวีระพันธ์ มากนคร)

ผู้ประเมิน

## 2. แบบประเมินเนื้อหาของแบบจำลองระบบทางเดินอาหารของปลากระดุกแข็ง

หัวข้อการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ต้องแก้ไข	พอใช้	ดี	ดีมาก
- เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์การสอน			✓	
- ความสอดคล้องกับหุ่นจำลอง		✓		
- การเรียบเรียงเนื้อหาถูกต้อง			✓	
- ความเหมาะสมกับระดับความรู้ ปวส.			✓	

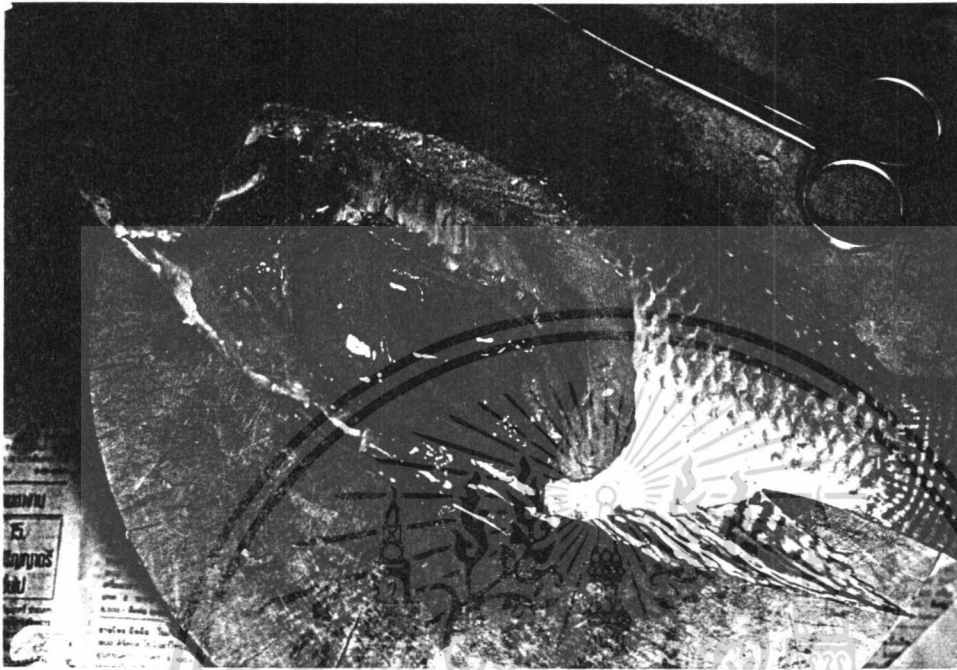
ข้อเสนอแนะ..... ในด้านเนื้อหาตรงทางเดินอาหารส่วนปากควรเพิ่มภาพแสดงรายละเอียดของ  
กระดูกที่หักลงบนพื้น..... ยกปลาเขี่ยหรือเทบางช่วงเป็นอวัยวะบนไม้ไผ่หรือตะแกรง  
ในกรณีของอาหารทั้งหมด..... รวมทั้งใส่ภาพอวัยวะส่วนที่เหลือสามารถดูได้ก็ชัดเจนมาก

ธวัช ใจ  
(อาจารย์วิชาชีววิทยา)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างปลาที่นำมาทำแบบจำลอง



ภาพที่ 2 แสดงการทำโครงสร้างของแม่แบบ

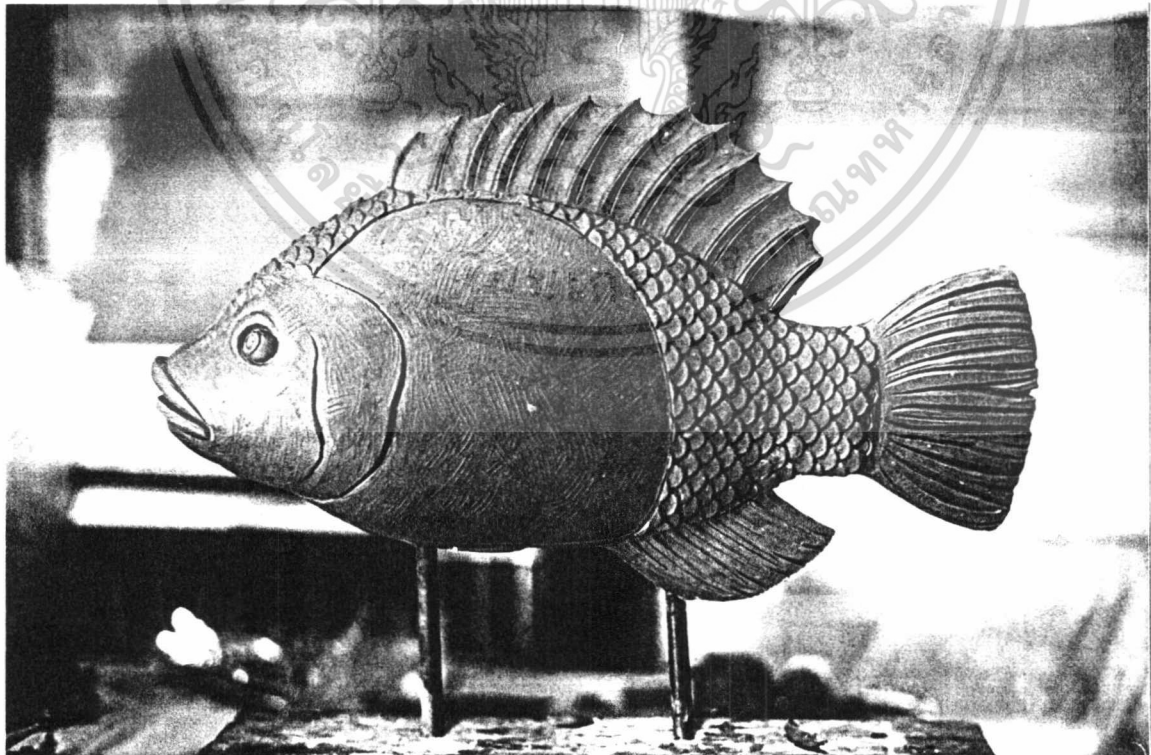


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงการทำแม่แบบด้วยดินน้ำมัน

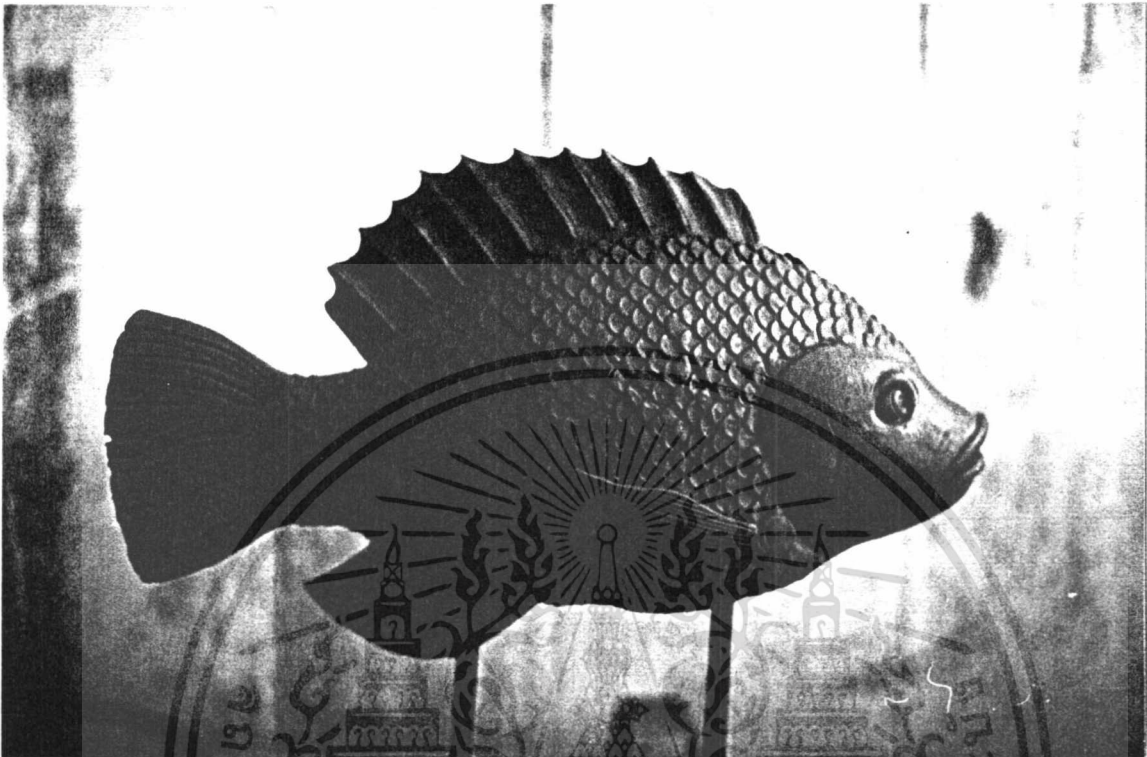


ภาพที่ 4 แสดงการตกแต่งลวดลายบนแม่แบบ

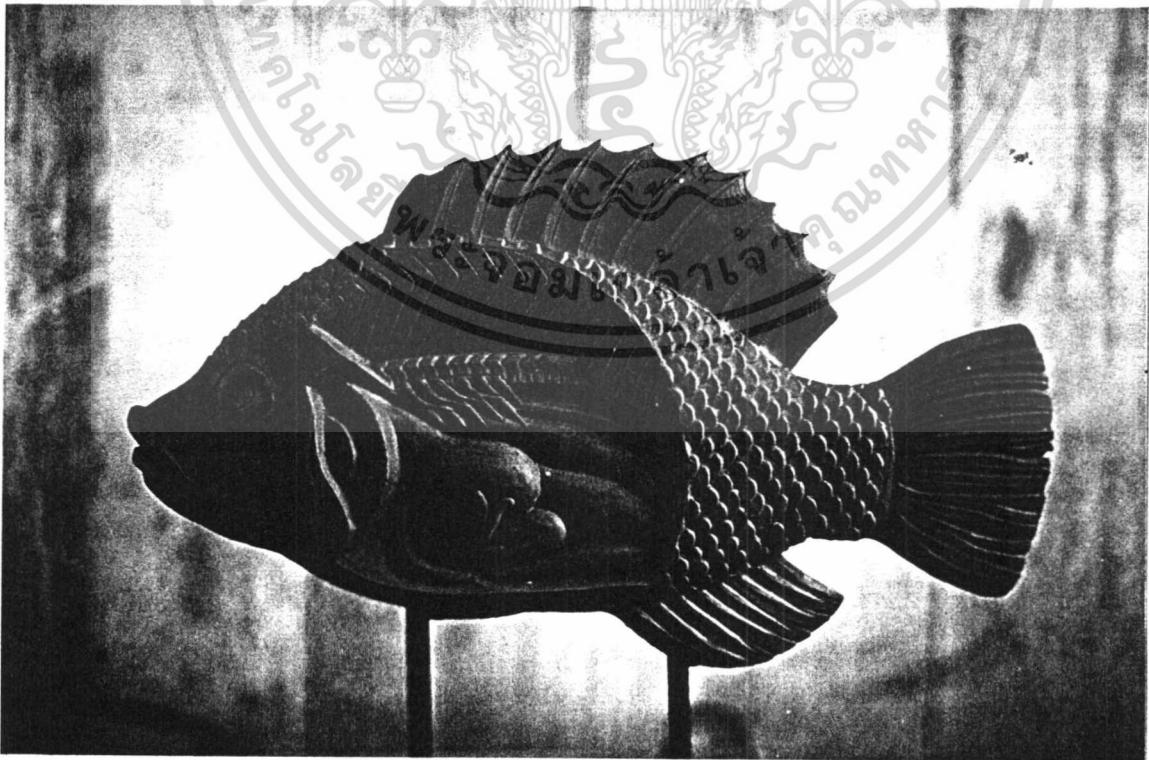


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงแม่พิมพ์ด้านขวา

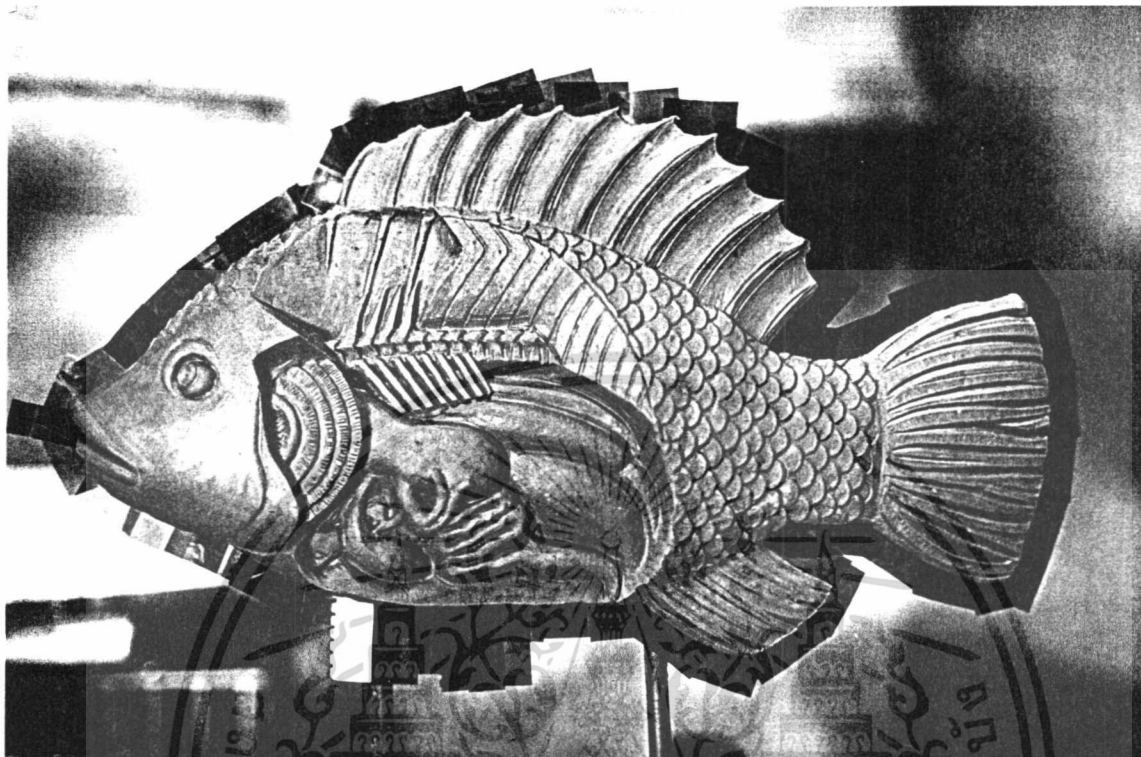


ภาพที่ 6 แสดงแม่พิมพ์ด้านซ้าย

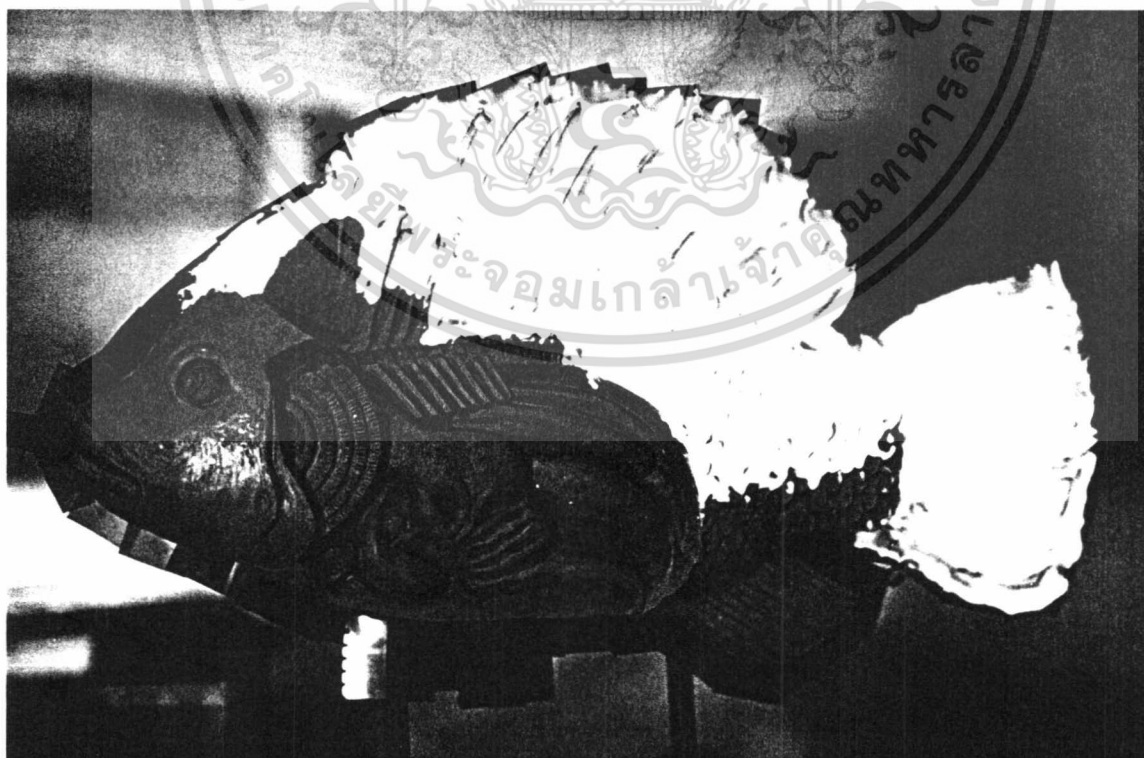


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงการใช้ฟิล์มกันแบงแม่แบบเป็นสองซีก

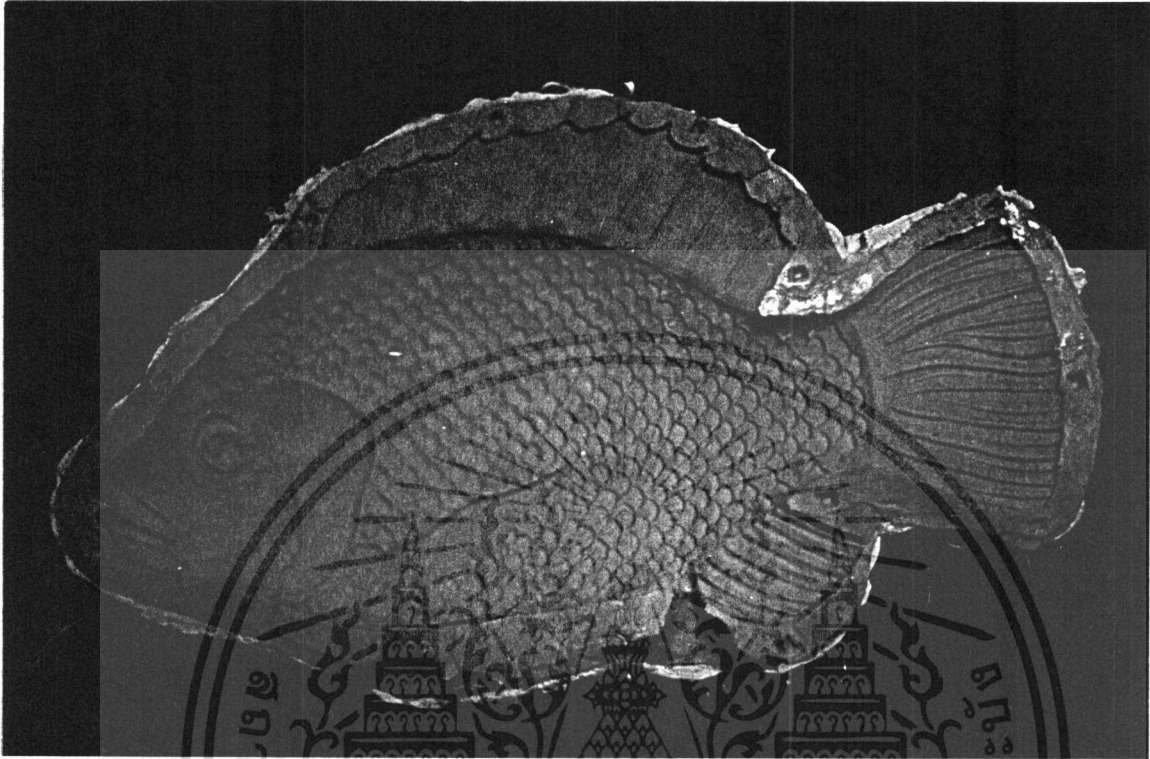


ภาพที่ 8 แสดงการทำยางซิลิโคน

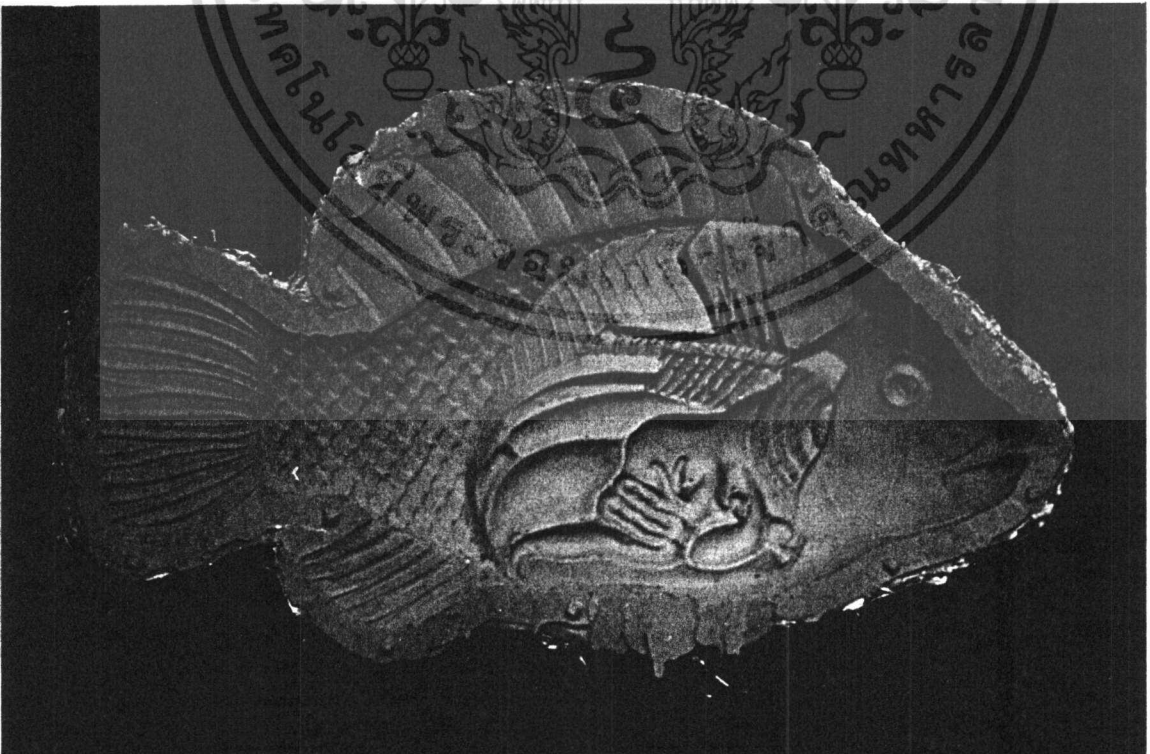


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงแบบพิมพ์ยางจิตรโกนด้านขวา

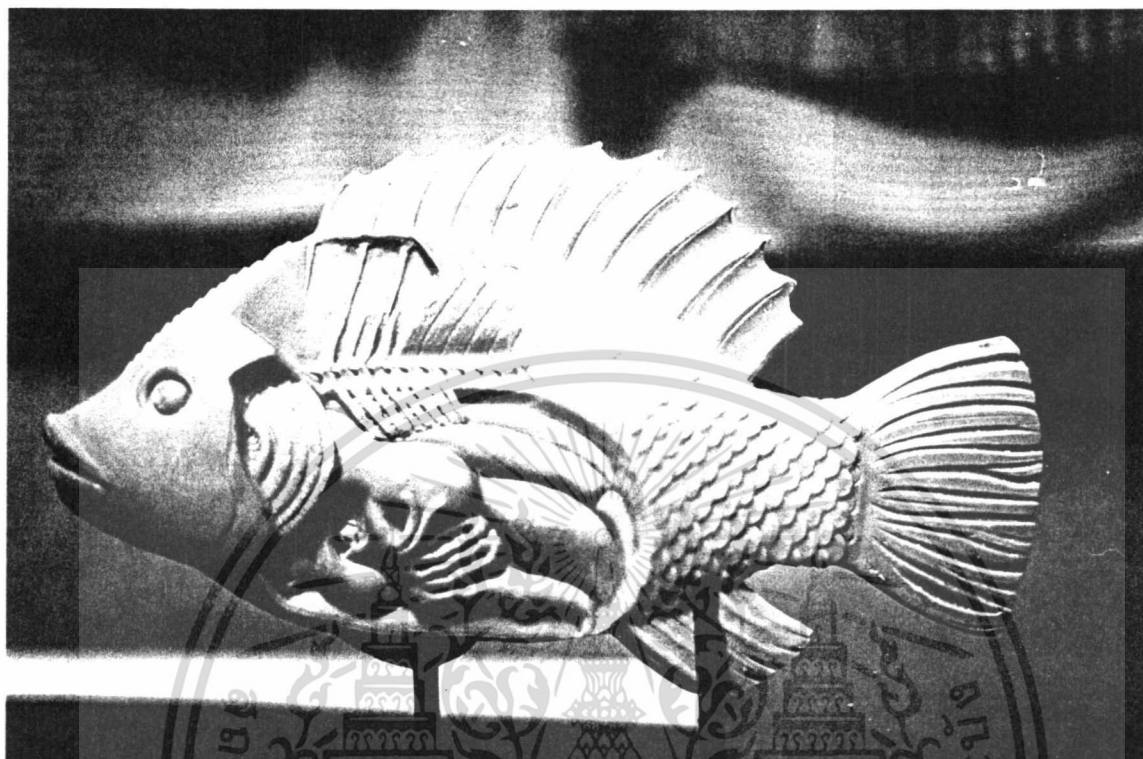


ภาพที่ 10 แสดงแบบพิมพ์ยางจิตรโกนด้านซ้าย

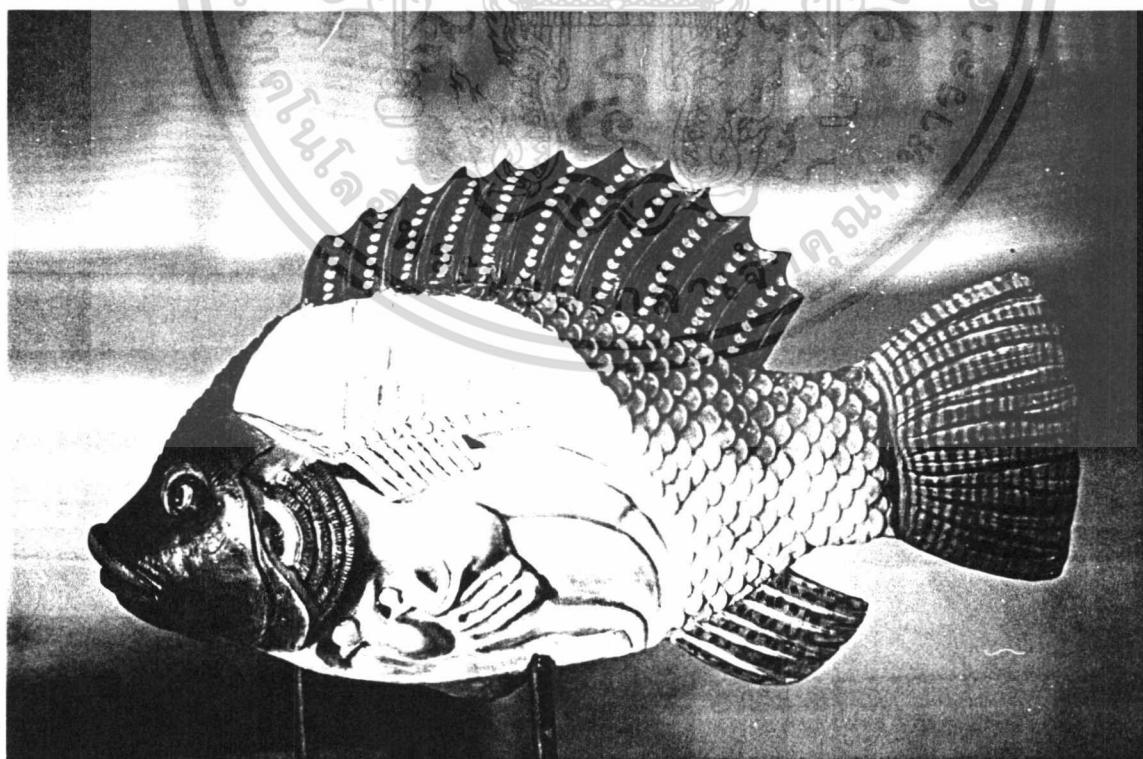


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แสดงแบบจำลองที่หล่อเสร็จแล้ว

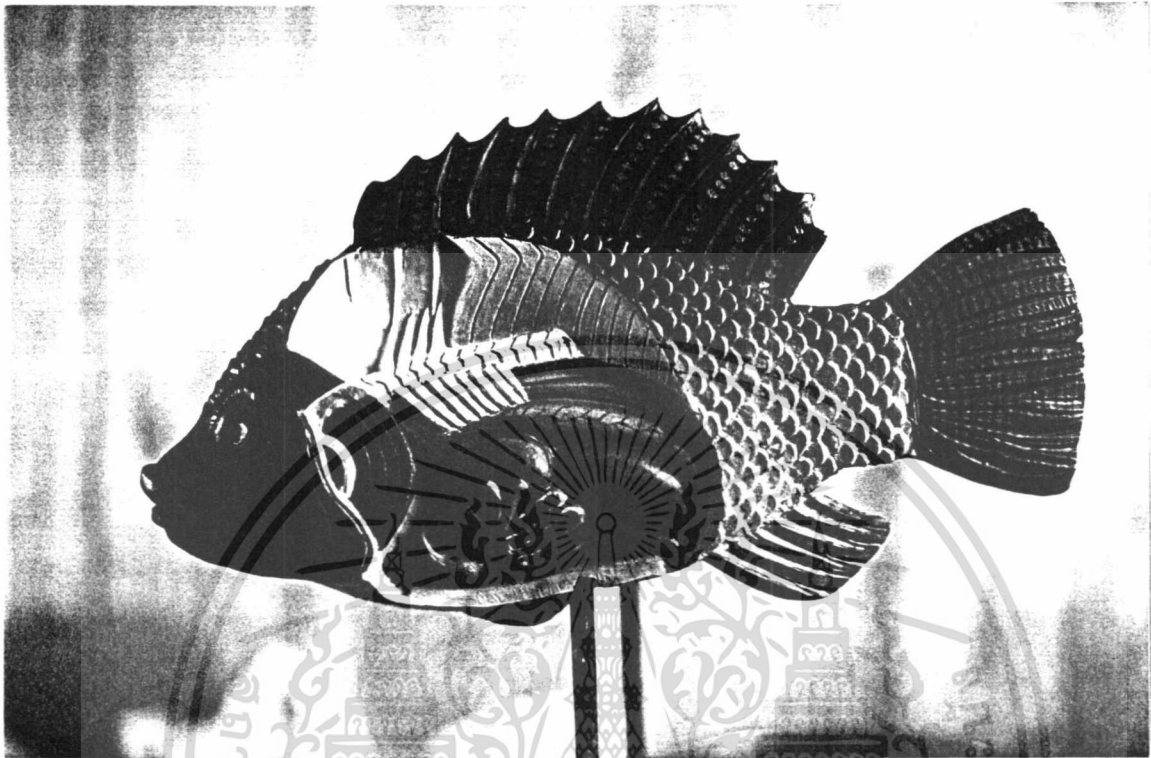


ภาพที่ 12 แสดงแบบจำลองที่กำลังทาสี

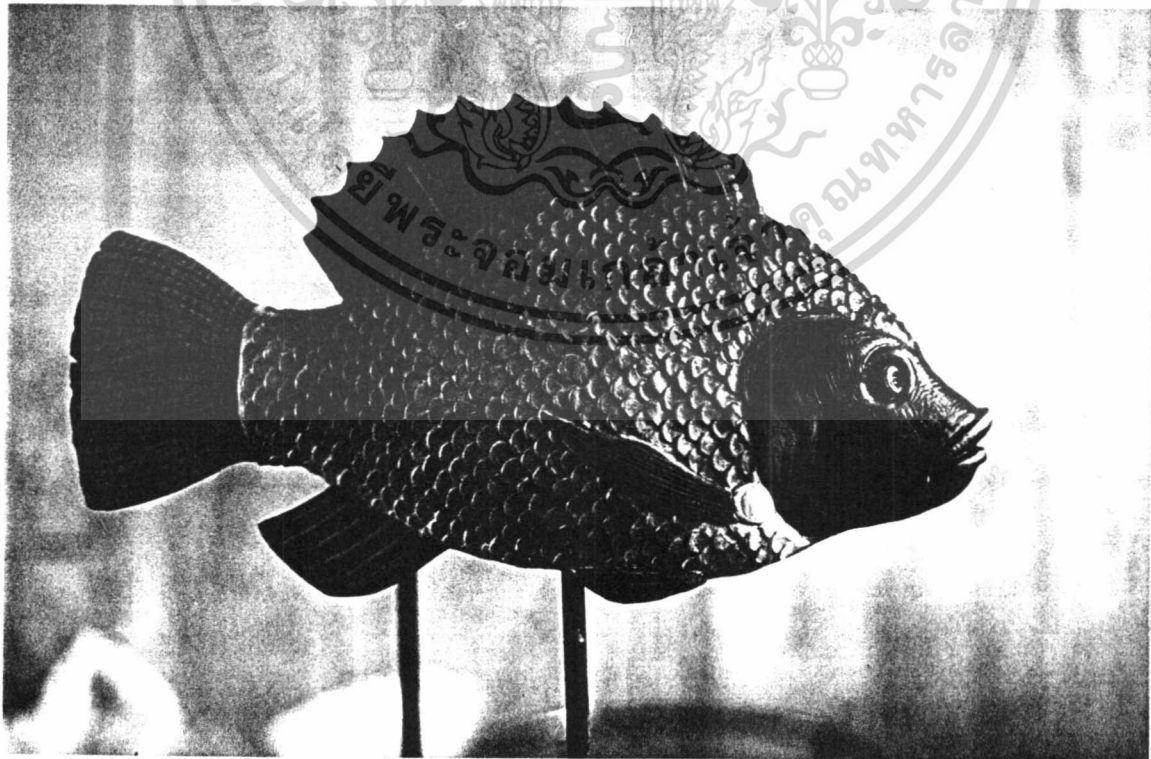


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงแบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์ด้านซ้าย



ภาพที่ 14 แสดงแบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์ด้านขวา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้